

VII.1. INTRODUCTION

VII.1.1 Plan du chapitre

Conformément aux articles L121-1 à L122-3 du Code Minier, et au décret n°2019-1518 du 30 décembre 2019, le dossier de demande d'octroi d'un permis exclusif de recherches de gîtes géothermiques doit inclure un document technique précisant les caractéristiques sur l'état du site et de son environnement ainsi que les impacts potentiels du projet sur l'environnement et la ressource en eau. Ce document est un équivalent de la notice d'impact qui était mentionnée dans le décret n°2006-648 du 2 juin 2006 relatif aux titres miniers et aux titres de stockage souterrain.

Cette 7^{ème} partie du dossier a vocation à être ce mémoire technique.

Dans ce mémoire technique, il convient d'analyser de façon préliminaire les incidences éventuelles d'un projet de développement géothermique sur la base des connaissances préalables de l'état initial de l'environnement dans le périmètre du PER, et de démontrer qu'un tel projet satisfera aux préoccupations environnementales tout en se préoccupant d'en supprimer, réduire ou compenser les effets dommageables.

Il est rappelé que la réalisation de tous travaux de forages ou de construction d'une centrale géothermique devra être précédée d'une demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers (DAOTM) auprès du Préfet et que cette demande, conformément au Code Minier et au décret n°2006-649 du 2 juin 2006, contiendra une Etude d'Impact Environnemental qui sera soumise à Enquête Publique.

Le plan adopté pour cette 7^{ème} partie est le suivant :

- ⇒ VII.2 Description de l'Environnement du PER ;
- ⇒ VII.3 Justification/Pertinence d'un projet de développement géothermique en Guadeloupe;
- ⇒ VII.4 Présentation des travaux envisagés ;
- ⇒ VII.5 Les impacts potentiels de campagnes d'exploration de surface au niveau du PER de Sud-Soufrière;
- ⇒ VII.6 Les impacts potentiels d'un programme de forage d'exploration au niveau du PER de Sud-Soufrière;
- ⇒ VII.7 Les impacts potentiels d'une future centrale géothermique ;
- ⇒ VII.8 Analyse des effets cumulés avec d'autres projets
- ⇒ VII.9 Compatibilité d'un projet de développement géothermique avec les documents de planification du territoire.

VII.1.2 Périmètre de l'étude

A ce stade, l'implantation d'un futur projet d'exploration et de développement géothermique n'est pas encore arrêtée à l'intérieur du périmètre retenu pour le PER. La description de l'état initial du site est donc appréhendée à l'échelle du PER.

L'aire qui sera affectée par un projet sera beaucoup plus restreinte. Elle fera l'objet d'une étude d'impact environnemental détaillée lors de la préparation de la demande d'autorisation d'ouverture de travaux d'exploration par forage.

VII.1.3 Sources d'informations

Les principales sources d'information pour rédiger ce document technique ont été les sites internet de la DEAL Guadeloupe, les PLU et les PPRN des communes concernées par le PER de Sud-Soufrière. Par ailleurs, les documents suivants ont été consultés :

- Schéma d'Aménagement Régional (SAR) de la Guadeloupe ;
- Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) de Guadeloupe 2016-2021 ;
- Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) de la Guadeloupe (2014) et les Plans de Prévention des Risques Naturels communaux (PPRN) ;
- Programmation Pluriannuelle de L'Energie (PPE) de Guadeloupe 2016-2018/2019-2023 ;
- L'Etat de l'Environnement en Guadeloupe. Chiffres clés 2018.
- Le Schéma régional Climat Air Energie (SRCAE) de Guadeloupe.
- Observatoire Régional de l'Energie et du Climat de la Guadeloupe (OREC). Bilan Energétique 2019.
- La Charte de territoire du Parc National de la Guadeloupe approuvée par le décret n° 2014-48 du 21 janvier 2014 ;
- Portail <http://www.georisques.gouv.fr/>
- Portail <https://www.karugeo.fr/>

VII.2. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DU PER

VII.2.1 Contexte administratif du périmètre du PER

Le PER de Sud-Soufrière est localisé dans la partie sud de l'île de Basse Terre en Guadeloupe, sur les flancs est et sud du massif volcanique de la Soufrière s.l. (Figure 1). Il forme un croissant dont la superficie est de 72,13 km³. Il n'inclut pas le dôme actif de la Soufrière et le complexe de dômes de la Madeleine dans la mesure où ces derniers se situent au sein du parc national de la Guadeloupe. Vers le sud, le PER s'étend jusqu'au rivage du Canal des Saintes. Vers l'est, il s'étend sur les pentes de la commune de Capesterre-Belle-Eau sans toutefois atteindre le rivage atlantique et l'agglomération de Capesterre.

Le périmètre du PER de Sud Soufrière s'étend sur 5 communes de l'île de Basse Terre :

- Vieux-Fort
- Gourbeyre;
- Saint-Claude ;
- Trois-Rivières ;
- Capesterre-Belle-Eau.

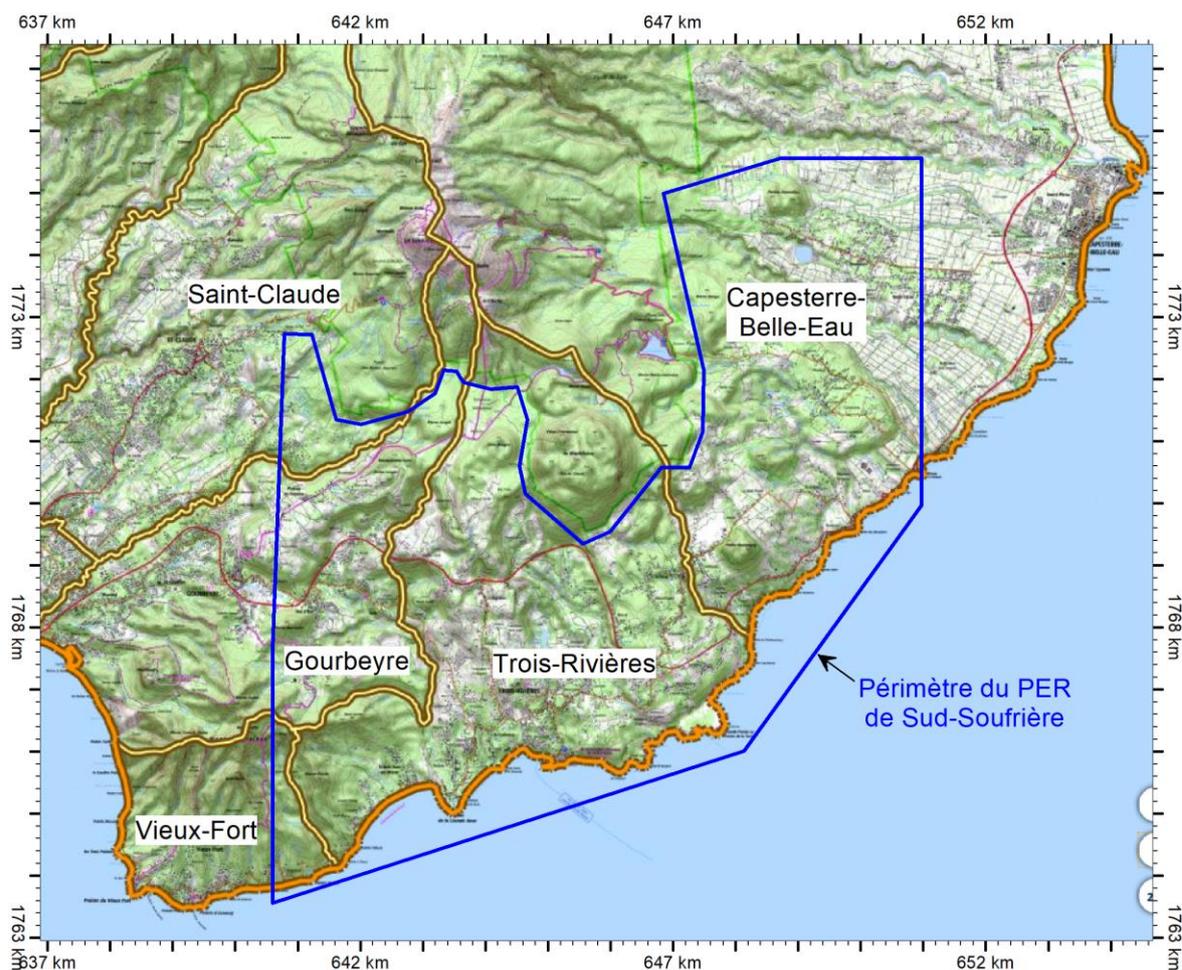


Figure 31 : Extension du PER de Sud-Soufrière sur 5 communes de l'île de Basse Terre en Guadeloupe.

VII.2.2 Présentation du milieu physique

VII.2.2.1 Géographie physique

L'île de Basse Terre de Guadeloupe est une île d'origine volcanique avec des reliefs importants alignés selon un axe NNW-SSE formant une crête axiale (voir Figure 5). Sa superficie est de 848 km² et son point culminant est constitué par le dôme de la Soufrière (1467 m) qui est un volcan actif dont la dernière éruption remonte à 1976.

Le PER de Sud-Soufrière se situe à l'extrémité méridionale de Basse Terre, à proximité immédiate de la Soufrière (Figure 32). Il couvre un secteur ayant une superficie de 72,13 km² et dont l'altitude varie de 700 m environ (zone de Moscou au pied du complexe de dômes de la Madeleine jusqu'au niveau de la mer. Il s'étend donc sur un secteur présentant des dénivelés importants sur une distance maximale de 8 km à partir du rivage. Ces dénivelés importants sont en lien avec les âges récents des appareils volcaniques dans cette partie de Basse Terre.



Figure 32 : Vue en 3D depuis le SO des reliefs du Sud de l'île de Basse Terre inclus dans le périmètre du PER de Sud-Soufrière (source : Géoportail).

VII.2.2.2 Géologie

La géologie du périmètre du PER a été présentée dans la 3^{ème} Partie de ce document aux chapitres III.2 à III.4.

VII.2.2.3 Pédologie

Sur l'île de Basse-Terre, les sols se sont développés à partir de formations volcaniques (laves massives, formations pyroclastiques, avalanches de débris et lahars, retombées de cendres) de composition andésitique. D'après les travaux de l'INRA, les sols rencontrés dans le secteur du PER de Sud-Soufrière peuvent être classés en Andosols à allophanes et Nitisols à halloysite (Sierra et Desfontaines, 2018 ; Figure 33).

- Les **andosols** se sont développés sur des dépôts volcaniques récents sous un climat à forte pluviométrie. Ce sont donc des sols jeunes et peu évolués, constitués d'allophanes et d'autres gels organo-minéraux amorphes, très hydratés et hydroxylés. Ils contiennent en abondance des minéraux primaires fragmentés lors de l'altération physique des matériaux volcaniques. Les andosols possèdent une stabilité structurale élevée, ce qui leur confère une fertilité et une résistance à l'érosion exceptionnelles. Les allophanes exercent une forte protection de la matière organique ; ce qui fait de ces sols un puits de carbone remarquable en les plaçant parmi les plus riches en matière organique de la planète (Sierra et Desfontaines, 2018).
- Les **nitisols** se sont développés au pied des régions volcaniques (p.ex. régions côtières du sud de la Basse-Terre) avec une pluviométrie moins intense et une saison sèche plus marquée qu'en altitude. Ces conditions climatiques ont permis la formation d'argiles de type 1/1 (halloysite) comme dans le cas des ferralsols. En Guadeloupe il y a une variété de nitisols, présents dans la Côte-sous-le-vent (Figure 3), où la plus faible pluviométrie a permis la formation d'argiles de type 2/1, mélangées à l'halloysite, à partir des matériaux volcaniques anciens. Il s'agit des sols intermédiaires entre les ferralsols (placés plus hauts dans le relief, avec une pluviométrie plus forte) et les vertisols (placés plus bas dans le relief, avec une pluviométrie plus faible). D'une façon générale, les nitisols sont plus fertiles que les ferralsols présents dans les mêmes régions climatiques. Comme pour les andosols, la pente est parfois un facteur pouvant être à l'origine de problèmes de ruissellement et d'érosion.

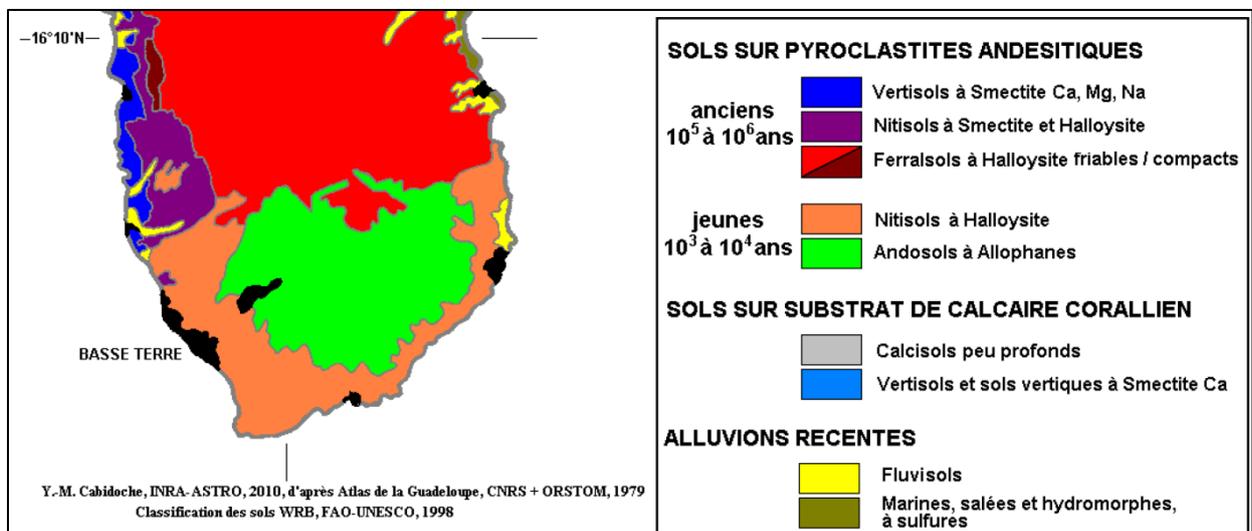


Figure 33 : Extraits de la Carte des sols de la Guadeloupe (tiré de Sierra et Desfontaines, 2018).

Climatologie

La Guadeloupe bénéficie d'un climat tropical marqué par l'alternance de deux saisons : une saison sèche (le carême) de décembre à mai et une saison des pluies (l'hivernage) de juin à novembre. La saison des pluies est associée aux cyclones. Le cycle annuel des températures moyennes est marqué par une faible amplitude, le régime d'alizé d'est assurant une ventilation relativement constante. La température diurne varie peu tout au long de l'année autour de 30°C.

Le sud de l'île de Basse Terre est marqué par une forte pluviométrie, en lien avec ses reliefs importants (Figure 18).

Qualité de l'air

Le Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE) de la Guadeloupe a été approuvé le 11 décembre 2012. Un Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air (PRSQA) a été élaboré pour la période 2016-2021. GWADD'AIR est l'Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air en charge de la surveillance de la qualité de l'air en Guadeloupe. Elle a été créée le 30 novembre 2000 et agréée par le Ministère de l'Environnement, du Développement Durable et de l'Énergie. GWADD'AIR assure la surveillance de la qualité de l'air avec des stations fixes au niveau des zones urbaines et péri-urbaines une station mobile pour le reste du territoire.

Les principaux polluants surveillés sont l'ozone (O3), le dioxyde de soufre (SO2), les oxydes d'azote (NO, NO2, NOx), le monoxyde de carbone (CO), les métaux lourds (Pb, As, Cd, Ni), le benzène (C6H6) et le benzo[a]pyrène (B[a]P), le sulfure d'hydrogène (H2S) et l'ammoniac (NH3), les particules fines inférieures à 10 microns de diamètre (PM10).

Ces polluants sont principalement liés aux transports et à la production d'électricité par les centrales thermiques utilisant du charbon et du fioul lourd. **D'après le SRCAE, la diminution des polluants liés à la production d'électricité est une priorité.** Une autre source d'altération de la qualité de l'air en Guadeloupe est représentée par les particules fines PM10 et PM2,5 liées et aux brumes de sables du Sahara transportées par les alizés.

Les effets de la pollution de l'air restent limités en Guadeloupe en raison notamment des conditions climatiques et météorologiques. La constance des alizés assure une dispersion rapide des polluants hors de l'île et les phénomènes de stagnation des masses d'air sont rares. De manière générale, les zones rurales sont moins affectées et présentent un risque faible à très faible de dépassement des seuils réglementaires pour les différents polluants de l'air.

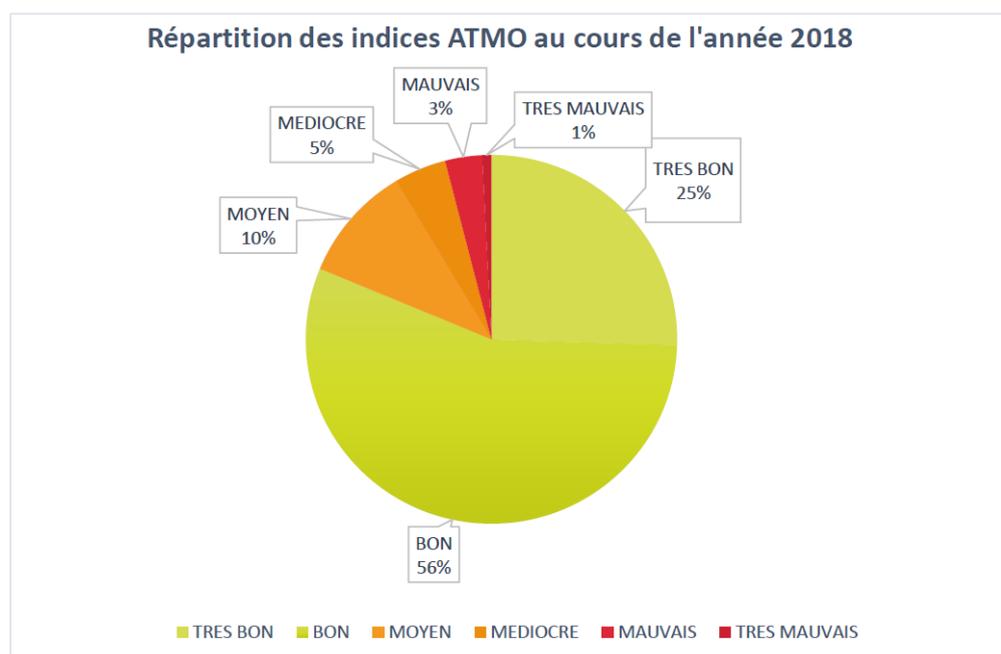


Figure 34 : Répartition de l'indice ATMO en Guadeloupe au cours de l'année 2018 (Gwad'air, 2018).

La Figure 34 montre la répartition de l'indice ATMO au cours de l'année 2018. Cet indice calculé à partir des concentrations maximales horaires du NO₂, de l'O₃, et des moyennes journalières en PM₁₀. Les situations où la qualité de l'air est moyenne à très mauvaise, correspondent aux passages d'épisodes de brumes de poussières désertiques, plus ou moins intenses, entre les mois de Juin et Octobre 2018.

VII.2.2.4 Eaux superficielles, souterraines et côtières

Eaux superficielles

Les cours d'eau ont déjà été présentés au chapitre III.7.2. Le réseau hydrographique du sud Basse Terre est très développé en lien avec les précipitations abondantes. Le secteur possède également de nombreux plans d'eau naturels sous forme d'étangs : As de Pique, Gommier, Roche, Madère, Grand Etang, Zombis. Des plans d'eau artificiels pour l'alimentation en eau sont également présents comme l'Etang Dumanoir sur les hauteurs de Capesterre.

Les cours d'eau de Basse-Terre sont alimentés principalement par les eaux de ruissellement des précipitations, mais sont soutenus également par de petites nappes perchées. Leur régime hydrologique est de type torrentiel et largement influencé par les pluies journalières et les variations climatiques saisonnières.

Dans le cadre du suivi de la mise en œuvre de la Directive cadre sur l'eau (DCE), la Basse-Terre compte 47 masses d'eau de type cours d'eau dont 7 sont présentes en partie ou en totalité à l'intérieur du périmètre du PER de Sud –Soufrière. Il s'agit des masses d'eau suivantes (Figure 35) :

- Rivière aux Herbes ;
- Rivière du Galion ;
- Rivière de Grande Anse ;
- Rivière du Petit Carbet ;
- Rivière du Bananier ;
- Rivière du Grand Carbet ;
- Rivière du Pérou.

Leur état global a été défini en 2015 en combinant les données de l'état chimique et écologique des cours d'eau. Ces états ont été évalués grâce aux données de suivi (réseau de surveillance, contrôle sanitaire ARS pour l'alimentation en eau potable). Ils vont de bon à mauvais. La principale pression exercée sur ces cours d'eau est liée aux pesticides, particulièrement la chlordécone et dans une moindre mesure l'HCH-béta et la dieldrine, utilisés dans les cultures de bananes. Les autres pressions majeures sont la présence de phosphore rejeté par l'agriculture et l'assainissement, et la pression hydromorphologique lorsque la continuité des cours d'eau n'est pas assurée, notamment avec de nombreux ouvrages encore en place (gués, prises d'eau etc.).

Eaux souterraines

Au niveau de Basse-Terre, deux masses d'eau souterraines ont été définies (Figure 36) :

- Nord Basse-Terre (FRIG006) ;
- Sud Basse-Terre (FRIG003).

La masse d'eau Sud Basse-Terre (FRIG003) est classée en mauvais état en raison d'une contamination étendue aux pesticides organochlorés (surface dégradée supérieure à 20%, 5 points d'eau sur 6 concernés par des dépassements de normes (pesticides). L'existence de captages AEP dans la zone dégradée, et pour lesquels un traitement de potabilisation poussé est nécessaire, justifie également ce classement en « mauvais état ».

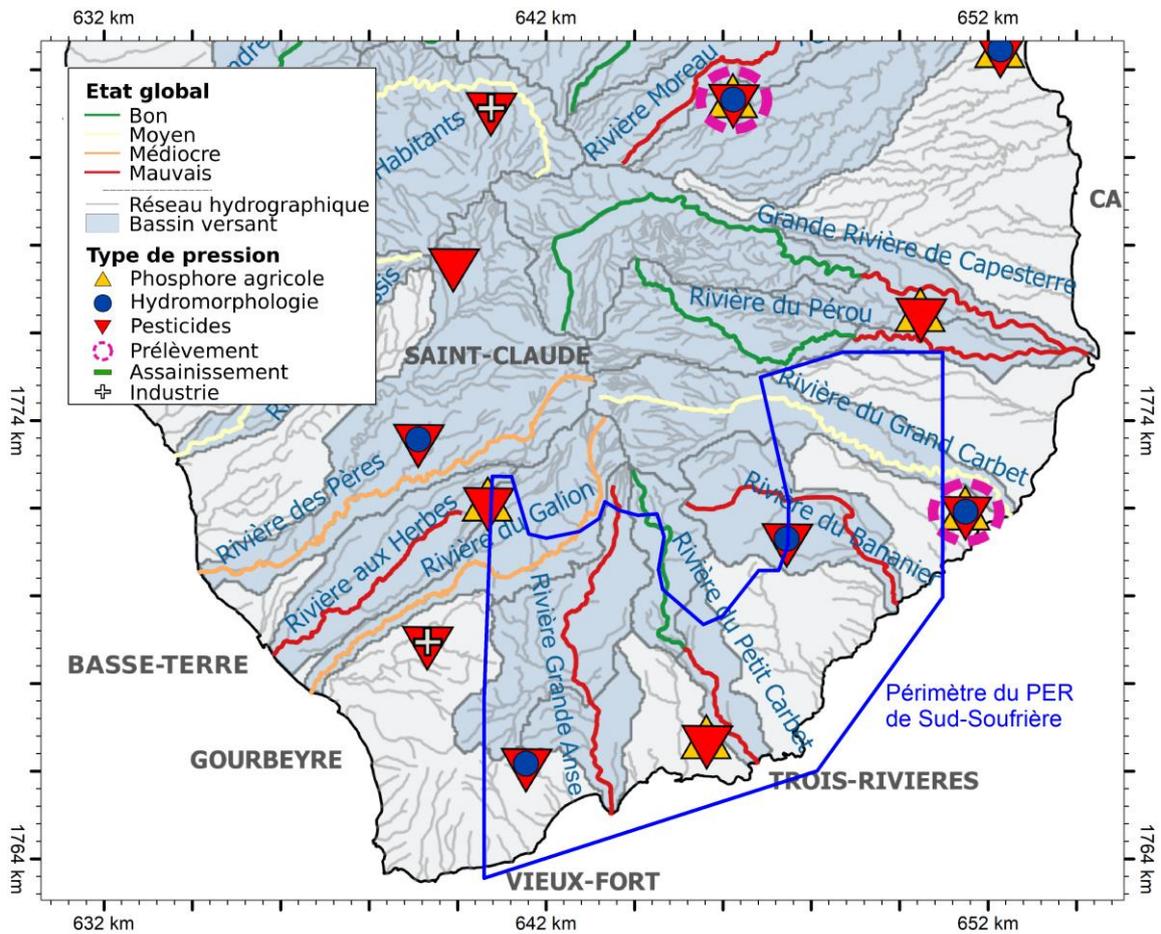


Figure 35 : Etat des masses d'eau cours d'eau du sud Basse-Terre et principales pressions en 2015 (d'après le site de la DEAL Guadeloupe).

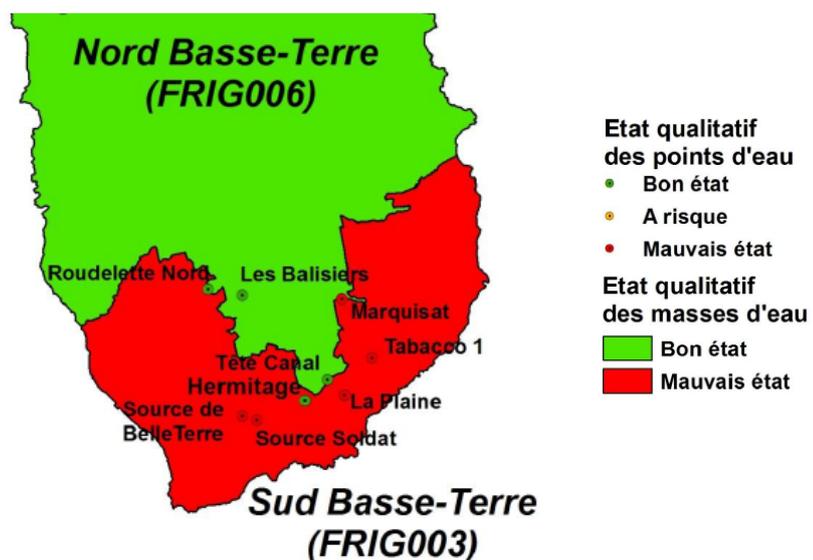


Figure 36 : Etat qualitatif des masses d'eau souterraines et des points d'eau de l'île de Basse-Terre en 2013 (d'après Ducreux et al, 2013).

Masses d’eau côtières

Le sud de Basse Terre est concerné par une masse d’eau côtière FRIC02 (Figure 37). En 2016, son état écologique était jugé bon en ce qui concerne les paramètres physico-chimique et moyen en ce qui concerne son état biologique, avec un mauvais état général des coraux. Son état chimique était jugé bon (sans prise en compte de la chlordécone).

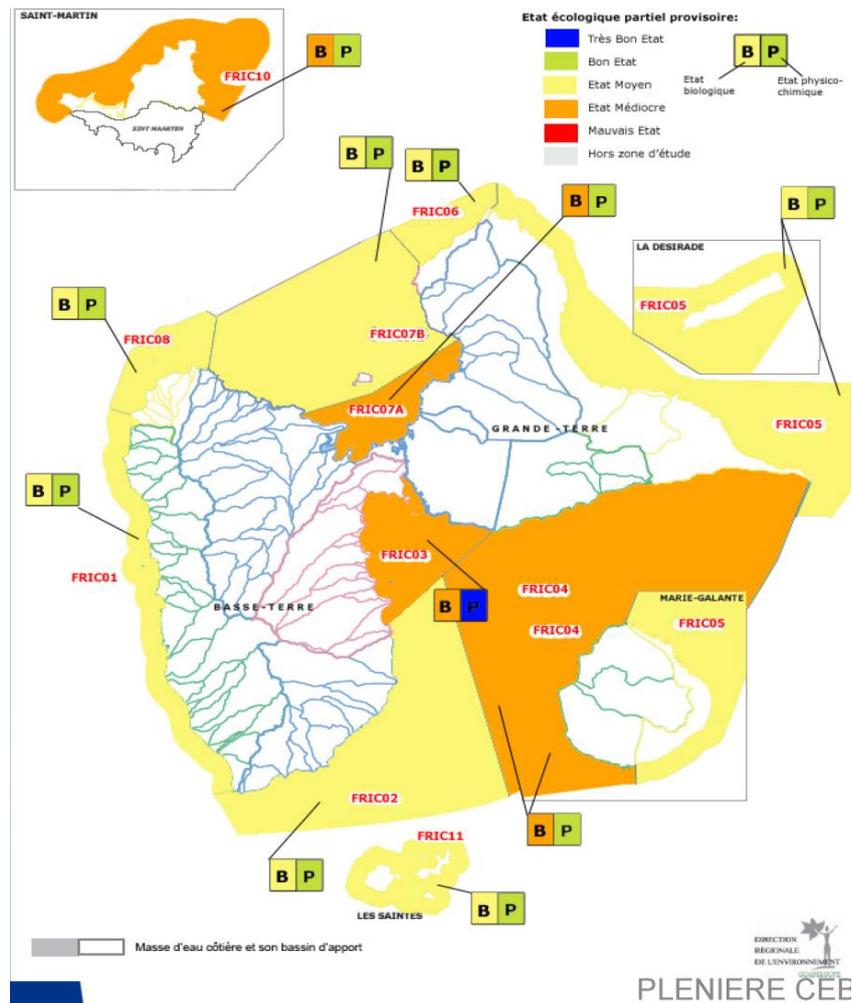


Figure 37 : Etat écologique des masses d’eau côtières de Guadeloupe en 2016 (d’après l’Office de l’Eau Guadeloupe, 2018)

VII.2.2.5 Ressources en eau

En lien avec l’abondance des précipitations et l’importance des cours d’eau, le Sud de Basse Terre possède des ressources en eau importantes qui sont exploitées pour l’AEP et pour les eaux brutes (Irrigation, usages industriels). De nombreux points de prélèvement existent sous différentes formes (captage en rivière, source captée, forage, barrage) et alimentent la Basse Terre, Les Saintes ainsi que la Grande Terre par l’intermédiaire d’un feeder (Figure 38). Parmi ceux-ci, il y a trois captages prioritaires listés dans la disposition n°30 du schéma directeur d’aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) 2016-2021 :

- Belle-Eau-Cadeau à Capesterre-Belle-Eau ;
- La Digue à Capesterre-Belle-Eau ;
- Belle-Terre à Gourbeyre.

Sur les aires d'alimentation de ces captages, des programmes d'actions visant à réduire les pollutions diffuses d'origine agricole (nitrates et pesticides) doivent être définis et mis en œuvre par les collectivités qui en sont propriétaires, en s'appuyant notamment sur la mise en place de mesures agroenvironnementales.

Par ailleurs, la distribution de l'eau potable et l'assainissement en Guadeloupe sont assurés par cinq structures intercommunales ou autorités organisatrices.

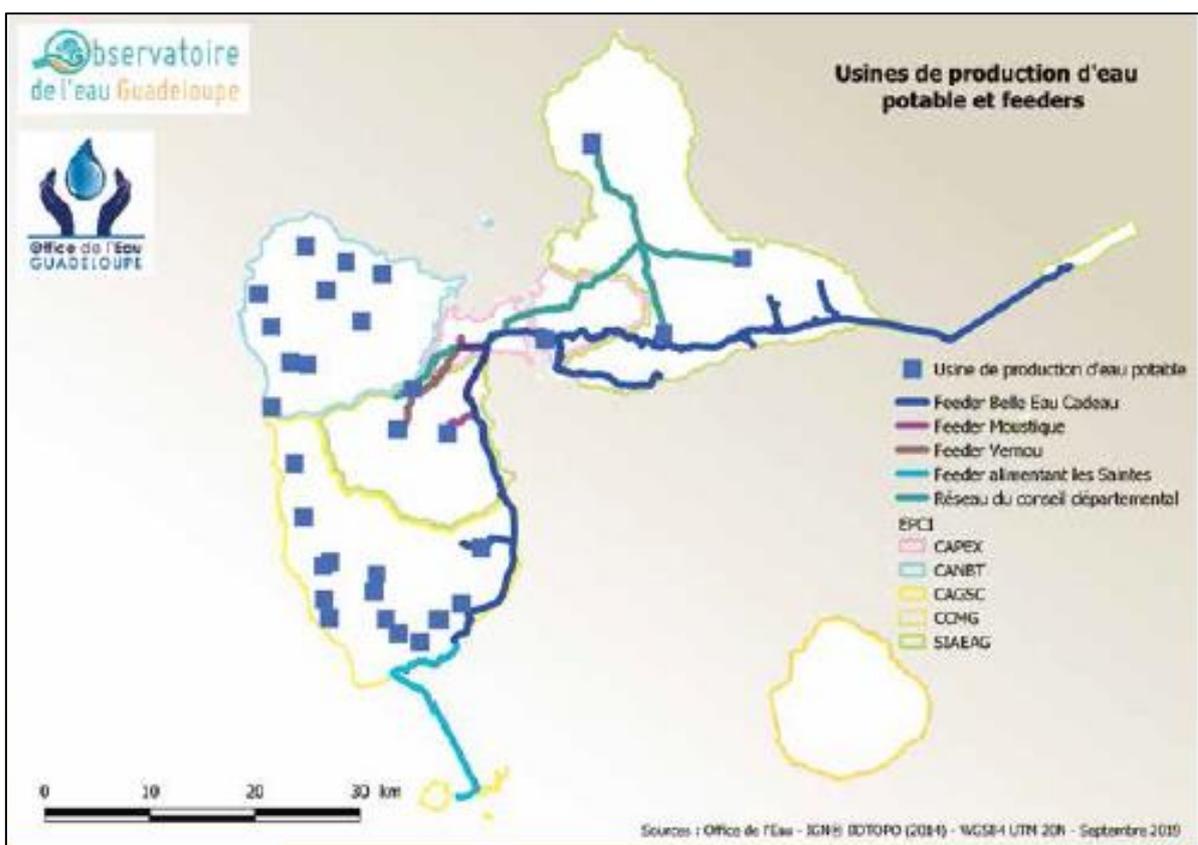


Figure 38 : Localisation des usines de production d'eau potable et des feeders en Guadeloupe (source : Office de l'Eau de Guadeloupe).

VII.2.3 Risques naturels

De par sa nature volcanique et sa position géographique, la Guadeloupe et plus particulièrement le périmètre du PER de Sud-Soufrière sont exposés à de nombreux aléas naturels :

- Mouvements de terrain ;
- Inondation ;
- Risque cyclonique (vent, houle et marée de tempête, inondation, submersion marine).
- Séisme ;

- Tsunami ;
- Activité volcanique ;

La Guadeloupe dispose d'un Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) édité en 2014. Des Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN) ont été élaborés pour chaque commune. Ils définissent les zones à prescriptions particulières où le risque peut être intégré dans la plupart des aménagements et les zones inconstructibles, sauf exception précisée au règlement du PPRN.

VII.2.3.1 Aléa mouvement de terrain

En lien avec la topographie accentuée de la région, l'aléa mouvement de terrain est cartographié comme moyen à fort sur de nombreuses surfaces du périmètre du PER (Figure 39). Les principaux phénomènes attendus sont, par ordre de fréquence :

- Des chutes de blocs et éboulements rocheux sur les zones de forte pente, sur les versants raide et instables;
- Des glissements ou affaissements de terrains sur pentes plus ou moins accentuées, favorisés par les sols argileux développés à partir de dépôts de cendres et saturés en eau ;
- Des coulées de boues se développant le plus souvent à partir de glissements de terrain.

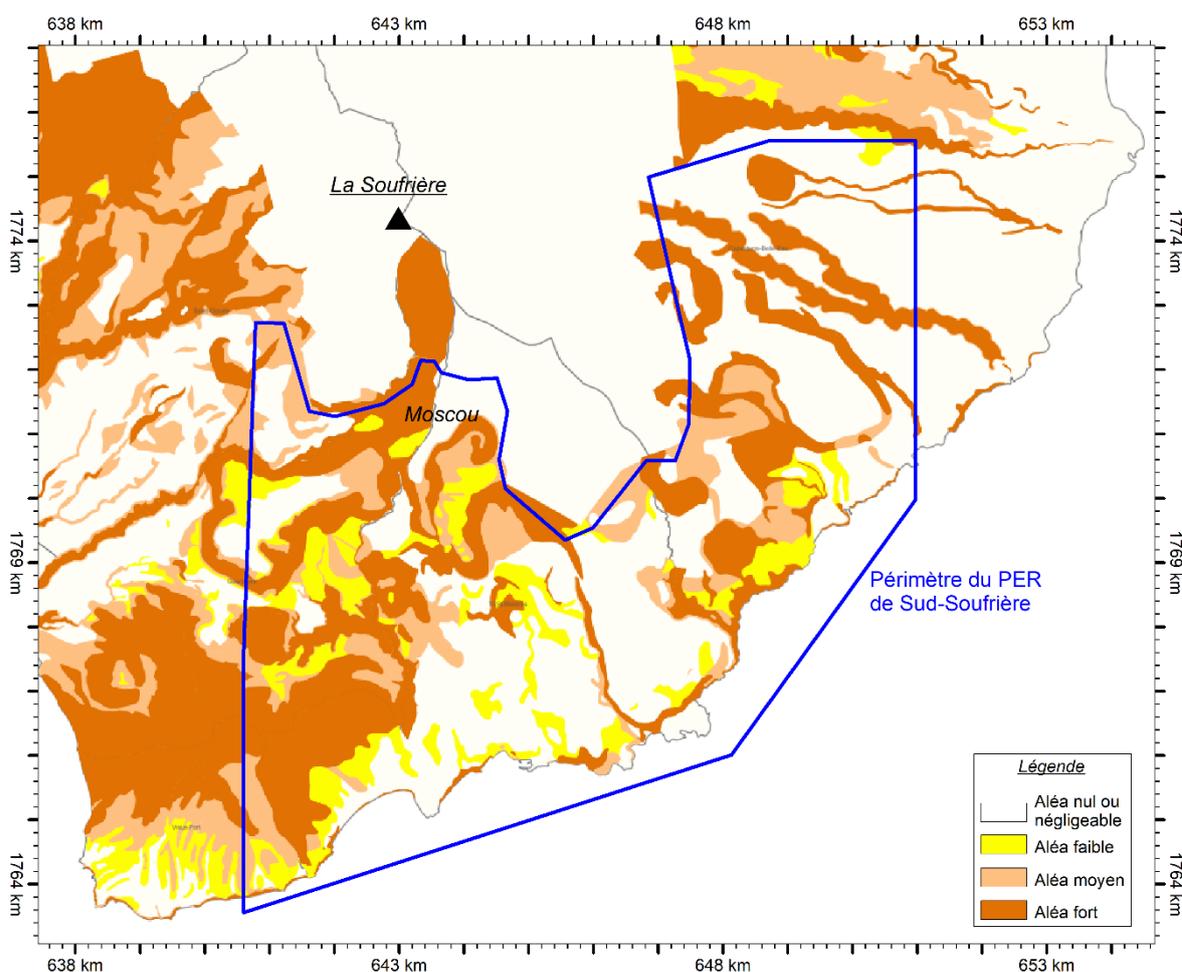


Figure 39 : Zonage de l'aléa mouvement de terrain dans la partie Sud de l'île de Basse-Terre (carte d'après le site Karugeo).

Le risque de mouvement de terrain est amplifié par l'anthropisation du territoire (ouverture de routes, constructions, déforestation et mise à nu des sols ...). Il est également fortement amplifié lors des épisodes de pluies intenses liés aux dépressions tropicales et cyclones.

Au niveau de la zone de Moscou qui est considérée comme une zone prioritaire pour implanter des forages d'exploration, l'aléa mouvement de terrain est considéré comme nul à négligeable.

Aléa inondation

L'aléa inondation est présenté sur la Figure 40. Il est lié au débordement des eaux hors du lit mineur à la suite d'une crue. Le phénomène est principalement lié aux fortes précipitations sur les reliefs. La taille des bassins versants ainsi que l'intensité des précipitations rendent ces crues très rapides. Ce risque peut aussi affecter des zones urbanisées où l'évacuation des eaux de pluies est difficile.

De fortes précipitations peuvent donner lieu à des crues torrentielles lorsque l'eau se charge en matériaux solides, ou suite à la rupture d'un embâcle. Ces crues ont un potentiel de ravinement/érosion important et peuvent causer des dommages importants aux infrastructures et constructions.

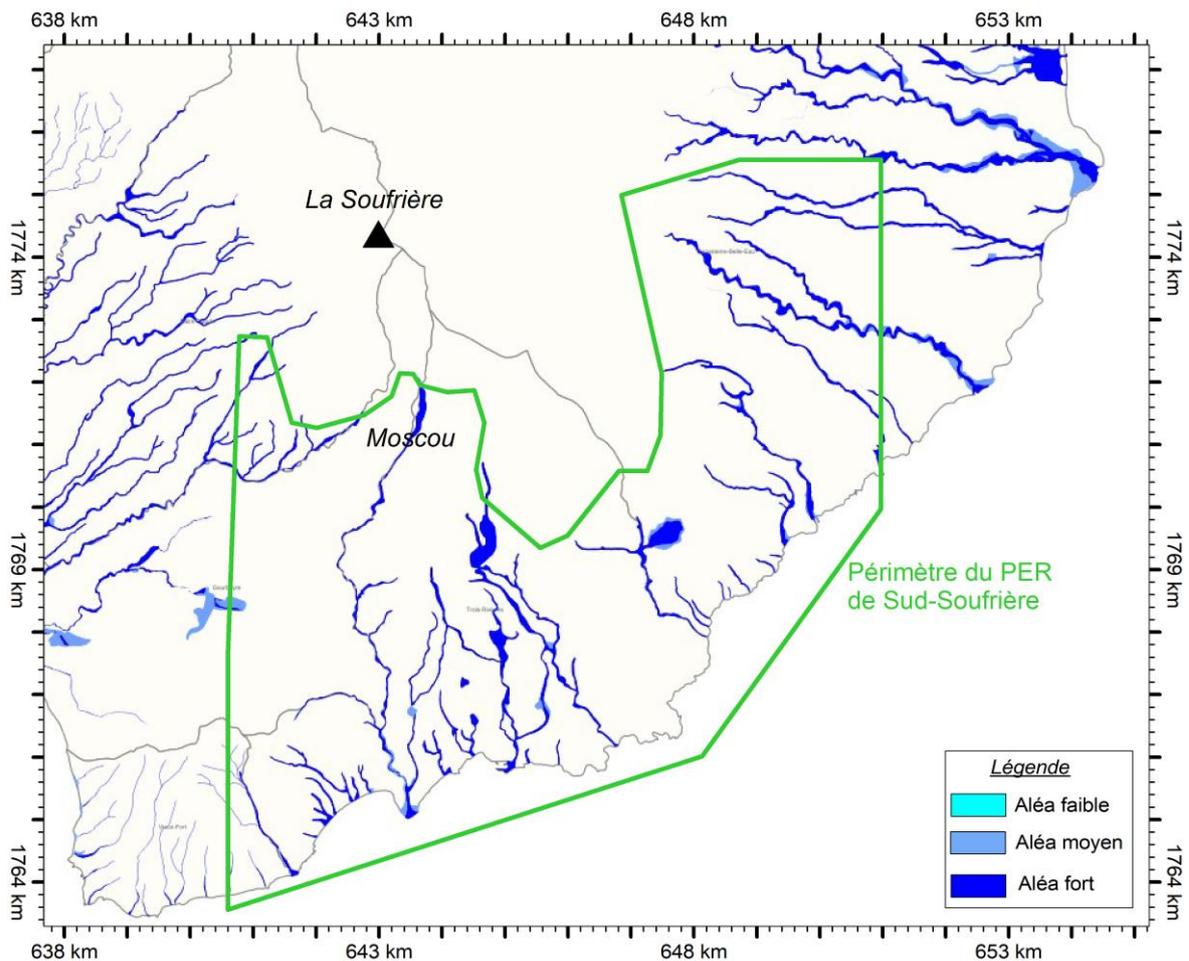


Figure 40 : Zonage du risque Inondation dans la partie Sud de l'île de Basse-Terre (carte d'après le site Karugeo).

Le risque d'inondation est principalement localisé dans la partie aval des cours d'eau et ravines, où sont implantées les agglomérations. Les zones côtières sont également sujettes à des inondations par submersion marine liées à des élévations temporaires du niveau de la mer lors d'épisodes météorologiques tels que des marées de tempêtes et houles cycloniques.

L'urbanisation et certains aménagements peuvent aggraver le risque d'inondation en imperméabilisant des surfaces importantes et en aggravant les écoulements. L'absence d'entretien et l'accumulation d'obstacles dans le lit des cours d'eau est aussi un facteur aggravant. Un Plan de Gestion du Risque Inondation (PGRI) a été mis en place à Guadeloupe en 2015 pour la période 2016-2021.

Au niveau de la zone de Moscou qui est considérée comme une zone prioritaire pour implanter des forages d'exploration, l'aléa inondation est considéré comme fort au niveau du cours supérieur de la Rivière Grande Anse.

Aléa cyclonique

Durant les mois d'hivernage, l'ensemble de la Guadeloupe est soumis au risque cyclonique. En fonction de l'intensité des vents, on distingue les dépressions tropicales (vents inférieurs à 62 km/h), tempêtes tropicales (vents de 63 à 117 km/h), ouragans de classe 1 à 5 (plus de 118 km/h). Outre les vents violents potentiellement destructeurs, ces phénomènes s'accompagnent de pluies intenses entraînant des inondations et des mouvements de terrain.

L'ensemble des zones côtières de la Guadeloupe sont susceptibles d'être affectées par les houles cycloniques et marées de tempêtes conduisant à des submersions marines qui peuvent être très destructrices.

Aléa sismique

L'ensemble de la Guadeloupe est classé en zone de sismicité maximale (5/5) sur l'échelle nationale des risques sismiques. Les constructions doivent obéir à des règles parasismiques. Les séismes peuvent avoir deux types d'effets :

- Des effets directs: les vibrations sont amplifiées par des reliefs ou des sous-sols particuliers. On parle alors d'effets de site ;
- Des effets indirects: ce sont les mouvements de terrain (glissements de terrain et chutes de blocs) qui sont provoqués par les vibrations ; il y a aussi la liquéfaction (les sols vaseux ou sableux saturés d'eau deviennent liquides). Un autre effet induit possible est le tsunami ou raz-de-marée, qui peut être provoqué par un séisme ou par un glissement de terrain sous-marin.

L'aléa liquéfaction est peu présent dans la zone du PER de Sud-Soufrière (Figure 41). Il a été cartographié au niveau de la Petite Montagne sur la commune de Capesterre-Belle-Eau.

La forme du relief et la présence de formations géologiques souterraines de nature et de géométrie variées, peuvent accroître les effets dévastateurs d'un séisme par amplification et allongement de la durée des vibrations. Il s'agit des effets de site. Les sommets des buttes, les crêtes allongées, les rebords de plateaux et de falaises sont souvent le siège d'amplifications importantes, intéressant une large gamme de constructions. Les caractéristiques mécaniques de certaines formations superficielles (densité, rigidité, compressibilité, vitesse de propagation d'ondes, ...) et la géométrie de ces formations (empilement, remplissage de fond de vallée, contact tectonique ou stratigraphique) sont également susceptibles d'amplifier le signal sismique. C'est le cas pour les formations liquéfiables.

La Figure 41 présente également les failles réputées actives qui sont susceptibles de provoquer des phénomènes de rupture en surface.

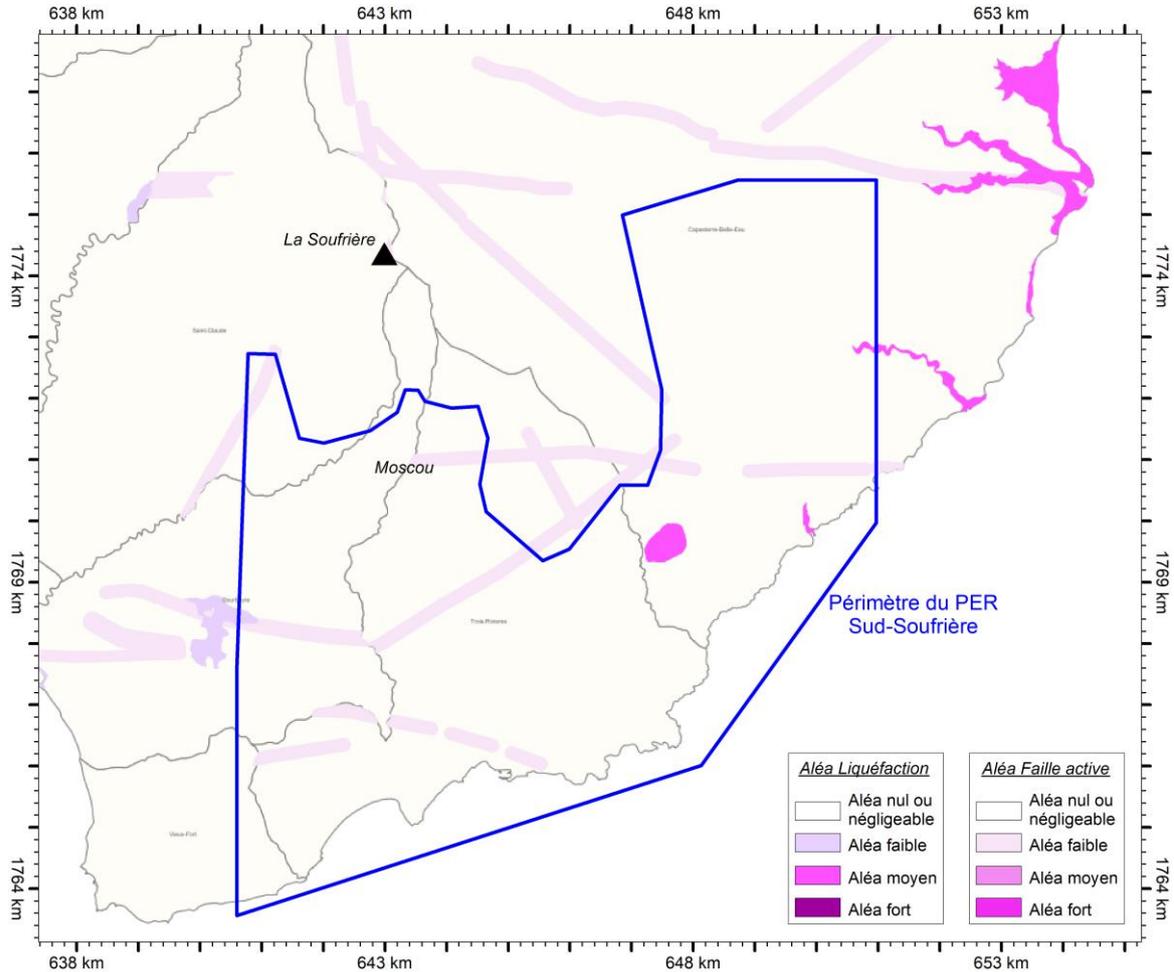


Figure 41 : Zonage de l'aléa liquéfaction et de l'aléa faille active dans la partie Sud de l'île de Basse-Terre (carte d'après le site Karugeo).

VII.2.3.2 Aléa tsunami

Le tsunami est généralement déclenché par un séisme proche ou lointain. Il peut aussi être déclenché par un mouvement de terrain sous-marin de grande ampleur ou par l'arrivée brutale en mer d'un volume important (effondrement d'un relief côtier ou crue torrentielle d'un cours d'eau).

L'aléa tsunami est restreint au niveau des zones côtières. Il est donc peu susceptible d'affecter un projet de géothermie au niveau du PER de Sud-Soufrière.

VII.2.3.3 Aléa volcanique

De par sa proximité avec le volcan actif de la Soufrière, le périmètre du PER de Sud-Soufrière est exposé à l'aléa volcanique. Le Tableau 7 présente les différents types d'éruptions survenus dans l'histoire du volcan et leur récurrence estimée. Une bonne connaissance géologique du massif de

la Soufrière (Grande Découverte, Soufrière, massif de la Madeleine) et une reconstitution désormais précise de l'activité passée du volcan permettent de définir différents types d'éruptions qui pourraient avoir lieu dans le futur.

Type	Eruption	Description	Récurrence estimée
Phréatique	Eruptions uniquement phréatiques		20 à 50 ans
Magmatique	Eruptions avec édification d'un dôme de lave visqueuse	Avec ou sans écoulements pyroclastiques	500 à 1 000 ans
Ecroulement sectoriel	Eruptions à écroulement de flanc	Avec avalanches de débris	2 000 à 5 000 ans
Magmatique	Eruptions explosives	Formation de cônes de scories	5 000 à 10 000 ans
Magmatique	Eruptions effusives	Formation de coulées de lave	10 000 à 20 000 ans
Magmatique	Eruptions pliniennes catastrophiques	Avec émission explosive de plusieurs km ³ de magma sous forme de retombées de ponces et de coulées pyroclastiques	50 000 à 100 000 ans

Tableau 7 : Les différents types d'éruptions survenues dans l'histoire du massif de la Soufrière de Guadeloupe (tiré du DDRM de la Guadeloupe-2014).

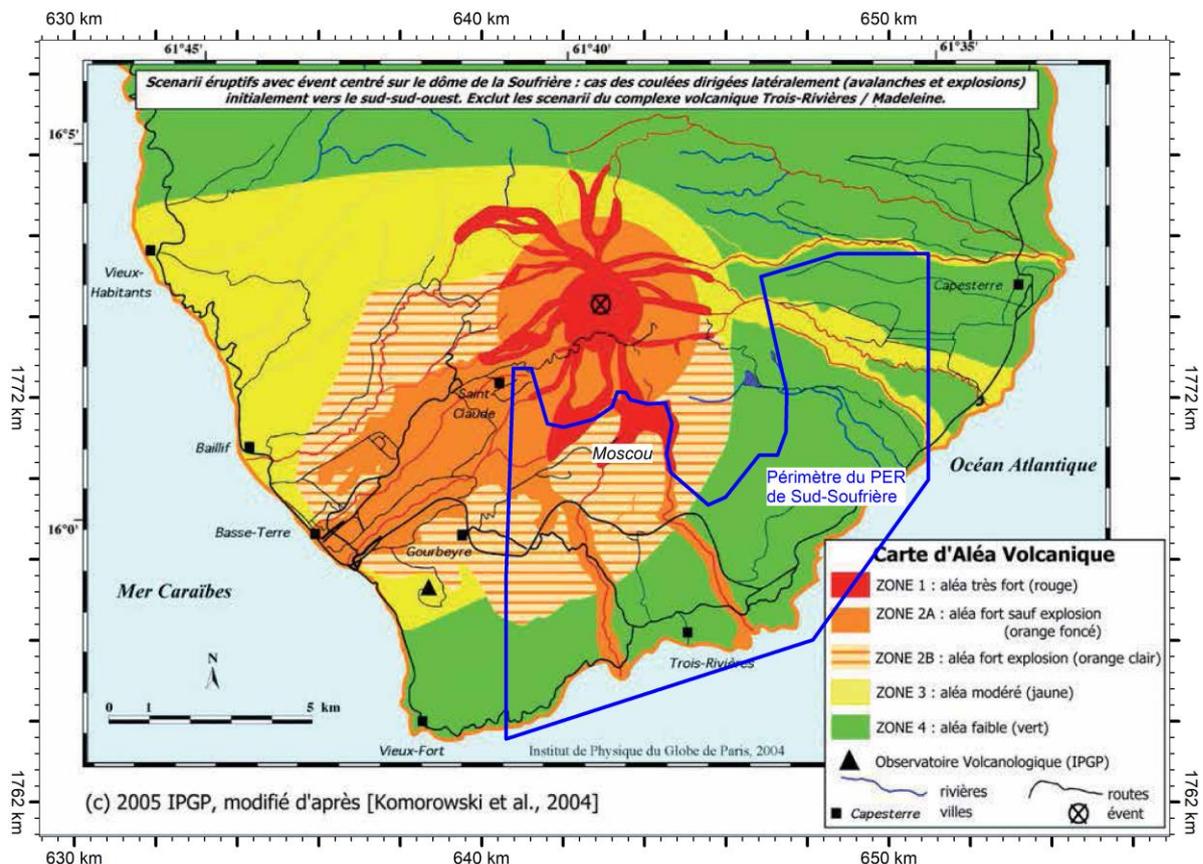


Figure 42 : Cartographie de l'aléa volcanique lors d'une éruption magmatique de la Soufrière de Guadeloupe (tiré du DDRM de la Guadeloupe-2014).

Plusieurs types d'éruptions peuvent se succéder au cours d'une même crise volcanique et l'étendue de la zone affectée autour du volcan peut évoluer au cours du temps. La Figure 42 présente une cartographie des aléas associés à une éruption magmatique. L'ensemble du périmètre du PER de Sud-Soufrière est exposé à des degrés divers.

VII.2.3.4 Zonage réglementaire

Le Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) comporte un zonage réglementaire basé sur la synthèse des risques naturels au niveau de chaque commune. Ce zonage précise les possibilités de construction et d'aménagement du territoire en fonction du type et du niveau des risques naturels (Figure 43).

A l'intérieur du périmètre retenu pour le PER de Sud-Soufrière, plusieurs types de zones sont présents :

- En blanc, les zones où s'appliquent les dispositions réglementaires générales ;
- En bleu ciel, les zones où s'appliquent des prescriptions individuelles et collectives ;
- En bleu outremer, les zones où s'appliquent des prescriptions individuelles et la nécessité de réaliser au préalable un aménagement global pour la mise en sécurité vis-à-vis des aléas ;
- En orange et rouge, les zones où les constructions ne sont pas autorisées sauf exception précisées au règlement du PPRN.

Les zones « orange et rouge » concernent plus particulièrement les zones de relief soumises à l'aléa mouvement de terrain et les zones côtières soumises à l'aléa cyclonique et à l'aléa inondation.

Par ailleurs, quel que soit le zonage, les constructions doivent répondre aux normes parasismiques et paracycloniques en vigueur en Guadeloupe.

A noter que le parc national n'est pas concerné par ce zonage puisqu'il n'y a aucune construction possible par nature.

Dans le cadre d'un projet de géothermie, il y aura lieu de vérifier au préalable la compatibilité avec le zonage du PPRN en fonction de la localisation des différents équipements (plateforme de puits, conduites de transport, centrale, etc...)

Au niveau de la zone de Moscou qui est considérée comme une zone prioritaire pour implanter des forages d'exploration, le PPRN de la commune de Trois-Rivières définit des zones blanches et des zones orange (aléa mouvement de terrain fort) où les constructions ne sont pas autorisées sauf exception précisées au règlement du PPRN. Parmi les exceptions, sont mentionnés les travaux, aménagements, ouvrages ou exploitations soumis à déclaration d'utilité publique ou à déclaration d'intérêt général suivant l'article L211-7 du code de l'environnement, qui devront toutefois faire l'objet de toutes les mesures adéquates afin de réduire les risques. En particulier, ils devront faire l'objet d'une étude préalable précisant les conditions de faisabilité et de sécurité au regard du ou des types d'aléa présents et montrant qu'ils ne sont pas de nature à aggraver les risques.

VII.2.4 Le milieu naturel terrestre

L'île de Basse-Terre de Guadeloupe est de nature volcanique et marquée un relief accentué. C'est particulièrement vrai pour la partie sud de l'île où se situe le PER de Sud-Soufrière. La combinaison avec le climat tropical humide détermine la richesse et la diversité de son milieu

naturel. Cette biodiversité exceptionnelle est unanimement reconnue et elle bénéficie à ce titre de protections réglementaires et de labels internationaux. Depuis 1992, une grande partie de la Basse Terre est classée comme « Réserve de la Biosphère ».

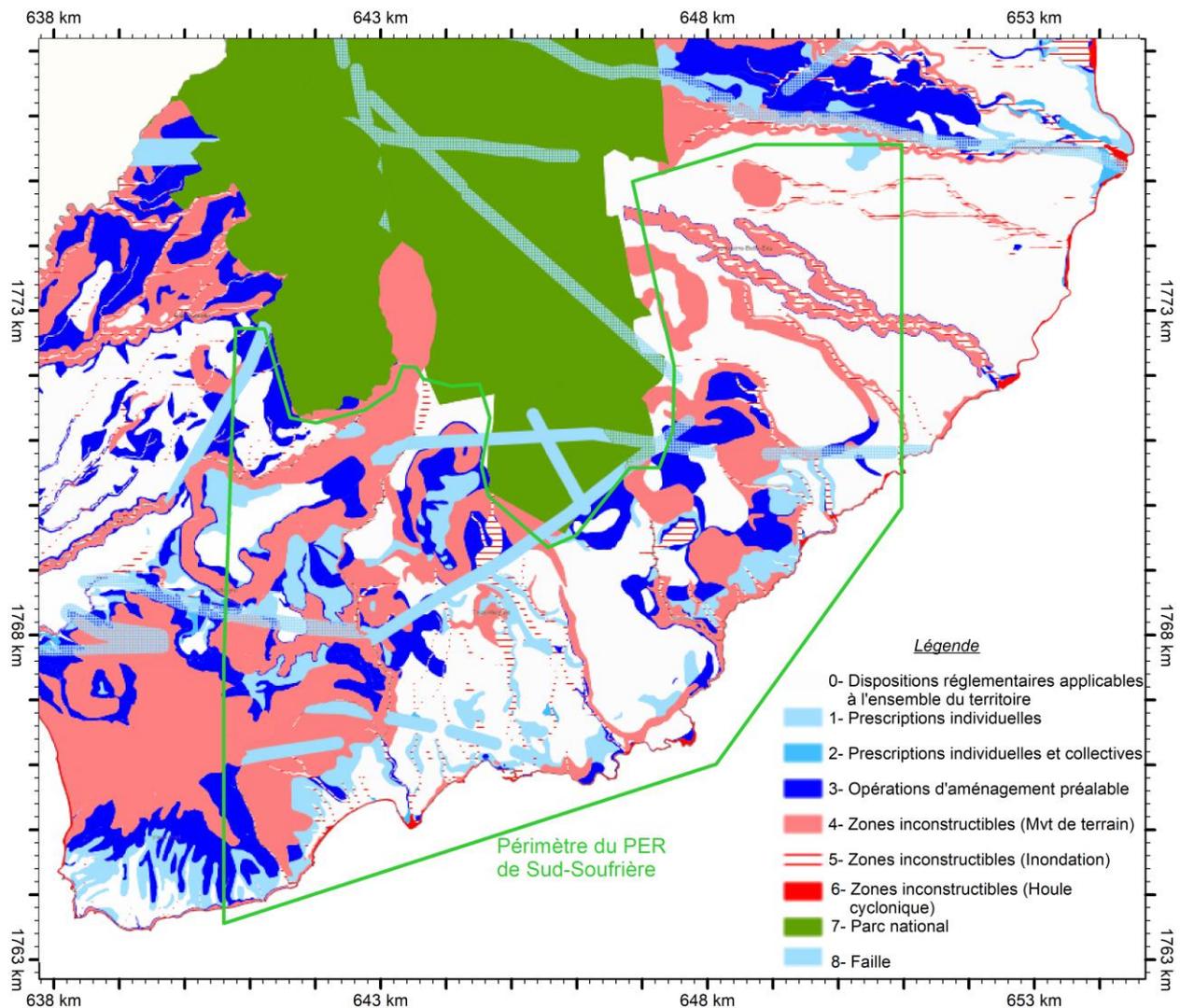


Figure 43 : Carte du zonage réglementaire issu du PPRN de la Guadeloupe dans la partie sud de l'île de Basse-Terre (carte d'après le site Karugeo).

Flore et végétation terrestres

Dans les Antilles Françaises, la densité d'espèces végétales est 88 fois supérieure à celle de la métropole. La plupart des plantes proviennent d'Amérique du Sud et d'Amérique Centrale et certaines ont donné naissance à de nouvelles espèces. La flore originelle a été enrichie par l'homme au cours des grands mouvements de peuplements successifs. Au final, 28 espèces sont endémiques en Guadeloupe, 236 espèces « endémiques des Antilles » et 36 espèces sont protégées par arrêté ministériel depuis 1988.

Dans la partie sud de Basse-Terre, la forêt est très présente (Figure 44). Entre 0 et 300 m d'altitude, où les précipitations sont inférieures à 2 m d'eau par an, il s'agit de la forêt xérophile.

Selon sa localisation et l'action de l'homme, cette forêt se compose d'espèces tel le poirier, le mapou gris, le gommier rouge ; des fourrés d'acacias et de campêches dans sa version dégradée ; le raisinier bord de mer, le mancenillier, le catalpa en zone littorale ; le savonnette en zone volcanique et enfin des cactées sur les zones les plus arides.

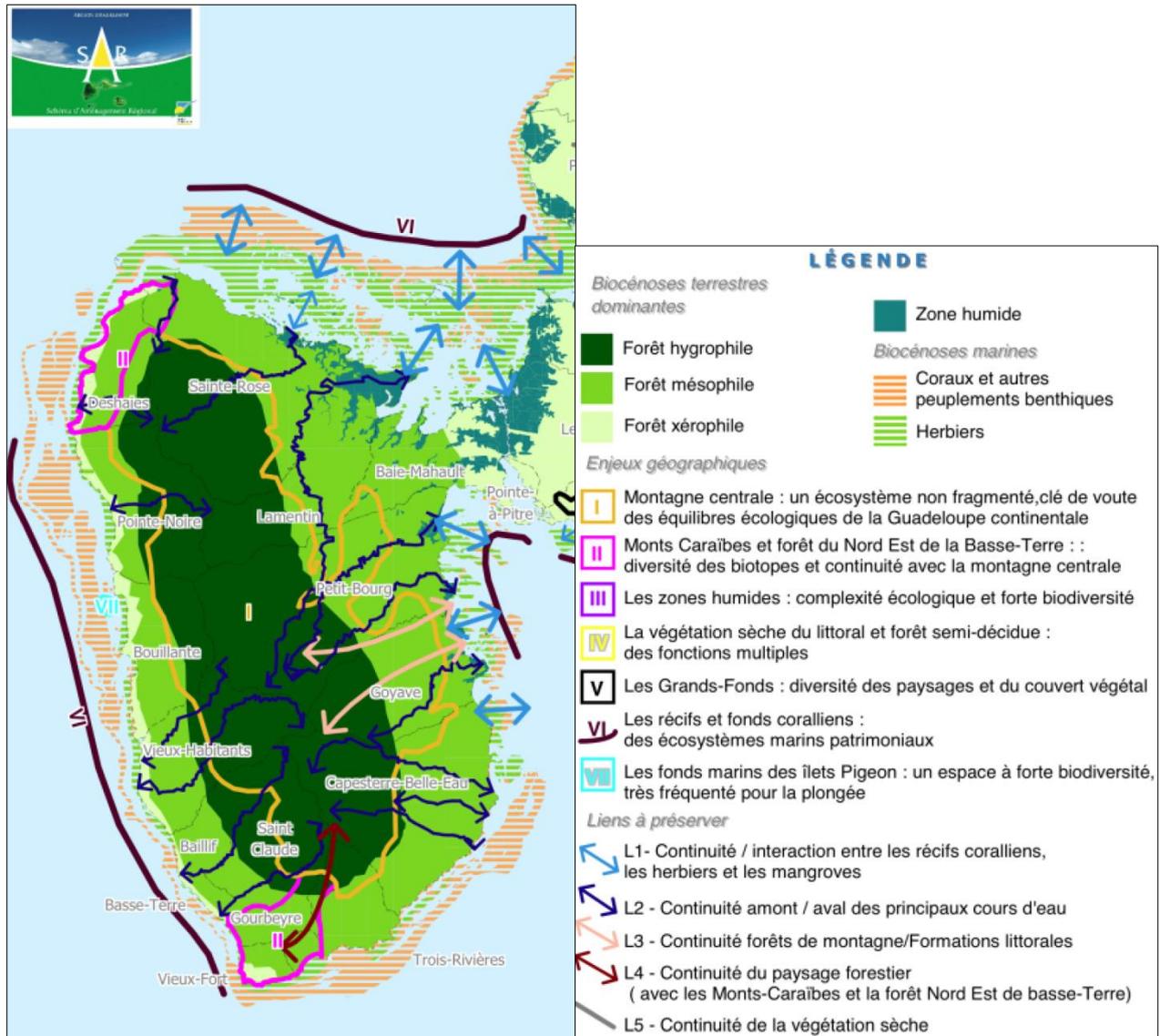


Figure 44 : Cartographie des principales biocénoses de l'île de la Basse-Terre en Guadeloupe (tiré du rapport du SAR de la Guadeloupe, juin 2011).

Au-dessus de 300 m, là où la pluviométrie est comprise entre 1,5 et 3 m, il s'agit de la forêt mésophile. C'est une forêt dense, intermédiaire entre la forêt xérophile et la forêt hygrophile. Elle a été très appauvrie par l'exploitation et le défrichement au profit des grandes plantations de bananes et de cannes à sucre, et auparavant de cacao et de café. C'est dans cette zone que l'on trouve aujourd'hui les bananeraies et les plantations de canne à sucre sur les hauteurs de Capesterre-Belle-Eau et de Trois-Rivières.

En altitude (3 à 5 m d'eau par an), règne la forêt hygrophile ou forêt dense humide de Basse-Terre, présente en grande partie dans le Parc National. Elle se compose d'une végétation étagée qui résulte de la concurrence pour l'espace et la lumière. Ainsi, certains arbres peuvent dépasser les 30 m (gommier, bois rouge carapate, acomat boucan...), d'autres ne dépassent pas les 25 m (mauricif et marbri), alors que de petits arbres d'une dizaine de mètres comme le côtelette côtoient également des arbustes, des fougères arborescentes, des balisiers et des lianes. Au final, ce sont près de 300 espèces d'arbres et d'arbustes qui constituent une diversité floristique considérable.

Au-delà de 1 000 m d'altitude, les effets du vent et de l'hygrométrie importante se font sentir. La forêt dense laisse la place à la forêt rabougrie. Les arbres et les arbustes sont petits, les épiphytes très nombreux. Il s'agit de la forêt d'altitude.

Faune terrestre

La Guadeloupe est éloignée des foyers de dispersion de la faune et de la flore que sont l'Amérique du Sud et les Grandes Antilles. De plus, elle est de formation géologique récente. Par conséquent, le nombre d'espèces animales est faible (Tableau 8). Cependant, l'isolement géographique favorise la spéciation et de nombreuses espèces sont endémiques (20% des mammifères terrestres par exemple).

Faune terrestre	Nombre d'espèces (2018)	dont endémiques	Source
Mammifères	20	3	DEAL/RN
Oiseaux	148	1	ONF
Amphibiens	6	2	ONF
Reptiles	34		ONF
Poissons d'eau douce	19		ONF

Tableau 8 : Inventaire de la faune terrestre en Guadeloupe.

Faune marine	Nombre d'espèces (2018)	Source
Mammifères marins	23	DEAL/RN
Poissons marins	350	ONF
Reptiles marins	5	ONF
Coraux	57	ONF

Tableau 9 : Inventaire de la faune marine en Guadeloupe.

Le milieu naturel marin

Le milieu naturel marin de la Guadeloupe présente également une grande richesse en termes de biodiversité (Tableau 9). Les herbiers et massifs coralliens sont bien développés autour de la Basse-Terre, y compris dans sa partie sud (Figure 44). La transition entre le milieu terrestre et le milieu marin est constitué par des plages de sable et des falaises côtières. Par contre, les zones littorales humides telles que les mangroves y sont peu développées.

A l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière, les zones d'intérêt pour l'exploration et l'exploitation des ressources géothermiques potentielles sont plutôt situées en altitude. Les travaux éventuels n'auront donc pas ou très peu d'impacts sur le milieu marin.

VII.2.5 Espaces naturels protégés

En raison de sa biodiversité élevée, la Guadeloupe possède de nombreux espaces naturels protégés. Au sein ou en bordure du périmètre du PER de Sud-Soufrière, ont été recensées :

- ✓ Le Parc national de Guadeloupe ;
- ✓ Un arrêté préfectoral de protection du biotope ;
- ✓ Six ZNIEFFS terrestres;
- ✓ Quatre espaces remarquables du littoral et sites du Conservatoire du littoral;
- ✓ Des zones humides ;
- ✓ 1 zone ZICO (Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux) ;
- ✓ Des espaces forestiers.

Un futur projet de géothermie devra prendre en compte ces espaces protégés et être compatible avec les orientations définies pour la protection des milieux naturels.

Par ailleurs, il n'y a ni réserve naturelle, ni zone Natura 2000, ni zone RAMSAR répertoriée à l'intérieur du périmètre retenu pour le PER de Sud-Soufrière.

VII.2.5.1 Le Parc National de Guadeloupe

Le PER de Sud-Soufrière se situe en bordure et à l'extérieur de la zone cœur du Parc national de la Guadeloupe (Figure 45). Toutefois, il est inclus dans l'aire d'adhésion ou dans l'aire d'adhésion optimale (anciennement appelée zone périphérique). Les dispositions relatives à ces deux aires sont décrites dans la Charte de territoire du Parc National de la Guadeloupe approuvée par le décret n° 2014-48 du 21 janvier 2014. Dans ces aires, et contrairement à la zone cœur du Parc, la charte n'a aucun pouvoir réglementaire sur les documents stratégiques mais seulement un rôle prescriptif. Elle donne une ligne de conduite en matière de développement durable et propose des mesures concrètes à mettre en œuvre sur ces territoires. Les vocations de ces deux aires sont de promouvoir les cinq grands groupes d'orientation suivants :

1. Apprendre à connaître et respecter les patrimoines naturels et paysager :

- Préserver les milieux et espèces les plus sensibles ;
- Favoriser la nature ordinaire tout en développant une meilleure connaissance des usages ;
- Maintenir les corridors écologiques ;
- Parfaire l'éducation à l'environnement ;
- Expliquer le droit de la nature, contrôler les usages et sanctionner les atteintes environnementales ;
- Réduire les principales pollutions et dégradations d'origine humaine.

2. Savoir user du patrimoine naturel sans en abuser :

- Favoriser le ressourcement et la découverte patrimoniale ;
- Encourager une exploitation durable des ressources ;
- Travailler et vivre en accord avec la nature.

3. Faire vivre la culture créole et caribéenne :

- Favoriser la transmission et la redynamisation des savoir-faire traditionnels ;
- Contribuer à la préservation des traditions orales et à l'usage de la langue vernaculaire, véritables témoignages de la culture et de la mémoire collective locales ;

- Accompagner la réhabilitation de sites naturels, la restauration du patrimoine bâti et la protection des vestiges archéologiques.

4. Accompagner une économie locale durable favorisant un développement endogène :

- Professionnaliser, outiller et favoriser les échanges d'expériences entre acteurs locaux ;
- Promouvoir les activités économiques et les pratiques respectueuses de l'environnement et des hommes ;
- Favoriser la structuration de filières locales de produits et services diversifiés et de qualité ;
- Assurer une meilleure redistribution des bénéfices des activités touristiques aux habitants.

5. Mettre en cohérence les politiques publiques dans le souci d'une meilleure prise en compte de l'environnement et du bien-être de la population locale :

- Fédérer les acteurs locaux dans la création d'un observatoire des aides publiques ;
- Adapter les documents de programmation pour prendre en compte le projet de territoire ;
- Améliorer la prise en compte des différents aspects du développement durable dans les documents stratégiques et de planification des Collectivités territoriales.

Un projet de géothermie apparaît compatible avec les orientations de la charte des aires d'adhésion du parc. Il est recommandé d'entamer une démarche de concertation avec le parc dès le début du projet pour prendre connaissance de toutes les prescriptions qui s'appliqueront au projet.

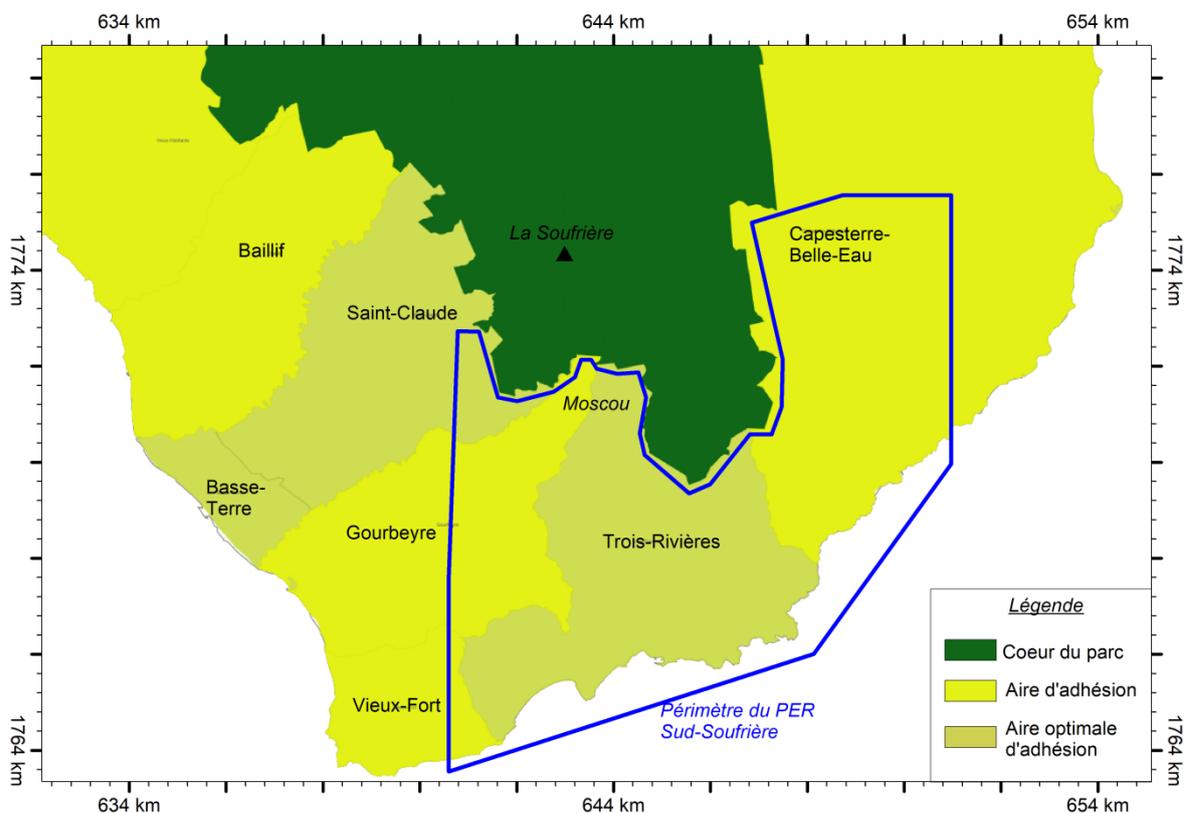


Figure 45 : Les différentes aires du Parc national de la Guadeloupe et le périmètre du PER de Sud-Soufrière (carte d'après le site Karugeo).

VII.2.5.2 Les arrêtés préfectoraux de protection du biotope (APB)

Les arrêtés de protection de biotope s'appliquent à la protection de milieux peu exploités par l'homme et abritant des espèces animales et/ou végétales sauvages protégées. Ils permettent au préfet de fixer par arrêté les mesures tendant à favoriser, sur tout ou partie du territoire d'un département, la conservation des biotopes nécessaires à l'alimentation, à la reproduction, au repos ou à la survie d'espèces protégées.

A l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière, un arrêté de protection du biotope a été répertorié (Tableau 10 ; Figure 46). Il s'agit de l'arrêté de protection du biotope de la Plage de Grande Anse (Trois Rivières) qui est un lieu de reproduction des tortues marines.

En raison de sa localisation, cet espace naturel protégé ne devrait pas être impacté par de futurs travaux d'exploration et d'exploitation de ressources géothermiques qui seraient mises en évidence à l'intérieur du PER.

<i>Commune</i>	<i>Site</i>	<i>Surface (Ha)</i>	<i>Date de création</i>	<i>Milieu protégé</i>
Trois-Rivières	Plage de Grande Anse	4,5	APB N° 97-677/AD/1/4 du 30/06/1997	Lieu de reproduction des tortues marines dont les luths

Tableau 10 : Arrêté préfectoral de protection du biotope répertorié à l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière.

VII.2.5.3 ZNIEFFs terrestres

Les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) constituent des outils de connaissance et non des espaces protégés et ne sont donc pas opposables aux tiers. Ils permettent cependant d'éclairer la décision d'autorisation et de définir les modalités de mise en œuvre de projets d'aménagement (analyse dans les études d'impact) sur leur aire de répartition. La richesse en biodiversité qui les caractérise, croisée aux pressions qui s'appliquent dessus, peuvent entraîner la création d'espace protégé sur tout ou partie de ces ZNIEFFs. Elles peuvent être terrestres ou marines. On distingue deux types de ZNIEFF :

- Les ZNIEFF de type II réunissent des milieux naturels formant un ou plusieurs ensembles d'unités écologiques homogènes possédant une cohésion élevée et entretenant de fortes relations entre elles. Elles se distinguent de la moyenne du territoire régional par leur contenu patrimonial plus riche et leur degré d'artificialisation plus faible ;
- Les ZNIEFF de type I recouvrent des territoires correspondant à une ou plusieurs unités écologiques homogènes abritant au moins une espèce ou un habitat naturel caractéristique remarquable ou rare, justifiant d'une valeur patrimoniale plus élevée que celle du milieu environnant.

Six ZNIEFFs terrestres ont été répertoriées à l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière (Tableau 11; Figure 46). Aucune n'est considérée comme susceptible d'être impactée par les travaux d'un projet de géothermie, y compris la ZNIEFF de Plateau Dimba et forêt des Bains Jaunes qui est située en rive droite de la Rivière Grande Anse au niveau de Moscou.

<i>Commune</i>	<i>Site</i>	<i>Type de ZNIEFF</i>	<i>Date de création</i>	<i>Surface (Ha)</i>	<i>Code</i>
Trois-Rivières	Littoral de Trois-Rivières	I	1997	47,2	00000007
Trois-Rivières, Gourbeyre, Vieux-Fort	Monts Caraïbe	II	1998	1502	0011
Trois-Rivières, Vieux-Fort	Ravine Blondeau et Pointe à Chaux	I	1997	19,5	00110002
Trois-Rivières	Ravine Cimetière	I	1997	16,6	00110005
Vieux-Fort	Morne Caca à Ravine Sèche	I	1997	64,8	00110003
Gourbeyre, Saint-Claude	Plateau Dimba et forêt des Bains Jaunes	I	2003	575,4	00000028

Tableau 11 : ZNIEFFs répertoriées à l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière.

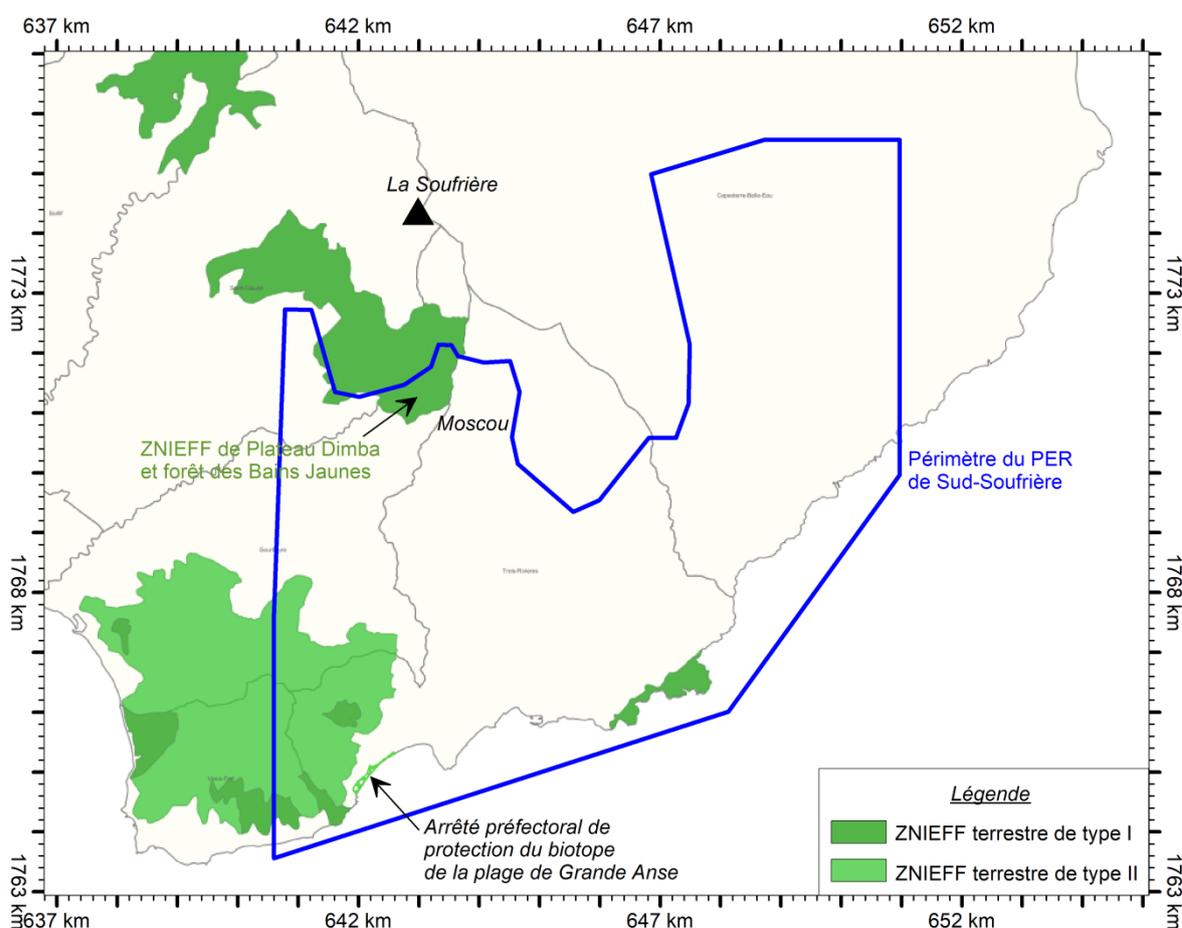


Figure 46 : Arrêté préfectoral de protection du biotope et ZNIEFFs répertoriés à l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière (carte d'après le site Karugeo).

Espaces remarquables du littoral

Le schéma d'aménagement régional (SAR) et le Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM) définissent trois catégories d'espaces, selon les nécessités de protection qu'ils présentent et les possibilités de valorisation qu'ils offrent :

- **Les espaces naturels de protection forte.** Ils sont constitués des milieux de très grand intérêt sur le plan écologique ou paysager, dont l'intégrité doit être préservée et dans lesquels les possibilités de valorisation sont strictement encadrées par des dispositions législatives et réglementaires qui définissent leur degré de protection. Ces espaces sont notamment:
 - ✓ Les espaces naturels du littoral identifiés par le SAR comme présentant un caractère remarquable au sens de l'article L.146-6 du code de l'Urbanisme;
 - ✓ Les sites classés et inscrits au sens de l'article L.341-1 du code de l'Environnement;
 - ✓ Les espaces naturels sensibles acquis par les collectivités ou le Conservatoire du littoral.
- **Les réservoirs et corridors de biodiversité.** Le SAR veille à assurer la protection des espaces naturels soumis à de fortes pressions anthropiques, notamment les zones humides (mares, mangroves), le milieu marin et le littoral (plages, falaises et mer), les habitats xérophiles et les espaces semi-naturels en zone agricole ou urbaine (« coupures d'urbanisation » littorales, par exemple). Les prescriptions et préconisations afférentes rejoignent celles du Schéma Régional de Cohérence Ecologique.
- **Les coupures d'urbanisation du SMVM.** Elles jouent un « rôle de respiration » sur le littoral. Les fonctions que peuvent remplir ces coupures sont nombreuses :
 - ✓ Poser la limite des fronts urbains et structurer le littoral en y maintenant des espaces « aérés »;
 - ✓ Préserver des espaces nécessaires aux activités agricoles, aux équilibres écologiques et à la constitution de la trame verte;
 - ✓ Permettre l'implantation de lieux de loisirs touristiques et sportifs ;
 - ✓ Contribuer à l'exploitation des énergies renouvelables.

Les **espaces remarquables du littoral** situés à l'intérieur du périmètre retenu pour le PER de Sud-Soufrière sont indiqués dans le Tableau 12 et sur la Figure 47.

Le **Conservatoire du Littoral** possède la plupart de ces espaces remarquables du littoral, en partie ou en totalité. Le Conservatoire du Littoral est un établissement public créé en 1975 menant une politique foncière visant à la protection définitive des espaces naturels et des paysages sur les rivages maritimes et lacustres. L'acquisition des terrains considérés comme fragiles ou menacés s'effectue à l'amiable, par préemption, ou exceptionnellement par expropriation.

Dénomination	Localisation	Type de protection	Date de création	Intérêts remarquables
Anse Bernard Bananier	Capesterre-Belle-eau	?	?	
Monts Caraïbes	Gourbeyre	?	?	
Littoral Est : Anse à Source, Pointe de l'Acomat, Grande Pointe, Anse Grande Ravine	Trois-Rivières	L 146-6	1998	Principale fenêtre verte du littoral trois-riverain, une des grandes étapes du Sud-Basse-Terre pour le tourisme vert. Une fréquentation contenue qui explique le peu de dégradation du site : des paysages naturels exceptionnels, un fort potentiel de découverte de la faune et de la flore, mais également un intérêt historique et archéologique, notamment mis en valeur avec le Parc des Roches Gravées, le sentier de la Grande Pointe, Batterie et Poudrière. Point de vue sur l'archipel et sur le littoral de la Côte au Vent. Ce site a fait l'objet d'un inventaire phytoécologique.
Littoral Ouest : Pointe à chaux / Ravine Blondeau, Morne Pérelle, Grande-Anse	Trois-Rivières	L 146-6	1998	Grande unité géographique, qui comprend la plus grande plage du Sud de la Basse Terre : Grande-Anse, plage de sable volcanique (noir), bordée de cocotiers, qui possède un intérêt paysager considérable. Intérêt écologique : présence d'oiseaux marins, lieu de ponte de tortues marines, richesse floristique (forêt mésophile, petit bois xérophile, strate végétale des forêts sempervirente saisonnières...). Présence de quelques espèces raréfiées (ex : <i>Mammea americana</i>). Ce site a fait l'objet d'un inventaire phytoécologique.

Tableau 12 : Espaces remarquables du littoral répertoriés à l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière.

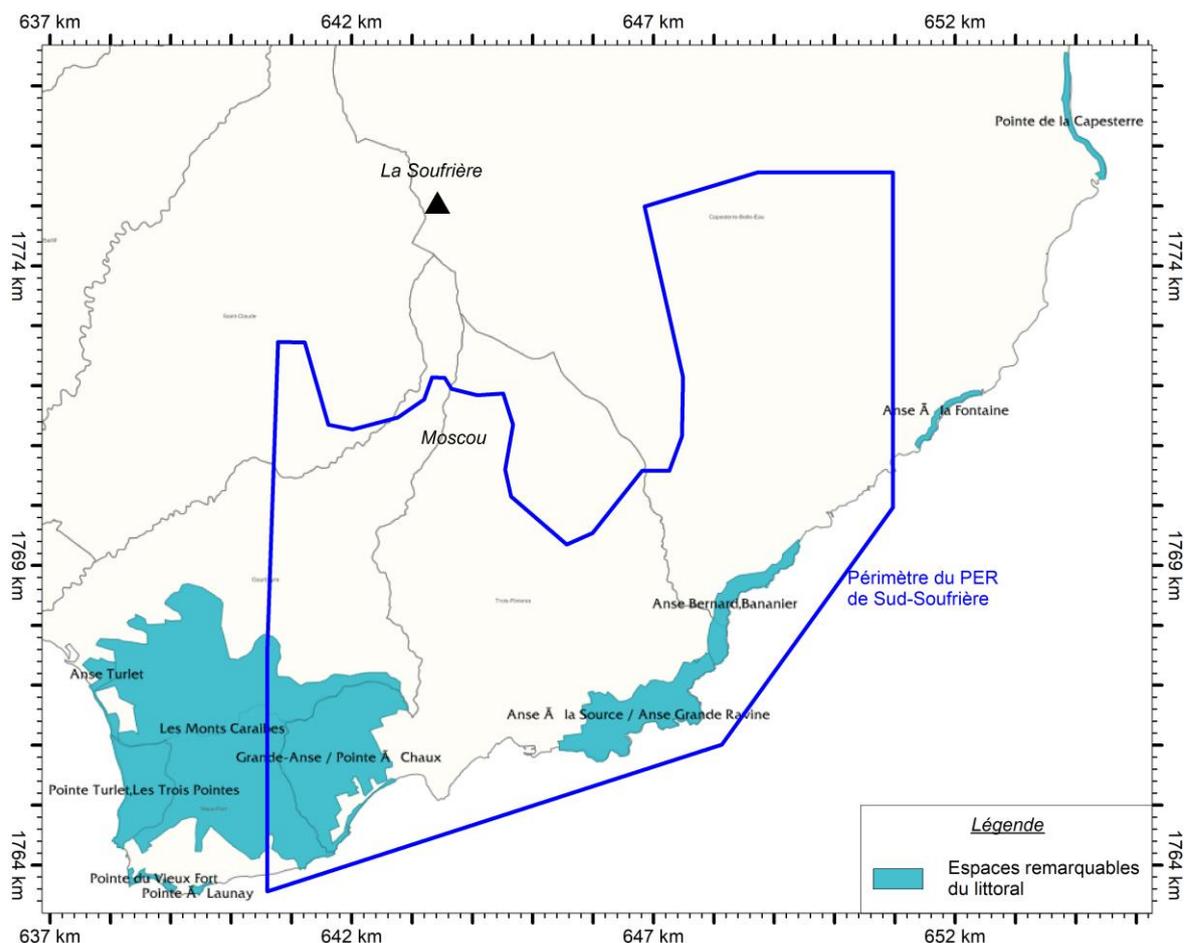


Figure 47 : Espaces remarquables du littoral répertoriés à l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière (carte d'après le site Karugeo).

Zones humides

Le sud de Basse Terre comporte quelques zones humides terrestres sous forme de mares, d'étangs d'altitude et de lits de cours d'eau qui ont une valeur patrimoniale importante pour la faune et la flore (Figure 48).

La protection de ces zones humides contribue à la réalisation des objectifs du SDAGE en matière de qualité et de quantité des eaux.

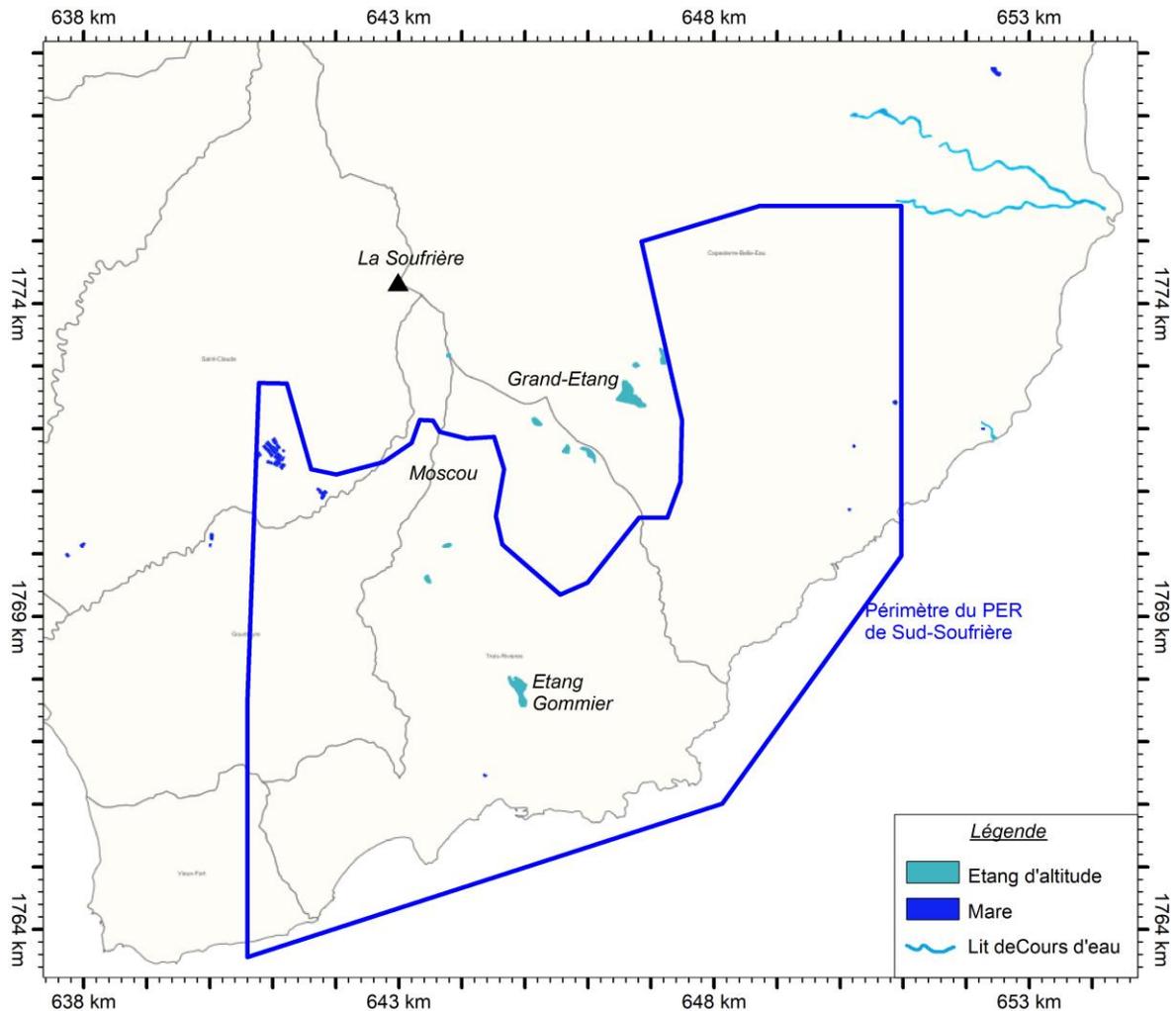


Figure 48 : Zones humides répertoriées à l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière (carte d'après le site Karugeo).

Zones ZICO

La Guadeloupe compte 9 Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO). Ces zones se confondent avec des espaces naturels protégés par d'autres conventions et réglementations.

Une de ces zones est présente à l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière. Il s'agit de la zone GP002 qui couvre la zone centrale de l'île de Basse-Terre, quasiment depuis le niveau de la mer jusqu'au sommet de la Soufrière (1467 m). Le périmètre de la ZICO est défini par les limites administratives de la forêt départemento-domaniale gérée par l'ONF. Elle englobe en outre la

forêt dégradée par l'homme et les animaux. Elle subit une forte pression liée aux activités humaines.

Le périmètre du PER de Sud-Soufrière reste à l'extérieur du massif forestier principal qui couvre la partie centrale de l'île et ne comporte que quelques massifs isolés de cette forêt départementalo-domaniale (Figure 50). Il inclut également quelques portions de la forêt domaniale littorale. En dehors de ces deux milieux forestiers caractérisés, l'espace est occupé par de nombreux bois, taillis et broussailles.

La forêt départementalo-domaniale et la forêt domaniale littorale relèvent du régime forestier. L'article L.311-1 du Code Forestier définit le défrichage comme une opération volontaire ayant pour effet de détruire l'état boisé d'un terrain et de mettre fin à sa destination forestière et nul ne peut user du droit de défricher sans avoir préalablement obtenu une autorisation.

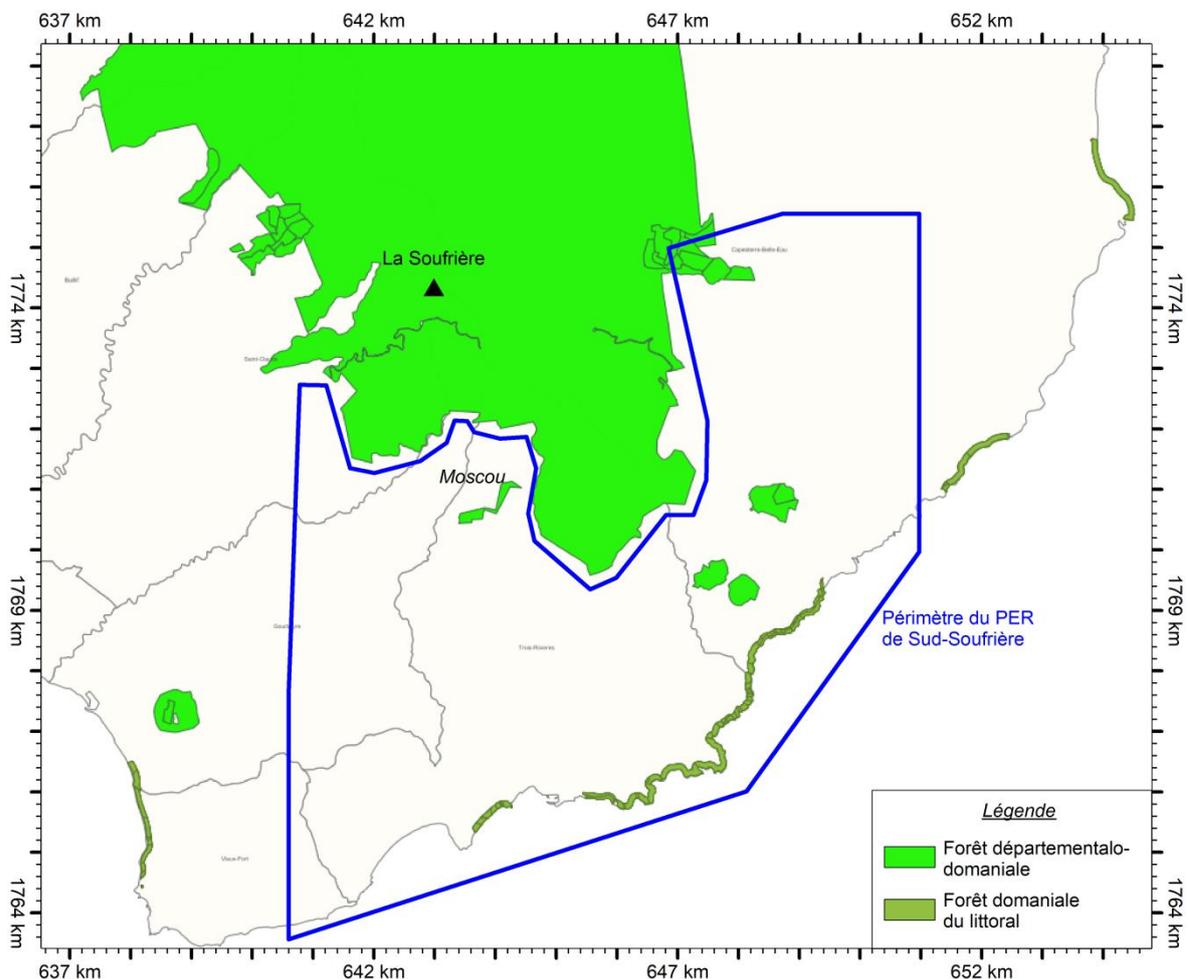


Figure 50 : Extension de la forêt départementalo-domaniale et de la forêt domaniale du littoral dans la partie sud de Basse-Terre (carte d'après le site Karugeo).

Selon sa nature et sa localisation, la forêt joue un rôle important dans la protection de la biodiversité (Figure 51). C'est particulièrement vrai pour la forêt départementalo-domaniale au sein du parc national, la forêt domaniale du littoral et le massif forestier au niveau des Monts Caraïbes. Elle joue également un rôle important au niveau des sols en réduisant le risque de

mouvement de terrain sur des sols mis à nu par exemple. C'est notamment le cas au niveau des Monts Caraïbes et sur le flanc sud du massif de la Soufrière (Figure 51).

La forêt joue également un rôle important dans la protection des ressources en eau, notamment au niveau de la vallée de la Rivière Grande Anse et sur le flanc sud-est du massif volcanique ; deux secteurs qui comportent de nombreux captages AEP.

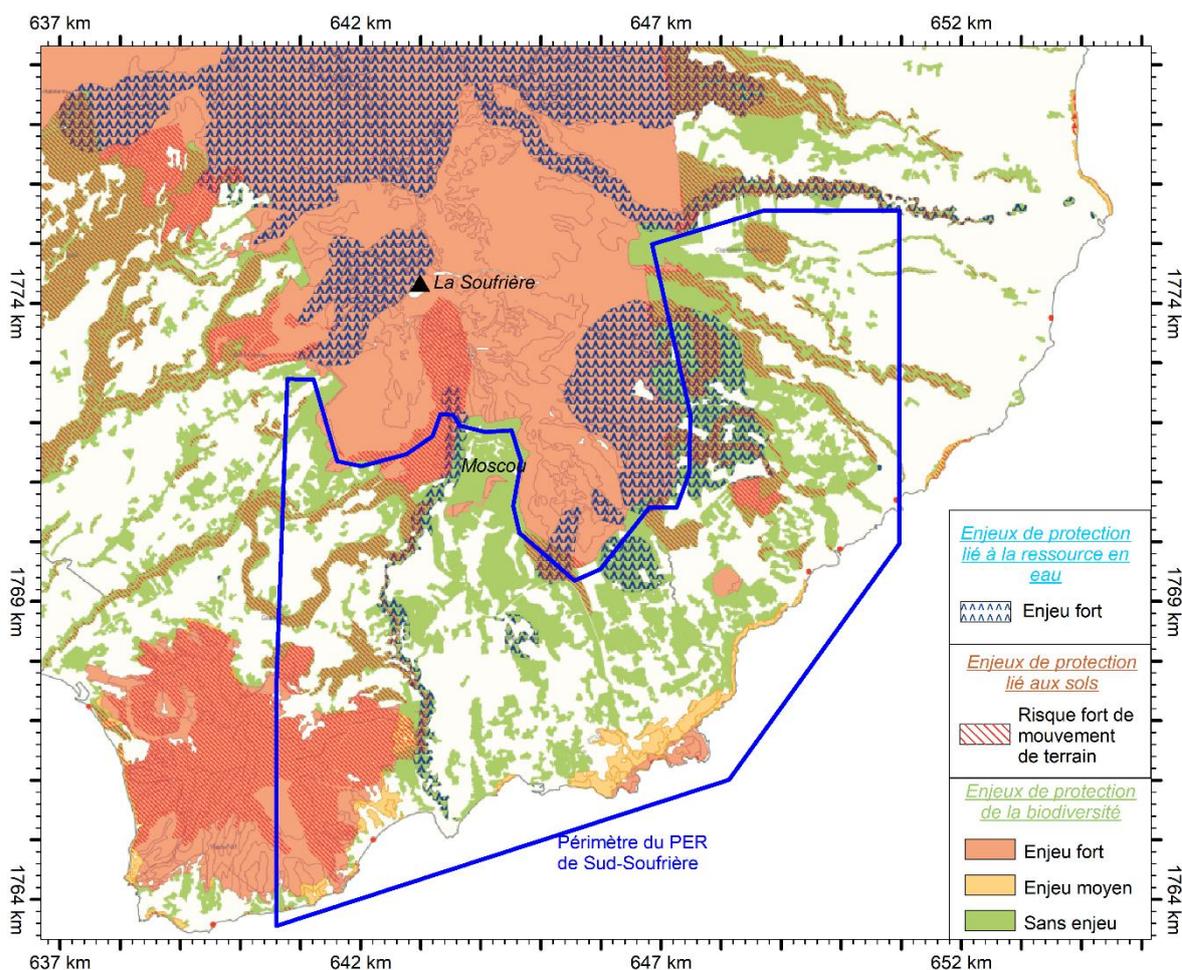


Figure 51 : Cartographie des enjeux de protection liés à la forêt (carte d'après le site Karugéo).

VII.2.6 Milieu humain et données socio-économiques

VII.2.6.1 Population

D'après l'INSEE, la Guadeloupe comptait environ 390 000 habitants en 2018, soit une densité de 230 habitants/km². Les derniers recensements montrent toutefois une stagnation voire un léger recul de la population guadeloupéenne. Le solde naturel diminue d'année en année et le déficit migratoire augmente.

Le Tableau 13 récapitule les données démographiques des cinq communes du sud Basse-Terre concernées par le PER de Sud-Soufrière. Ces communes ont des densités de population relativement élevées. Ces cinq communes font partie de la communauté d'agglomération Grand Sud Caraïbe.

<i>Commune</i>	<i>Surface (km²)</i>	<i>Nombre d'habitants (chiffres au 1/01/2019)</i>	<i>Densité (nbre Hab./km²)</i>
Vieux-Fort	7,2	1 885	259
Gourbeyre	22,5	7 996	347
Saint-Claude	34,3	10 547	300
Trois-Rivières	31,2	8 394	266
Capesterre-Belle-Eau	104,3	19 081	182
Ile de Basse-Terre	848,8	187 332	220

Tableau 13 : Données démographiques sur les cinq communes concernées par le PER de Sud-Soufrière.

VII.2.6.2 *Structure de l'urbanisation*

La Figure 52 présente la tâche urbaine dans le sud de l'île de Basse-Terre. La tâche urbaine est une modélisation automatisée de l'emprise du tissu urbain bâti. Les « bourgs » localisés majoritairement sur ou à proximité du littoral (exception faite de Saint-Claude) et rassemblant historiquement l'essentiel des services urbains de proximité (l'église, le marché et les commerces, l'école) sont bien identifiables. Leurs extensions regroupant entre autres, des équipements consommateurs de foncier (stade, collège, lycée notamment), des opérations de logements collectifs (en particulier sociaux) et des lotissements se sont faits en s'éloignant du rivage et en occupant progressivement les pentes.

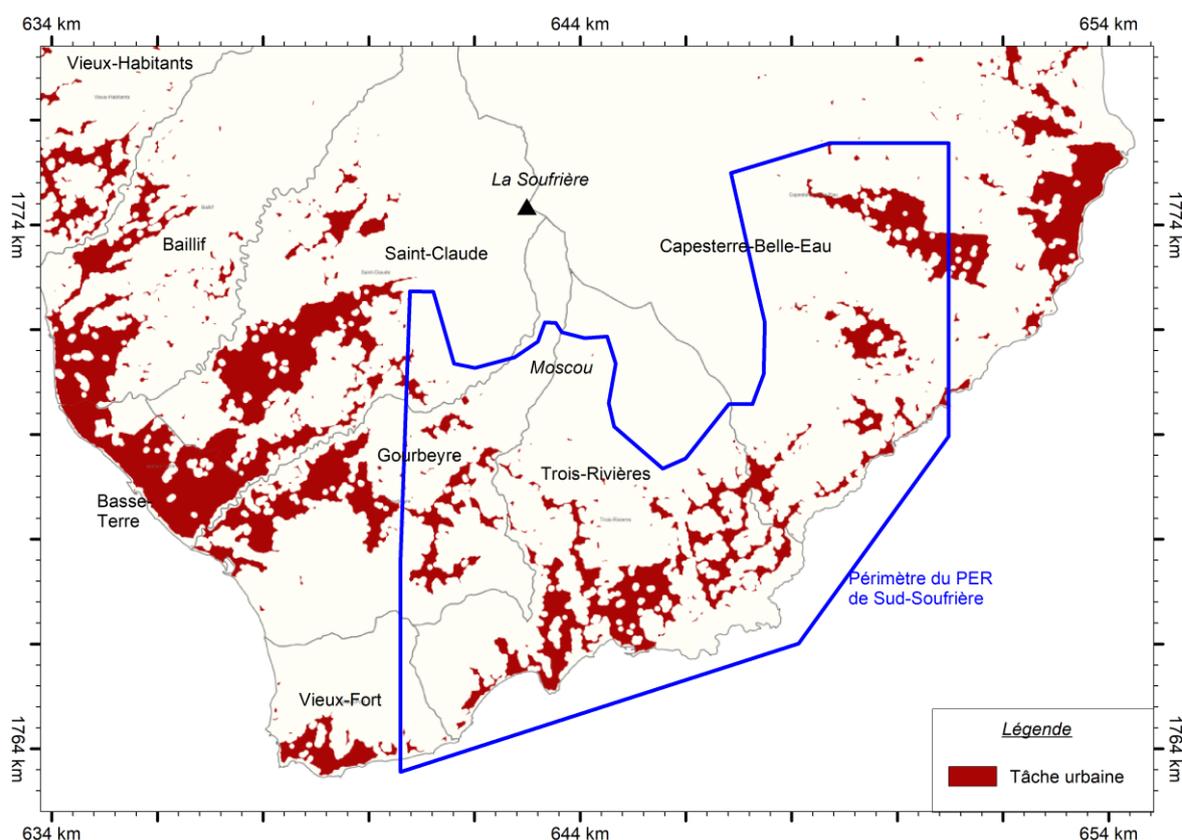


Figure 52 : Tâche urbaine dans le sud de Basse-Terre en 2017 (carte d'après le site Karugéo).

Aux Antilles, les quartiers sont une composante des territoires communaux extérieurs aux bourgs. La morphologie urbaine de ces quartiers suit souvent une logique de développement le long des axes routiers.

A l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière, la tâche urbaine occupe une surface relativement importante, principalement à proximité du littoral et sur les basses pentes. Par contre, les secteurs situés en altitude ne sont pas urbanisés. C'est le cas de la zone de Moscou, qui est considérée comme une zone prioritaire pour implanter des forages d'exploration.

VII.2.6.3 Occupation et usages des sols

La Figure 53 montre l'occupation des sols dans la partie sud de Basse-Terre, telle que cartographiée par CORINE Land Cover (données 2012). Cette cartographie est issue de l'interprétation visuelle d'images satellitaires, avec des données complémentaires d'appui, avec l'identification de zones d'au moins 25 ha et de 5 ha pour les évolutions, de 100 m de large et homogènes du point de vue de l'occupation des sols. Elle comprend 44 postes répartis selon 5 grands types d'occupation du territoire :

- Territoires artificialisés ;
- Territoires agricoles ;
- Forêts et milieux semi-naturels ;
- Zones humides ;
- Surfaces en eau.

En ce qui concerne 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%).

La zone de Moscou se partage entre terrains agricoles et milieux semi-naturels.

VII.2.6.4 Economie

L'activité économique de cette région de Guadeloupe est développée autour de quatre secteurs principaux :

- Le tertiaire administratif ;
- L'agriculture ;
- Le tourisme ;
- L'industrie et le commerce et les services.

Le PER est situé à proximité de l'agglomération de Basse-Terre qui est le chef-lieu du département et de la région de Guadeloupe. A ce titre, l'agglomération concentre de nombreuses administrations et institutions politiques (Conseil Régional, Conseil Départemental, Préfecture, etc...). Les activités tertiaires sont donc très présentes.

L'agriculture est dominée par la culture de la canne à sucre et de la banane. Les cultures maraichères sont également réparties sur l'ensemble du secteur.

Le tourisme est présent de façon diffuse avec des points d'ancrage constitués par les bourgs de Trois-Rivières, Vieux-Fort et Capesterre. Cette activité a généré une capacité d'hébergement sous forme d'hôtels et de location saisonnière, ainsi qu'une capacité de restauration diversifiée.

L'industrie, le commerce et les services sont représentés principalement par le secteur de la construction, des biens d'équipement et de la grande consommation dans ce bassin de vie.

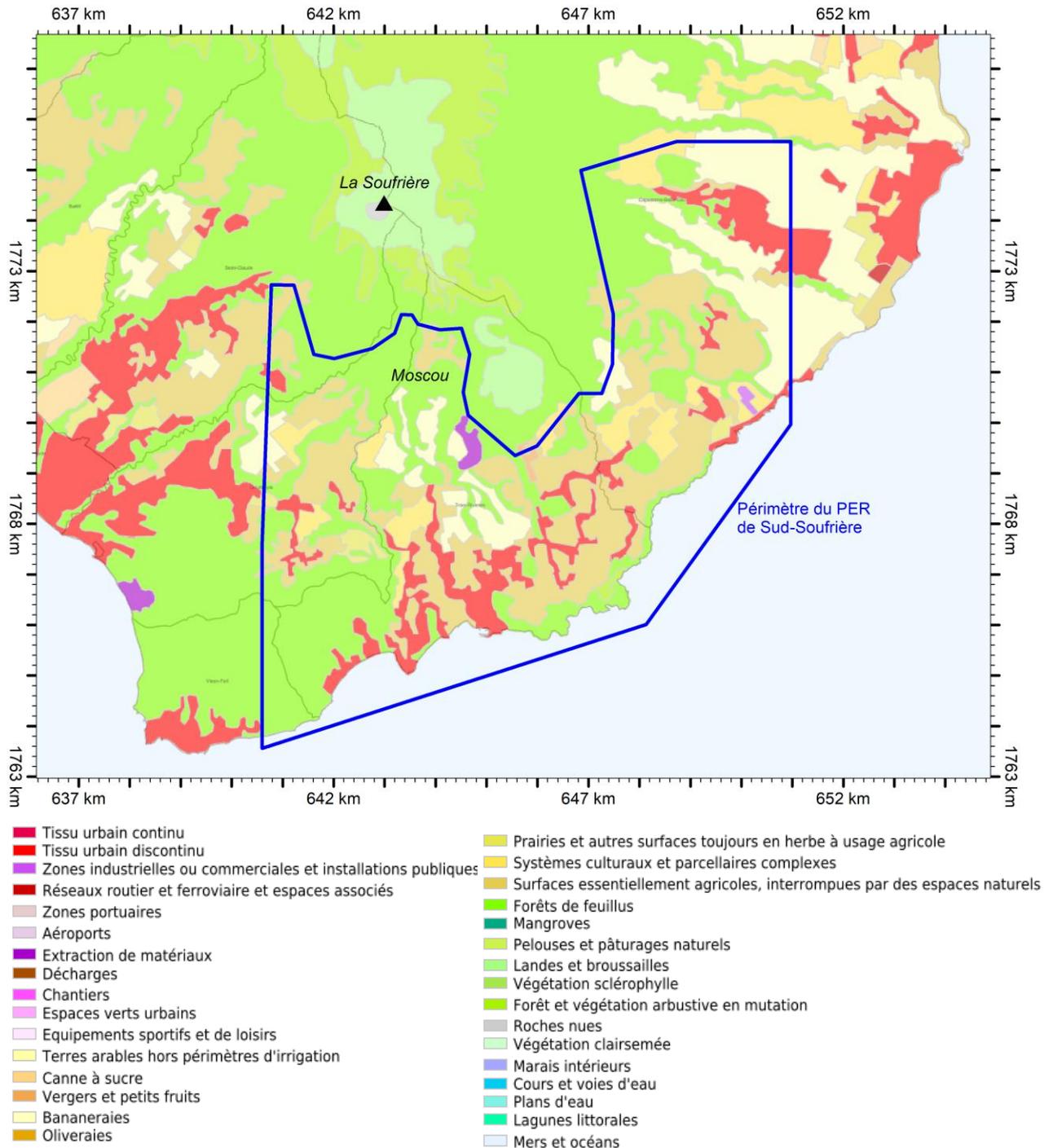


Figure 53 : Occupation des sols dans le Sud de Basse-Terre (données 2012) d'après CORINE Land Cover (carte d'après le site Karugéo).

VII.2.6.5 Voies de communications

Le PER de Sud-Soufrière est parcouru de part en part par la Route Nationale 1 qui relie Basse-Terre à Pointe à Pitre. Cet axe est fréquemment saturé pendant la semaine en raison des déplacements pendulaires.

En dehors de cet axe principal, le réseau routier comporte des routes départementales qui desservent soit le littoral soit les hauteurs. Un chevelu de routes et chemins communaux est connecté à ces routes départementales et vient compléter ce réseau.

La zone de Moscou est desservie par la D10 dite route de Palmiste.

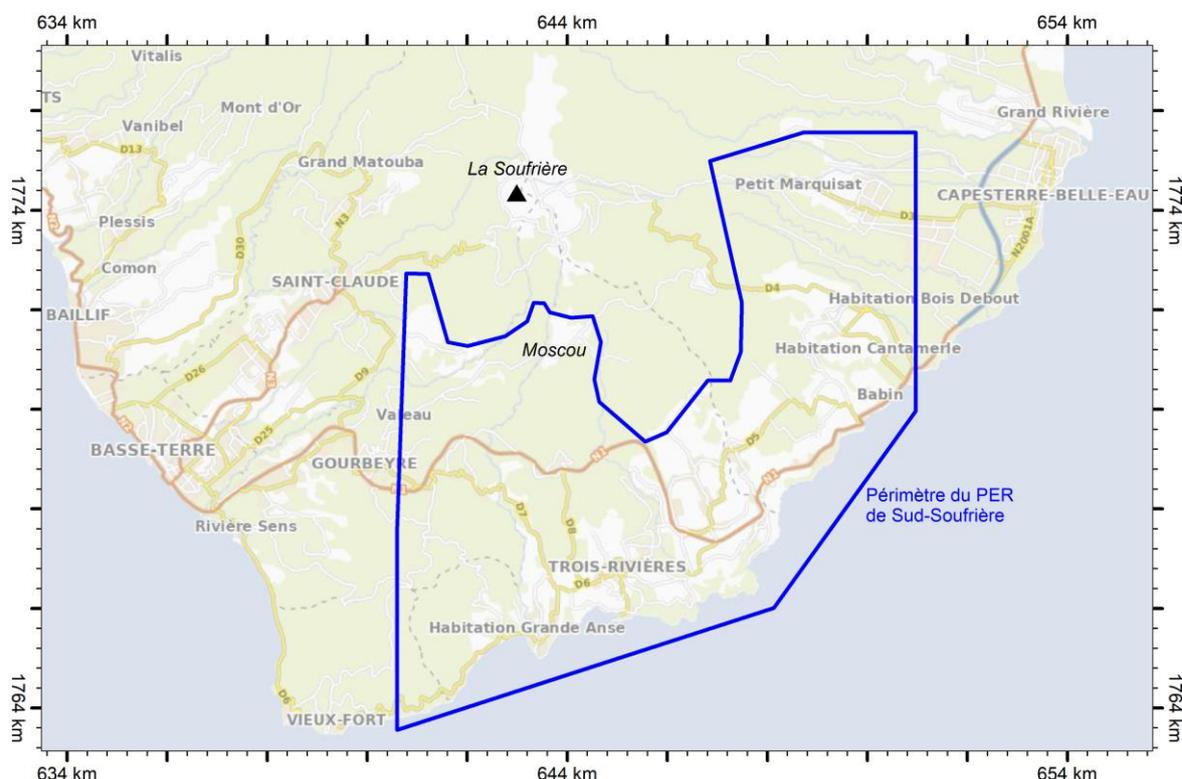


Figure 54 : Voies de communications dans le Sud Basse-Terre.

VII.2.6.6 Energies et réseaux électriques

La Figure 55 montre le réseau Haute Tension HTB (63 kV) et la localisation des moyens de production électrique en Guadeloupe en 2019. Ces moyens de production sont détaillés par source d'énergie dans le Tableau 14. La puissance totale installée était de 575,8 MWe dont 14,5 MWe pour la centrale géothermique de Bouillante.

Les énergies fossiles (fuel, gaz, charbon) restent les principales sources d'énergies utilisées pour la production d'électricité avec près de 80% (Tableau 15). On note toutefois une progression régulière de la contribution des énergies renouvelables qui atteint 22% en 2019

La Figure 56 montre la part relative des différentes énergies renouvelables depuis 2007 dans le mix électrique. Depuis 2010, on note la forte croissance du photovoltaïque qui est passé de 1% à près de 6%. On note également la croissance de la géothermie qui est passée de 3% à 6,3%.

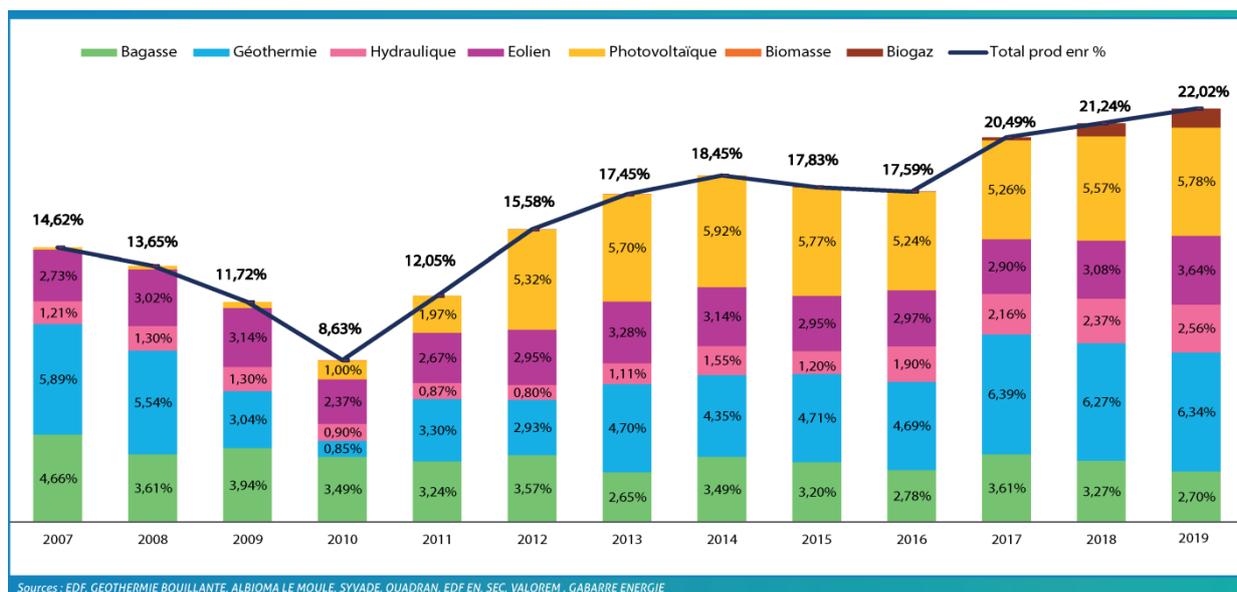


Figure 56 : Répartition de la part d'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables dans le mix électrique de la Guadeloupe depuis 2007.

Dans le cadre de la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) 2019-2023/2024-2028, la Guadeloupe prévoit augmenter de façon importante la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité. En ce qui concerne la géothermie, la PPE prévoit de multiplier par cinq la puissance actuelle de 14,5 MWe pour atteindre 78 MWe.

VII.2.6.7 Alimentation en eau

L'approvisionnement en eau potable et eau industrielle a été abordé au chapitre VII.2.2.5.

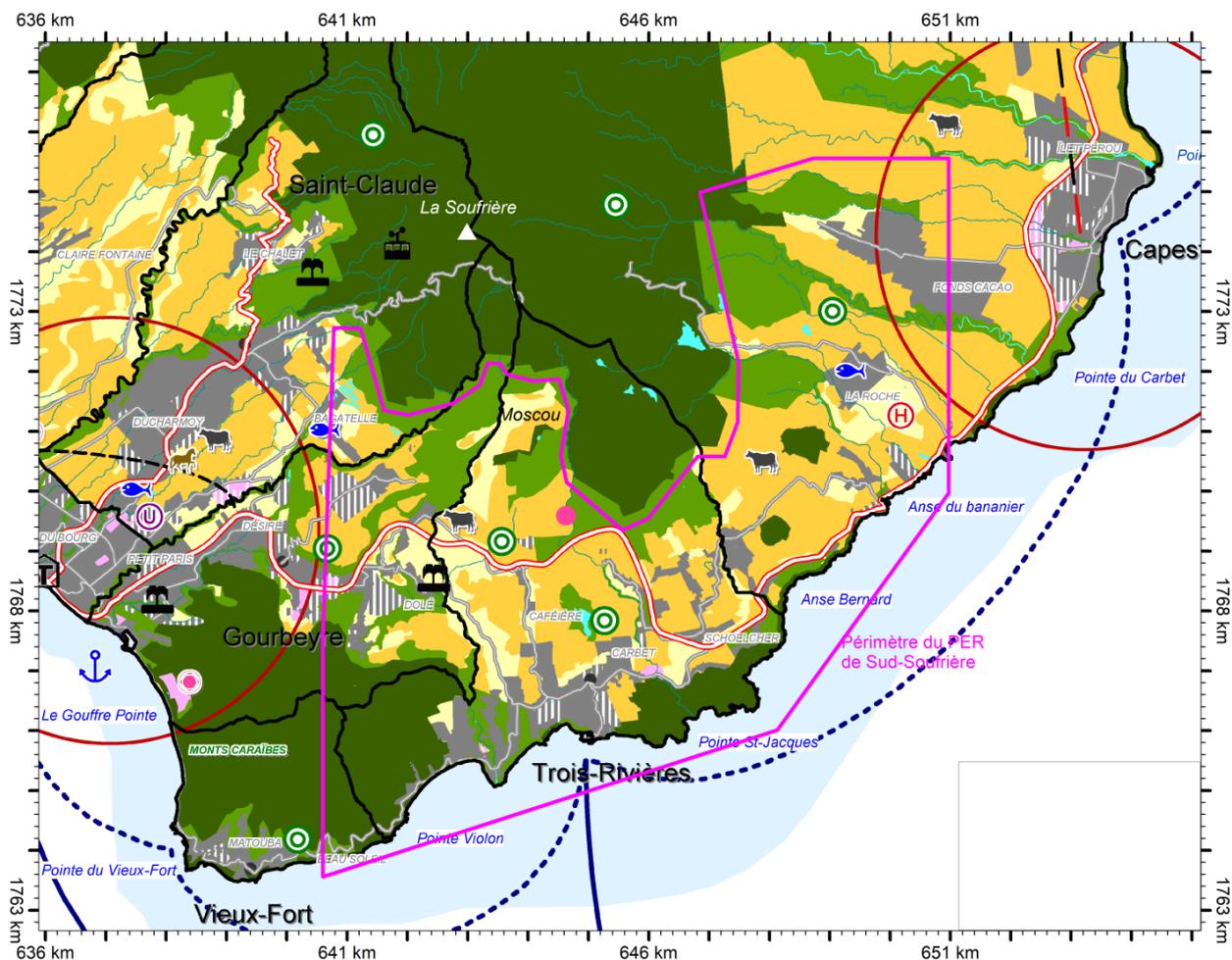
Il faut également mentionner ici l'exploitation des eaux thermales délivrées par les émergences de Capes et Dolé sur le territoire de la commune de Trois-Rivières par la Société des Eaux Thermales de Capes Dolé. La localisation de ces sources thermales à distance de la zone d'intérêt principale de Moscou exclut a priori une interférence entre les deux sites en cas de travaux d'exploration et d'exploitation d'une ressource géothermale haute température pour la production d'électricité (voir Figure 13).

VII.2.7 Servitudes

VII.2.7.1 Servitudes d'urbanisme

Le PLU (Plan Local d'Urbanisme) fixe les règles générales et les servitudes d'utilisation des sols. Ainsi, les aménagements sont réalisés avec une prise en compte des différentes servitudes pour un développement harmonieux et durable de l'ensemble du territoire.

Le Schéma d'Aménagement régional (SAR) et le Schéma de Mise en valeur de la Mer (SMVM) sont également des documents d'urbanisme importants qui fixent les orientations fondamentales en matière de développement, de mise en valeur du territoire et de protection de l'environnement.



Légende

- Limites communales
 - Réseau hydrographique
 - Périmètre en mer du SMVM
- LA VOCATION DES ESPACES**
- Les espaces à vocation naturelle*
- Les espaces naturels à forte protection
 - Les autres espaces naturels
 - Les mares et étangs
- Les espaces à vocation rurale*
- Les espaces agricoles
 - Les espaces ruraux de développement
 - Les secteurs d'élevage
 - Les sites d'activité équine
 - ⓐ Pôle d'agrotransformation
- Les espaces à vocation urbaine*
- Les espaces urbains denses
 - Les centres bourg
- Les espaces à vocation économique*
- Les zones d'activités
 - Les zones portuaires
 - Les zones aéroportuaires
 - Les carrières et sites d'extraction
 - Les secteurs de production d'énergie
 - Les sites d'aquaculture existants

LES ORIENTATIONS DU SAR

Orientations pour les espaces à vocation urbaine

- ▨ Les espaces à urbaniser
- Les secteurs de renouvellement urbain

Orientations à vocation économique

- ▨ Les espaces destinés aux nouvelles activités économiques
- Les secteurs de renouvellement touristique
- Ⓜ Les pôles touristiques majeurs
- ⓐ Pôles touristiques
- Développement de carrières existantes
- Ⓜ Développement thermalisme/thalasso/ tourisme de santé/centre de soins
- 🐎 Projet d'activité touristique équine

Orientations en matière d'infrastructures et d'équipements

- ➡ Déviations routières
- ➡ Aménagements routes existantes
- ➡ Projet de Tram-train
- ➡ Création d'un TCSP
- ✈ Aéroport à requalifier
- ✈ Création d'héliport
- ➡ Création de liaisons maritimes
- Ⓜ Aménagement d'un téléphérique
- Ⓜ Reconstruction ou extension d'hôpitaux publics
- Ⓜ Création d'établissements de formation

Figure 57 : Extraits de la carte du SAR de Guadeloupe et de sa légende.

Le SAR et le SMVM déterminent notamment la destination générale des différentes parties du territoire de la région, l'implantation des grands équipements d'infrastructures et de communication routière, la localisation préférentielle des extensions urbaines, des activités industrielles, portuaires, artisanales, agricoles, forestières et touristiques.

Le zonage du territoire proposé par le SAR est illustré sur la Figure 57. Il distingue notamment :

- Les espaces naturels pour lesquels une protection forte est requise ;
- Les autres espaces naturels ;
- Les espaces à vocation agricole ;
- Les espaces ruraux de développement ;
- Les espaces à vocation urbaine ;
- Etc...

Des travaux d'exploration puis éventuellement d'exploitation d'une ressource géothermale au niveau du secteur de Moscou et également sur une large superficie à l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière apparaissent compatibles avec les orientations du SAR, dans la mesure où ils préservent les espaces naturels pour lesquels une protection forte est requise.

VII.2.7.2 Servitudes aéronautiques

Le périmètre du PER de Sud-Soufrière n'est pas implanté dans une zone de servitude aéronautique.

VII.2.7.3 Servitudes hertziennes

Des servitudes d'utilité publique protègent certaines stations radioélectriques des administrations contre des perturbations (rayonnements électromagnétiques divers) ou contre des obstacles (bâtiments et constructions diverses), conformément à la réglementation en vigueur (articles L.54 à L.56-1 et R.21 à R.26 du code des Postes et Télécommunications). Ces servitudes sont de 3 types :

- PT1 : servitudes de protection contre les perturbations électromagnétiques ;
- PT2 : servitudes de protection contre les obstacles ;
- PT2LH : servitudes de protection contre les obstacles pour une liaison hertzienne.

Les gestionnaires des stations radioélectriques concernées sont : France Telecom, l'Armée de l'Air, l'Armée de Terre, la Marine Nationale, Météo France, l'Aviation Civile, etc. Les maîtres d'ouvrages ont obligation de porter à connaissance leur projet auprès des administrations concernées.

Aucune servitude hertzienne n'a été identifiée à l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière.

VII.2.7.4 Base de données BASIAS et BASOL

La base de données BASOL qui recense les sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics ne mentionne pas de site à l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière.

La base de données BASIAS (Inventaire historique des sites industriels et activités de services) recense 18 sites à l'intérieur du périmètre retenu pour le PER de Sud-Soufrière (Tableau 16 Figure 58). Ces sites sont reportés sur la Figure 58.

Identifiant	Commune principale	Raison sociale	Etat occupation	Code activité	Libellé activité
GUA97100205	CAPESTERRE BELLE EAU	DERBY Valéry	Ne sait pas	A01.4	Production animale
GUA97100274	CAPESTERRE BELLE EAU	Distillerie Cantamerle	Partiellement réaménagé / en friche	C10.7,C11.01	Fabrication de produits de boulangerie-pâtisserie et de pâtes alimentaires, Production de boissons alcooliques distillées et liqueurs
GUA97100275	CAPESTERRE BELLE EAU	Distillerie L'Espérance	Ne sait pas	C11.01,C10.7	Production de boissons alcooliques distillées et liqueurs, Fabrication de produits de boulangerie-pâtisserie et de pâtes alimentaires
GUA97100276	CAPESTERRE BELLE EAU	Distillerie Mon repos	Activité terminée	C10.7,C11.01	Fabrication de produits de boulangerie-pâtisserie et de pâtes alimentaires, Production de boissons alcooliques distillées et liqueurs
GUA97100550	CAPESTERRE BELLE EAU	Alex ANAIS	Ne sait pas	C10.1	Transformation et conservation de la viande et préparation de produits à base de viande, de la charcuterie et des os
GUA97100551	CAPESTERRE BELLE EAU	Paul FRANCILETTE	Activité terminée	G47.30Z	Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
GUA97101002	CAPESTERRE BELLE EAU	Dorvilma Raymond	En activité	G45.21A	Garages, ateliers, mécanique et soudure
GUA97101096	CAPESTERRE BELLE EAU	Djanou Abel	Activité terminée	G45.21A	Garages, ateliers, mécanique et soudure
GUA97101098	CAPESTERRE BELLE EAU	AUTO PIECES CAPESTERRE	En activité et partiellement réaménagé	G45.21A	Garages, ateliers, mécanique et soudure
GUA97101231	CAPESTERRE BELLE EAU	COMMUNE DE CAPESTERRE	En activité	E38.31Z	Démantèlement d'épaves, récupération de matières métalliques recyclables (ferraillier, casse auto...)
GUA97100004	GOURBEYRE	Usine Hydroélectrique de Dolé	Activité terminée	D35.42Z,D35.42Z	Centrale électrique hydraulique, Centrale électrique hydraulique
GUA97100234	GOURBEYRE	DIOMAR Stéphane	Ne sait pas	A01.4	Production animale
GUA97100641	GOURBEYRE	Clovis RESON	En activité	G45.21B	Carrosserie, atelier d'application de peinture sur métaux, PVC, résines, plastiques (toutes pièces de carénage, internes ou externes, pour véhicules...)
GUA97101354	GOURBEYRE	STEU GROS MORNE DOLÉ	En activité	E37.00Z	Collecte et traitement des eaux usées (station d'épuration)
GUA97101359	GOURBEYRE	STEU LES SOURCES DE DOLÉ	En activité	E37.00Z	Collecte et traitement des eaux usées (station d'épuration)
GUA97101363	GOURBEYRE	STEU LOGEMENT SOCIAUX GILLARDIN	En activité	E37.00Z	Collecte et traitement des eaux usées (station d'épuration)
GUA97101364	GOURBEYRE	STEU AGISPA CHAMPFLEURY	En activité	E37.00Z	Collecte et traitement des eaux usées (station d'épuration)
GUA97101398	ST CLAUDE	STEU DUGOMMIER	En activité	E37.00Z	Collecte et traitement des eaux usées (station d'épuration)

Tableau 16 : Liste des sites BASIAS répertoriés dans le périmètre du PER de Sud-Soufrière (source : Géorisques).

Numéro d'inspection	Nom établissement	Commune	Régime en vigueur	Statut SEVESO	Etat d'activité	Priorité nationale	IED-MTD
0221.00651	GMP MOTORS	CAPESTERRE-BELLE-EAU	Enregistrement	Non Seveso	En fonctionnement	Non	Non
0221.00741	CELESTIN Joël	CAPESTERRE-BELLE-EAU	Enregistrement	Non Seveso	En fonctionnement	Non	Non
0597.00011	SCA PETITE PLAINE	CAPESTERRE-BELLE-EAU	Inconnu	Non Seveso	En cessation d'activité	Non	Non
0069.00723	TOTAL GUADELOUPE	GOURBEYRE	Inconnu	Non Seveso	En cessation d'activité	Non	Non
0221.00639	SOPAVE	GOURBEYRE	Enregistrement	Non Seveso	En fonctionnement	Non	Non
0221.00667	Monsieur MARIN Marcel	GOURBEYRE	Enregistrement	Non Seveso	En fonctionnement	Non	Non
0221.00549	SGEC Trois-Rivières	TROIS-RIVIERES	Enregistrement	Non Seveso	En fonctionnement	Non	Non
0221.00556	LE MAT'AUTO	TROIS-RIVIERES	Enregistrement	Non Seveso	En fonctionnement	Non	Non
0221.00664	illicite VHU SAP AUTO	TROIS-RIVIERES	Enregistrement	Non Seveso	En fonctionnement	Non	Non

Tableau 17 : Liste des Installations classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) dans le périmètre du PER de Sud-Soufrière (source : Géorisques).

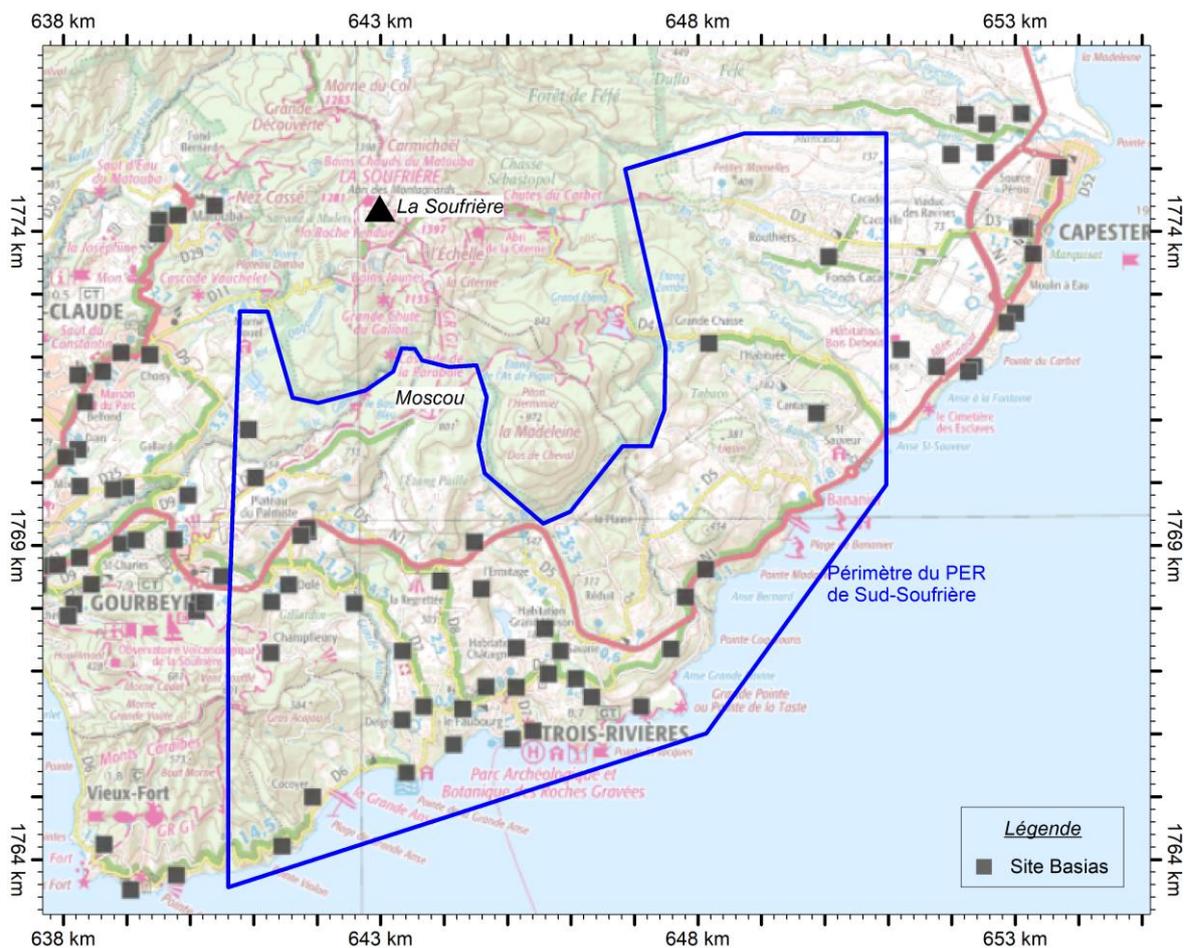


Figure 58 : Sites répertoriés dans la base de données BASIAS (source : Infoterre).

VII.2.7.5 Etablissements ICPE

Neufs établissements classés ICPE sont recensés à l'intérieur du périmètre retenu pour le PER de Sud-Soufrière (Tableau 17). Aucun n'a le statut SEVESO selon la base de données des installations classées.

VII.2.8 Bilan des émissions sonores

Les seules nuisances identifiées sont celles liées à la circulation routière. Faute de campagne de mesures acoustiques, il est difficile de les quantifier précisément. En dehors des axes de circulation, l'ambiance sonore ambiante peut être qualifiée de calme.

Avant tout projet, une campagne de mesures devra être réalisée pour évaluer le niveau sonore ambiant.

Conformément à l'article R1334-33 du décret n°2006-1099 du 31 août 2006 définissant les seuils réglementaires d'émergence sonore vis-à-vis des bruits de voisinage, les niveaux d'émergences autorisés dans les zones à émergence réglementée sont rappelés dans le Tableau 18.

Niveau de bruit ambiant existant dans les zones à émergence réglementée (incluant le bruit des installations)	Émergence admissible pour la période allant de 7h à 22h, sauf dimanches et jours	Émergence admissible pour la période allant de 22h à 7h, ainsi que les dimanches et jours fériés
inférieur à 45 dB(A)	6 dB(A)	4 dB(A)
supérieur à 45 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

Tableau 18 : Emergence admissible dans les zones à émergence règlementée en référence à l'article R1334-33 du décret n°2006-1099 du 31 août 2006.

VII.2.9 Paysage et Patrimoine

Les unités paysagères

Le paysage résulte de l'interaction continue entre les facteurs naturels et les activités humaines qui modèlent les territoires. Mais il est également associé à un ensemble de pratiques et d'usages, de valeurs et de représentations sociales. La prise en compte des paysages dans l'aménagement du territoire implique d'en comprendre les structures, d'en saisir les évolutions et les valeurs associées.

L'Atlas des paysages de l'archipel Guadeloupe a été édité en 2011 et conduit par la DEAL et le Conseil Régional. Il est composé de 5 tomes résultant de 3 années de travail et propose à travers 1 100 pages près de 1 900 photographies, 290 cartes et croquis qui permettent d'en faciliter son appropriation. Document de référence partagé par l'ensemble des acteurs du territoire, il a vocation à constituer un support pédagogique de connaissance sur les mécanismes de construction historique et les dynamiques d'évolution des paysages de l'archipel guadeloupéen.

Le périmètre du PER de Sud-Soufrière s'inscrit dans le Grand Ensemble paysager (GEP) du Sud Basse-Terre (Figure 59). Cet ensemble comprend plusieurs unités paysagères bien définies :

- Le plan incliné de la Capesterre ;
- Les terrasses du Sud (Trois Rivières et Gourbeyre) ;
- Les Monts Caraïbes (Vieux-Fort) ;
- Le plan incliné de la Basse-Terre.

Les **terrasses du Sud** sont l'unité qui serait a priori la plus concernée par des travaux d'exploration et d'exploitation d'une ressource géothermale. Cette unité présente un relief étagé lié à la structure géologique composée de coulées volcaniques épaisses superposées. Ces terrasses sont parfois perceptibles à travers les panoramas qu'elles offrent à leur limite, au niveau de la rupture de pente, sur le territoire de Trois-Rivières, sur les Monts Caraïbes et sur les Saintes.

Les principales rivières ont une orientation très directe depuis les sommets où elles prennent leur source (Citerne, Madeleine) vers la mer, sans grande influence du relief étagé. C'est la forte pente qui guide surtout leurs tracés. Elles sont peu ramifiées dans la pente du relief, alors qu'elles ont davantage de petits affluents dans la cuvette de Dolé ou sur le plateau de Moscou.

La RN1 est parallèle au littoral et perpendiculaire à la pente du relief. Elle dessert un réseau secondaire de routes départementales et communales qui lui sont perpendiculaires, en suivant le sens de la pente. Un ensemble de voiries tertiaires forme des barreaux entre ces routes, complétant un réseau viaire maillé irrégulier mais relativement dense, surtout au Sud de l'unité, au niveau du bourg et des principales sections.

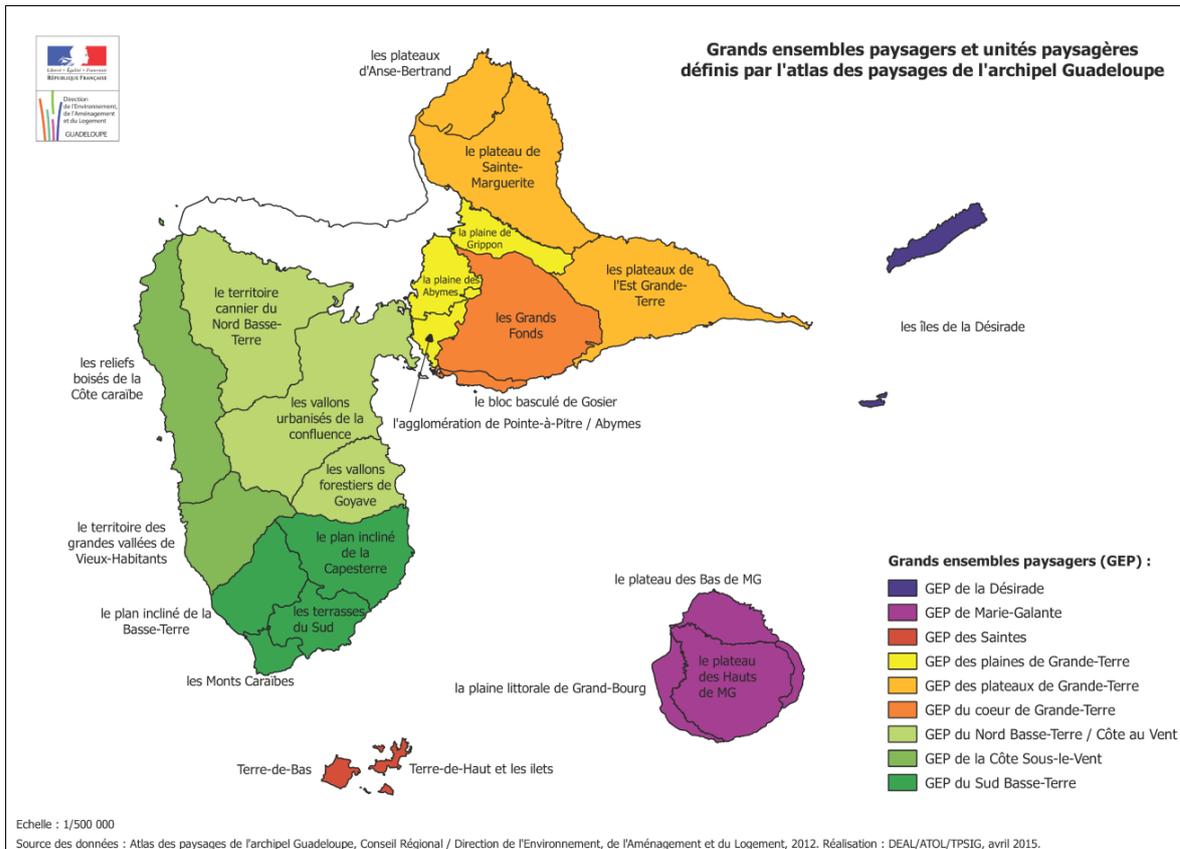


Figure 59 : Les grands ensembles paysagers et unités paysagères définis par l'Atlas des paysages de l'archipel Guadeloupe.

Les hauteurs de cette l'unité sont occupées par le plateau du Palmiste et le Plateau de Moscou. Le **plateau du Palmiste** correspond à une coulée massive et très épaisse de lave andésitique émanant du Morne Lenglet. Il en résulte un haut plateau qui domine l'Ouest de l'unité paysagère avec un escarpement brutal de plus de 100 m par endroit (correspondant à l'épaisseur de la coulée). Cette structure haute et abrupte donne une grande force au plateau du Palmiste dans les paysages des Terrasses du Sud, en confrontation visuelle directe avec les Monts Caraïbes. Il s'en distingue toutefois par un relief tabulaire largement anthropisé, surtout agricole (à la différence des mornes forestiers des Monts Caraïbes).

Le **plateau de Moscou** constitue une seconde séquence au sein de la structure paysagère du plateau, dans la continuité directe du Palmiste, sans dénivellation topographique entre les deux. L'originalité du plateau de Moscou tient à sa situation encaissée entre des reliefs marqués, proches et densément boisés (Morne Lenglet, Morne Graine Verte, Morne Joseph, Gros Fougas, la Madeleine, plateau de la Grande Chasse, flancs de la Citerne), contrairement au plateau du Palmiste qui se trouve en promontoire au-dessus de Dolé et Dugommier (Saint-Claude). De par son contexte encaissé, le plateau de Moscou est visuellement fermé au niveau de ses limites. L'impact paysager d'une éventuelle installation géothermique devrait donc être limité.

Cette unité a principalement une vocation agricole. Les parcelles agricoles sont surtout consacrées à la banane, parfois sur de grandes surfaces (la Regrettée). Cette monoculture actuelle est héritée d'une histoire agricole riche et diversifiée, marquée par une longue domination de la canne à sucre, supplantée par le café à la fin du 19e siècle en raison de sols trop riches en roches

pour la mécanisation des procédés cultureux. Après le cyclone de 1928, c'est la banane qui est replantée, perdurant jusqu'à ce jour. En 1960, la région de Trois-Rivières concentrait à elle seule plus du tiers des surfaces de bananes de l'archipel.

L'unité est très concernée par la perte de vitesse du secteur bananier, sur des parcelles plus petites et moins rentables que les grandes plantations de la région de Capesterre par exemple. Les parcelles sont souvent laissées en prairies d'élevage extensif. En-dehors de l'élevage, et sur des terres directement concernées par la pollution à la chlordécone, c'est surtout à travers la production de fleurs que s'est opérée la diversification agricole (Palmiste ...), même si c'est encore timide et très peu perceptible dans les paysages.

En résumé, les éléments paysagers qui caractérisent au mieux cette unité paysagère des terrasses du Sud sont :

- ✓ Un relief pentu, support de l'hydrographie et du réseau routier ;
- ✓ Des scénographies routières très contrastées ;
- ✓ Une urbanisation uniforme ;
- ✓ Une vocation agricole reléguée sur les hauteurs ;
- ✓ Un littoral sauvage surplombant le canal des Saintes et offrant des vues sur les Saintes ;
- ✓ Une ambiance fraîche et verdoyante ;
- ✓ Des sites historiques remarquables comme les Roches Gravées.

Aujourd'hui, les enjeux locaux en termes de paysages au niveau de l'unité sont :

- ✓ La progression de l'urbanisme à structurer ;
- ✓ Le devenir des terres agricoles touchées par la déprise bananière.

A l'opposé, l'unité paysagère du **plan incliné de la Capesterre** se caractérise par un relief doux de plan incliné, en pente régulière depuis le littoral jusqu'à la crête centrale de la Basse-Terre. Cette crête compte les plus hauts sommets de l'archipel (Matélie, Grand Sans-Toucher, Soufrière, Echelle, Citerne, Madeleine, etc.). Elle est donc visible par temps clair, presque de partout au sein de l'unité paysagère.

Cette unité est très agricole et assez peu mitée par l'urbanisation diffuse. La nature des cultures agricoles est en elle-même un élément identitaire de cette unité paysagère. Même si la banane est majoritaire, la canne à sucre vient largement équilibrer l'occupation agricole des sols. De petites prairies complètent la mosaïque agricole.

Dans les guides touristiques, cette unité paysagère est inévitablement associée au massif de la Soufrière, et plus particulièrement aux Chutes du Carbet, site emblématique par excellence de l'unité. Parallèlement à cet élément phare, les différents guides révèlent bien l'identité agricole de l'unité, aujourd'hui pôle majeur de la culture bananière. Est aussi citée la distillerie Longueteau, ancienne, et que certains ouvrages relient à l'identité cannière historique de Capesterre, au même titre que les vestiges de l'usine Marquisat. Parachevant ce tableau général relativement fidèle à la réalité paysagère de l'unité, les guides citent tous l'Allée Dumanoir, avec sa double rangée de palmiers royaux plantés aux alentours de 1850 (Figure 60) ; élément de paysage patrimonial ayant marqué les représentations collectives.

Aujourd'hui, les enjeux locaux en termes de paysages au niveau de cette unité sont :

- ✓ La préservation de l'identité agricole de l'unité paysagère ;
- ✓ La valorisation des sites touristiques ;
- ✓ La progression de l'urbanisation à maintenir sur des pôles concentrés.



Figure 60 : L'allée Dumanoir à Capesterre-Belle-Eau, élément important du patrimoine paysager de la Basse-Terre.

Sites classés

Ce sont des sites ou monuments naturels présentant un intérêt général du point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque :

- L'inscription concerne des sites méritant d'être protégés mais ne présentant pas un intérêt suffisant pour justifier leur classement. Elle peut aussi constituer une mesure conservatoire avant un classement ;
- Le classement est une mesure de protection renforcée par rapport à l'inscription, l'objectif étant la conservation ou la préservation d'espaces naturels ou bâtis présentant un intérêt certain au regard des critères prévus par la loi. Sauf autorisation spéciale, la réalisation de tous travaux tendant à modifier l'aspect du site est interdit.

Un seul site classé est répertorié à l'intérieur du PER de Sud-Soufrière (Figure 61). Il s'agit du Parc archéologique des Roches Gravées à Trois-Rivières qui a été classé Monument Historique en 1974.

Ce site n'est a priori pas concerné par un éventuel projet géothermique.

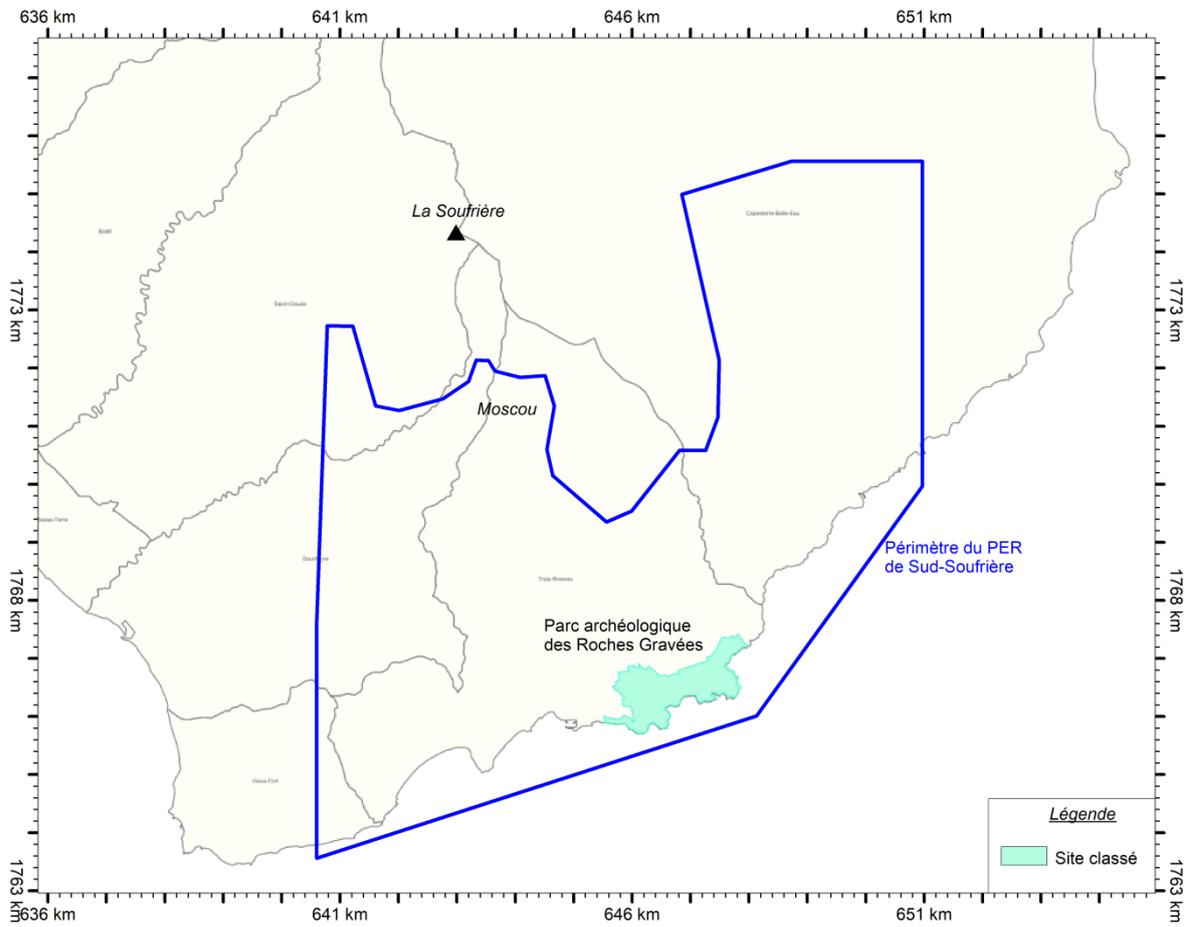


Figure 61 : Localisation du site classé répertorié à l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière.

VII.3. JUSTIFICATION/PERTINENCE D'UN PROJET DE DEVELOPPEMENT GEOTHERMIQUE EN GUADELOUPE

VII.3.1 Adéquation avec les politiques énergétiques locales et nationales

Le projet de la société ALBIOMA visant à développer l'exploitation de la ressource géothermique en Guadeloupe pour la production d'électricité à travers la réalisation d'un programme d'exploration est en parfaite adéquation avec les objectifs généraux de la **Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte**, et en particulier avec les deux articles suivants :

Article 203 -I

L'État, les collectivités territoriales et les entreprises prennent en compte les spécificités des zones non interconnectées au réseau métropolitain continental, notamment l'importance des économies d'énergie et du développement des énergies renouvelables, afin de contribuer à l'approvisionnement en électricité de toutes les populations, à sa sécurité, à la compétitivité des entreprises, au pouvoir d'achat des consommateurs et à l'atteinte des objectifs énergétiques de la France.

Article 215

Une stratégie nationale de développement de la filière géothermie dans les départements d'outre-mer est élaborée. Cette stratégie identifie notamment les moyens nécessaires au soutien de la recherche et du développement dans les techniques d'exploration et dans le lancement de projets industriels, ainsi que les moyens à mettre en œuvre pour le soutien à l'exportation des entreprises de la filière géothermie.

Au niveau régional, ce projet de développement géothermique est également en phase avec les objectifs de la **Programmation Pluriannuelle de l'Énergie** (PPE) de Guadeloupe 2019-2023/2024-2028. La PPE prévoit d'augmenter de façon importante la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité. En ce qui concerne la géothermie, la PPE prévoit de multiplier par cinq la puissance actuelle de 14,5 MWe pour atteindre **78 MWe** en 2028.

Dans le Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE) de Guadeloupe qui a été adopté en 2012, il est prévu une augmentation de la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité venant en substitution des sources d'énergies fossiles afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Scénario PRERURE	2011	2020		2030	
		MW	% production	MW	% production
Géothermie	15 MW	45	18%	85	34%
Biomasse	11 éqMW	27	12%	32	13%
Eolien	27 MW	66	7%	86	9%
PV	54 MW	90	7%	124	9%
Hydroélectricité	9,4 MW	14	2%	19	2%
Biogaz et déchets	0,2 MW	16	6%	16	6%
Nouvelle EnR	-	1	0%	11	4%
Total EnR % demande	-	-	52%	-	78%

Tableau 19 : Prévisions du PRERURE 2012 concernant le développement des sources d'énergies renouvelables dans la production d'électricité en Guadeloupe.

VII.3.2 Intérêt économique et stratégique d'un projet de géothermie

L'atout principal d'une seconde exploitation géothermique en Guadeloupe (accompagnant celle de Bouillante) est qu'elle offre une source d'énergie locale, décarbonée et non délocalisable.

Les carburants fossiles constituent actuellement la principale énergie primaire utilisée en Guadeloupe, que ce soit pour les transports, mais également pour la production d'électricité. La Guadeloupe offre pourtant de fortes potentialités en matière d'énergies renouvelables de part notamment son ensoleillement, ses conditions de vents, sa proximité maritime ou bien encore son contexte volcanique. Autant de ressources qu'il conviendra de mettre en œuvre pour atteindre l'objectif d'autonomie énergétique que la région s'est fixée.

Un second projet géothermique en Guadeloupe permettrait ainsi de réduire la dépendance de l'île aux énergies fossiles et de maîtriser le coût de production de l'électricité en s'affranchissant partiellement des fluctuations des prix des énergies fossiles.

VII.3.3 Bénéfice environnemental

La dépendance énergétique de la Guadeloupe se traduit par un niveau d'émission de Gaz à Effet de Serre (GES) important. La première source d'émission de CO₂ est la production d'électricité due à la combustion de produits pétroliers. Le transport est le deuxième secteur le plus contributeur.

Afin de réduire cette dépendance et les émissions de CO₂ associées, il est nécessaire de maîtriser la production et les consommations d'énergies fossiles tout en tenant compte de la préservation écologique (pollution des sols, respect des biotopes et écosystèmes, gestion des terres rares, etc.). Pour cela, la Guadeloupe doit notamment développer la production d'énergies renouvelables dont la géothermie.

VII.3.4 Développement local et retombées financières

Le développement local et les retombées financières d'une centrale géothermique peuvent être appréhendés en prenant comme référence la centrale géothermique de Bouillante en Guadeloupe. Cette centrale est le principal pôle d'activité industrielle de la commune de Bouillante (Guadeloupe). A ce titre, elle contribue à différents niveaux à l'économie locale, à l'instar de ce qui pourrait être envisagé au niveau du PER de Sud-Soufrière.

L'équipe d'exploitation est composée d'une vingtaine d'employés permanents, dont la majeure partie habite la commune ou les communes voisines de la centrale.

La centrale génère également une activité de maintenance qui donne lieu à de nombreuses sous-traitances principalement auprès de sociétés locales. Le montant annuel de ces travaux est estimé à plusieurs millions d'euros.

En lien avec les activités d'exploitation et de maintenance, la centrale géothermique génère des activités au niveau des services (restauration, hôtellerie, commerces divers). Elle sponsorise également un certain nombre de manifestations sportives et culturelles au niveau de la commune. Le montant annuel de ces retombées indirectes pour cette centrale est évalué à 250-300 k€.

Une centrale géothermique représente également un attrait touristique pour une commune ou une collectivité de communes dont les retombées sont difficiles à chiffrer mais indéniables. Régulièrement, des groupes de visiteurs bénéficient de visites encadrées de la centrale de Bouillante et des manifestations hydrothermales (sources chaudes).

Une centrale géothermique peut jouer également un rôle important dans la formation des jeunes techniciens et ingénieurs locaux, en accueillant des stagiaires tout au long de l'année sur des thématiques techniques variées.



Figure 62 : Photographie aérienne de l'usine géothermique implantée dans le bourg de Bouillante avec l'unité Bouillante 1 (bâtiment de gauche) et l'unité Bouillante 2 (bâtiment de droite).

VII.4. PRESENTATION DES TRAVAUX ENVISAGES

VII.4.1 Introduction

Cette demande de Permis Exclusif de Recherche en Guadeloupe s'inscrit dans le cadre d'un projet de développement géothermique visant à explorer la ressource géothermale potentielle dans la région Sud-Soufrière.

En cas de succès de l'exploration de surface, ALBIOMA envisage de forer des puits d'exploration pour confirmer la ressource puis de construire une centrale géothermique dédiée à la production d'électricité. Cette dernière activité se déroulerait dans le cadre d'une concession de gîtes géothermiques qui serait octroyée à ALBIOMA.

VII.4.2 Rappel des travaux d'exploration envisagés dans le cadre du PER de Sud-Soufrière

Les travaux d'exploration qui sont envisagés dans le cadre du PER ont été décrits dans la 4^{ème} partie de ce document et sont juste résumés ici.

Il est d'abord prévu de réaliser des campagnes d'exploration de surface mettant en œuvre des méthodes géologiques, géochimiques et géophysiques. La durée de cette phase est de 9 mois.

En cas de résultats positifs de l'exploration de surface, il est prévu de réaliser une étude de préfaisabilité (1,5 an) destinée à préparer un programme de forage. L'implantation précise des puits n'est pas encore arrêtée mais ils devraient être implantés préférentiellement dans la zone de Moscou.

Une ou plusieurs plateformes de forages seront préparées. Leur surface sera comprise entre 2000 et 5000 m² selon l'encombrement de la machine de forage et de ses auxiliaires. Si nécessaire, une voie d'accès sera aménagée.

La durée maximale prévisible des travaux de forage et de tests des puits est de l'ordre de 6 mois (voir le planning Figure 27 page 66).

Une fois les travaux de forage et de tests terminés, la ou les plateformes seront nettoyées. Si les puits sont conservés, ils seront équipés d'une tête de puits avec des vannes maitresses pour assurer leur fermeture. La ou les plateformes seront maintenues et clôturées.

Si la décision d'abandonner les puits est prise, ils seront bouchés dans les règles de l'art. La ou les plateformes seront démantelées et remises à l'état initial.

VII.4.3 Aperçu des travaux ultérieurs de construction et d'exploitation d'une centrale géothermique

En cas de résultats positifs des forages d'exploration, le projet de développement géothermique devrait se poursuivre à travers une étude de faisabilité (Phase 5) puis la construction d'une centrale. Le Tableau 2 récapitule le déroulement des grandes phases du projet jusqu'à la mise en exploitation d'une future centrale. Ces phases seront :

- Phase 5 : Etude de faisabilité
- Phase 6 : Développement du champ
- Phase 7 : Construction de la future centrale
- Phases 8 et 9 : essais, mise en service et exploitation de la centrale.

VII.4.3.1 Phase 5 : Etude de faisabilité

Cette phase sera dédiée à l'étude et la conception de la future exploitation géothermique. Elle abordera à la fois les aspects sous-sol et surface. Elle définira le nombre et l'implantation des puits d'exploitation (production et injection) et éventuellement des puits de surveillance piézométrique du réservoir. Elle examinera les trajets possibles des conduites de transport et le positionnement des stations de séparation. Elle décidera de la technologie retenue pour la centrale et de sa capacité de production. Elle examinera les implantations possibles pour la centrale en fonction des différentes contraintes techniques et environnementales. Elle assurera la maîtrise foncière des terrains retenus pour implanter les différents ensembles (puits, conduites, centrales). Elle examinera la connexion au réseau électrique. Elle évaluera le coût global du projet et sa rentabilité économique.

Elle produira une étude d'impact de l'ensemble du projet. L'implantation des différents ensembles sera examinée en détail et optimisée de façon à limiter au maximum les impacts environnementaux. Les choix techniques privilégieront les processus et technologies offrant les meilleures perspectives en termes d'intégration environnementale.

En lien avec l'étude d'impact, les actions de concertation avec les parties prenantes du projet (population, autorités locales et régionales, administrations) seront poursuivies pour s'assurer de l'acceptabilité du projet et de sa conformité avec l'ensemble des réglementations et planifications territoriales existantes.

Règlementairement, la réalisation de nouveaux forages ainsi que la construction et l'exploitation de cette future centrale nécessiteront au préalable le dépôt de demandes d'autorisation d'ouverture de travaux miniers (DAOTM) et l'obtention d'arrêtés préfectoraux autorisant et encadrant ces travaux. Ces dossiers seront préparés au cours de l'étude de faisabilité.

Une demande d'octroi de concession de gîtes géothermiques sera également préparée.

La durée de cette phase est de l'ordre de 1 an.

VII.4.3.2 Phase 6 : Développement du champ

Dans la nomenclature des projets de géothermie pour la production d'électricité, cette phase correspond au forage des puits nécessaires pour assurer les besoins en fluides de la future centrale et leur réinjection dans le réservoir. Elle inclut également les tests de puits et essais de production.

Les chantiers de travaux seront similaires à ceux des forages d'exploration. Le dimensionnement des infrastructures, la durée des travaux et les impacts environnementaux pourront cependant être majorés dans la mesure où les puits seront forés en grand diamètre et qu'ils pourront être plus profonds et directionnels. Une même plateforme peut accueillir plusieurs puits directionnels et limiter ainsi l'impact environnemental du projet.

Les principaux travaux envisagés sont :

- Le réaménagement de plateformes existantes et/ou la construction de nouvelles plateformes et de leur voie d'accès ;
- Les opérations de forage des puits ;
- Les opérations de test de puits et d'essais de production ;
- L'équipement des têtes de puits ;

- Le nettoyage des plateformes ; le tri, recyclage et traitement des déchets ; l'aménagement paysager et la clôture des plateformes.

La durée de cette phase est de l'ordre de 1 à 2 ans en fonction du nombre de puits à forer.

VII.4.3.3 Phase 7 : Construction de la centrale

Cette phase démarre normalement lorsque les résultats des tests et des essais de production des puits ont confirmé la capacité de production et de réinjection. Elle peut toutefois anticiper la fin des travaux de forage.

Cette phase comportera plusieurs chantiers de construction notables :

- La construction de la voie d'accès et de la plateforme sur laquelle sera construite la centrale ;
- La construction de la centrale et de ses auxiliaires ;
- La construction du réseau de transport des fluides et des stations de séparation ;
- La construction de la ligne électrique qui raccordera la centrale au réseau EDF.

Lors de l'étude d'impact, l'implantation de ces différents chantiers sera analysée de façon détaillée et optimisée de façon à limiter les impacts environnementaux.

La durée de cette phase est de l'ordre 1 à 2 ans selon la taille de la centrale et l'importance du réseau de transport des fluides. Les puits de production et de réinjection peuvent être situés à proximité de la centrale et limiter ainsi les impacts environnementaux.

VII.4.3.4 Phases 8 et 9 : Mise en service et exploitation de la centrale

Les modes opératoires de la future centrale ne sont pas encore appréhendés. Ils seront largement dépendants du type de turbine qui sera retenu (turbine à vapeur conventionnelle ou turbine à cycle de Rankine).

Deux choix techniques en particulier auront une incidence sur ces modes opératoires et sur les impacts environnementaux de l'exploitation. Il s'agit tout d'abord du système de refroidissement et de condensation de la vapeur. Plusieurs systèmes sont disponibles (tours de réfrigération, aéroréfrigérants, échangeur à eau) avec leurs avantages et leurs inconvénients en matière d'intégration environnementale. L'autre choix technique concernera la gestion des gaz incondensables présents dans la phase vapeur. Ces gaz contiennent une fraction d'hydrogène sulfuré (H₂S) et leur émission à l'atmosphère peut être à l'origine d'impacts sur le milieu naturel et sur la santé. Plusieurs solutions existent pour limiter ces impacts (dilution au niveau de la tour de réfrigération, réinjection dans le réservoir...).

Les débits de fluides qui seront prélevés et réinjectés dans le réservoir sont encore inconnus.

Ces différents points seront traités lors de l'étude de faisabilité et leurs incidences sur l'environnement seront analysées dans le cadre de l'étude d'impact.

VII.5. LES IMPACTS POTENTIELS DES CAMPAGNES D'EXPLORATION DE SURFACE AU NIVEAU DU PER DE SUD-SOUFRIERE

Les campagnes d'exploration de surface mettront en œuvre des méthodes géologiques, géochimiques et géophysiques. Leurs impacts potentiels sur le milieu naturel sont résumés ci-après.

Prospection géologique

La prospection géologique consiste à parcourir la superficie du PER pour l'observation directe des affleurements visibles et la prise d'échantillons géologiques. Les déplacements se font à pied et en voiture. Les déplacements en voiture emprunteront le réseau routier ou les chemins existants.

La prise d'échantillons concerne des volumes de moins de 10 dcm³ (échantillon de 20x20x20 cm maximum) et a donc un impact négligeable. Il sera veillé à déranger le moins possible la flore et la faune locales au cours des déplacements et des prises d'échantillons.

Prospection géochimique

La prospection géochimique des eaux 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. Ces prélèvements ont donc un impact nul sur les ressources en eau. Les échantillonnages de gaz correspondent au prélèvement de la partie gazeuse des eaux de source qui se dilue habituellement dans l'atmosphère. Comme pour la reconnaissance géologique, l'accès aux sources se fera à pied ou en véhicule, et veillera à déranger au minimum la flore et la faune locales.

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. Les gaz des sols sont libérés naturellement dans l'atmosphère ambiante. Là encore, l'impact sur l'environnement est nul. Comme pour les reconnaissances géologiques et géochimiques, l'accès aux différents sites de prélèvement se fera à pied ou en véhicule et veillera à déranger au minimum la flore et la faune locales en respectant autant que possible les axes de déplacements existants : routes, chemins carrossables, sentiers et chemins de randonnée.

Prospection géophysique (méthode magnétotellurique)

La méthode magnétotellurique (MT) est une technique de mesure géophysique passive qui utilise le champ électromagnétique naturel de la Terre pour déterminer la distribution de la résistivité dans le sous-sol sur plusieurs kilomètres de profondeur. La mise en œuvre de la MT sur le terrain se déroule en plusieurs étapes :

- Repérage des sites de mesure en fonction de plusieurs critères : horizontalité, dégagement pour avoir une bonne couverture GPS, éloignement des sources électromagnétiques d'origine anthropique (habitations, routes, réseaux aériens ou souterrains) et dans une moindre mesure l'accessibilité par la route (le matériel est relativement lourd mais peut être transporté à dos d'homme) ;

- Déploiement de 4 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 (une boue parfaitement inerte) pour améliorer la conductivité électrique dans les terrains très perméables où l'eau ne stagne pas. Ces trous sont environs de 20 cm de diamètre. Enfin, 3 capteurs magnétiques d'environ 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 24h à 48h 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.

Là encore, l'impact environnemental est très limité et se résume à la réalisation de trous dans le sol de faible diamètre qui sont ensuite rebouchés. Localement, la végétation peut être aplatie pour le passage des câbles. Un défrichage herbeux peut même être parfois nécessaire. Cependant, aucun arbre ou arbuste n'est abattu.

S'agissant d'une mesure passive du champ électromagnétique terrestre naturel, aucune injection de courant dans le sol n'est réalisée.

Comme pour les autres investigations, l'accès aux différents sites de mesure se fera à pied ou en véhicule, et veillera à déranger au minimum la flore et la faune locales en utilisant autant que possible les axes de déplacements existants.

VII.6. LES IMPACTS POTENTIELS D'UN PROGRAMME DE FORAGE D'EXPLORATION AU NIVEAU DU PER DE SUD-SOUFRIERE

VII.6.1 Introduction

La présentation qui suit aborde les principaux impacts attendus d'un programme de forage d'exploration sur le PER de Sud-Soufrière. Elle ne remplace en aucun cas l'Etude d'Impact qui traitera de façon détaillée ces impacts et qui sera réalisée dans le cadre d'une future Demande d'Autorisation d'Ouverture de Travaux Miniers (DAOTM).

Ces impacts potentiels et les mesures préventives envisagées sont présentés de façon générale dans la mesure où l'implantation précise des travaux n'est pas encore arrêtée. Toutefois, ils devraient s'inscrire préférentiellement au niveau du secteur de Moscou.

Ces impacts et mesures sont décrits à l'échelle d'une plateforme de forage et pour les opérations de forage d'un puits. Ils sont extrapolables à plusieurs plateformes et à plusieurs puits.

Les impacts sont abordés dans l'ordre suivant :

1. Impacts visuels et sur les paysages
2. Impacts sur le milieu naturel terrestre
3. Impacts sur le sol
4. Impacts sur les eaux de surface
5. Impacts sur les eaux souterraines
6. Impacts sur les ressources en eau
7. Impacts sur le milieu marin
8. Impacts sur la qualité de l'air
9. Nuisances sonores
10. Impacts sur la sécurité des personnes
11. Impacts sur les risques naturels
12. Impacts sur la circulation routière
13. Impacts des déchets et effluents
14. Impacts sur le patrimoine culturel
15. Impacts sur les activités économiques locales
16. Retombées des travaux sur l'économie locale
17. Le devenir des sites de forage à la fin des travaux

VII.6.2 Impacts visuels et sur les paysages

La plateforme de forage requiert une surface de l'ordre de 2000 à 5000 m² selon la taille de la machine. Sa préparation (terrassements, empierrement, dalle de béton, clôture) va la rendre plus visible par rapport aux parcelles environnantes. La création éventuelle d'une voie d'accès est également susceptible de modifier le paysage.

Le mât de forage constituera un marqueur visuel en raison de sa hauteur (20 à 30 mètres).

Pour des raisons de sécurité, le chantier sera éclairé la nuit. Cet éclairage pourra être visible en vision proximale ou distale selon le site.

Les phases de dégorgeement de puits et de test de production de courte durée des puits avec la décharge du fluide géothermal dans un séparateur atmosphérique donneront lieu à un panache de vapeur au-dessus du séparateur.

Mesures envisagées

La recherche de sites d'implantation favorables (à proximité de zone boisée ou de relief) permettant de dissimuler partiellement la plateforme et sa voie d'accès sera privilégiée tout en restant compatible avec l'atteinte de la cible profonde.

La clôture du chantier sera conçue pour s'intégrer au mieux au paysage.

La longueur de la voie d'accès nouvellement créée sera minimisée au possible.

Hormis la signalisation du mat par un fanal obligatoire, l'installation lumineuse pour le travail de nuit sera dirigée systématiquement vers l'intérieur du site et centrée essentiellement sur le plancher de la machine de forage, afin de minimiser la pollution lumineuse.

Les impacts visuels du panache de vapeur lors du dégorgeement du puits et lors de l'essai de production sont temporaires et limités dans le temps.

A la fin des travaux, si le puits et la plateforme sont conservés, la plateforme sera revégétalisée le plus possible afin de faciliter son intégration dans le paysage.

VII.6.3 Impacts sur le milieu naturel terrestre

VII.6.3.1 Impacts sur la flore

L'aménagement de la plateforme de forage nécessitera de terrasser et éventuellement de défricher une surface de l'ordre de 2000 à 5 000 m² ; ce qui aura pour résultat de détruire des espèces végétales et les biotopes des espèces animales présentes.

Les émissions temporaires de gaz H₂S lors de l'essai de production de courte durée à la fin du forage pourraient entraîner des nécroses foliaires au niveau des arbres autour de la plateforme.

VII.6.3.2 Impacts sur la faune

Lors de l'aménagement de la plateforme et de sa voie d'accès :

- ✓ Le défrichage et le terrassement de la plateforme entraîneront la destruction de biotopes ;
- ✓ La circulation des engins entraînera des nuisances sonores qui éloigneront temporairement certaines espèces et perturberont la nidification.

Pendant les travaux de forage :

- ✓ Les nuisances sonores du chantier qui fonctionnera 24hx24h éloigneront temporairement certaines espèces et perturberont la nidification ;
- ✓ Les nuisances lumineuses du chantier pourront également perturber et chasser la faune vers un habitat naturel moins perturbé ;
- ✓ La présence de déchets pourra attirer une faune de nuisibles (rats...) ;
- ✓ Une pollution des eaux superficielles en lien avec des rejets du chantier pourrait entraîner la mortalité de certaines espèces vivant dans le sol ;
- ✓ La présence de bassin de stockage des boues de forage et du fluide géothermal pourra être une source d'intoxication potentielle pour la faune.

Pendant l'essai de production à la fin des travaux :

- ✓ Les émissions temporaires de gaz H₂S lors de l'essai de production de courte durée à la fin du forage pourraient altérer la qualité de l'air et éloigner de façon temporaire les espèces animales.

Toutefois, les effets du chantier de forage sur la faune seront probablement limités pour les raisons suivantes :

- ✓ Il s'agit de travaux temporaires;
- ✓ Les impacts seront limités au site de la plate-forme et de sa voie d'accès et leurs environs immédiats ;
- ✓ La faune (en particulier les oiseaux) aura la possibilité de trouver refuge dans la forêt à proximité ;
- ✓ La surface concernée sera limitée et la destruction locale de biotopes ne devrait donc pas avoir un impact significatif sur la biodiversité.

VII.6.3.3 Mesures envisagées

Mesures d'évitement

Une étude d'impact sera réalisée préalablement à tous travaux pour identifier les espèces présentes et notamment les espèces protégées.

L'emplacement des plateformes de forage sera choisi pour éviter au maximum le défrichage.

Les mesures nécessaires seront prises pour éviter la pollution des sols et eaux de surface et préserver la faune et la flore qu'ils renferment (réseau de collecte des eaux pluviales équipé de dispositif déshuileur/desableur, bassins de stockage des fluides et effluents étanches, stockage des produits chimiques sur des bacs de rétention...).

Le site sera maintenu propre et les déchets seront enlevés régulièrement pour ne pas attirer d'espèces nuisibles.

La plateforme sera clôturée afin de constituer un frein à l'intrusion d'espèces nuisibles.

Mesures de réduction

Si nécessaire, le défrichage sera limité au strict minimum et soumis à l'avis d'un expert flore. Par ailleurs, des dossiers de demande de défrichage et, si besoin, de demande de dérogation pour destruction d'espèces protégées seront déposés auprès de la DEAL Guadeloupe.

Le défrichage sera manuel et progressif pour limiter le stress de la faune.

Le défrichage sera effectué de préférence pendant la période de moindre activité reproductrice (août à février pour la plupart des espèces).

Le bruit des engins et machines sera maîtrisé pour ne pas trop perturber la faune et limiter son éloignement. Seuls les matériels homologués seront utilisés. Les appareils électriques ou hydrauliques seront préférés aux matériels pneumatiques. Les activités les plus bruyantes seront dans la mesure du possible effectuées en période diurne.

L'éclairage de la plateforme sera adapté pour limiter la pollution lumineuse qui impacte certains oiseaux et chiroptères (éclairage bas tourné vers l'intérieur du site et privilégiant les lampes au sodium à basse pression).

Mesures de compensation

Les aménagements paysagers sur le pourtour de la plateforme privilégieront les espèces végétales locales et sauvages. Ils auront pour ambition de restaurer la strate arbustive de sous-bois et les espèces qui la fréquentent, impactées par le défrichement.

Les terres arables seront séparées du sol stérile et conservées séparément pour être réutilisées lors de la remise en état du site.

VII.6.4 Impact sur le sol

L'aménagement de la plateforme de forage (terrassements, déblaiements au niveau du bassin (bourbier) et de la cave du puits, mise en place d'une semelle en béton imperméable, passages d'engins lourds sur le chemin d'accès...) correspond à un changement de fonction et d'usage du sol et à ce titre est à l'origine d'impacts dont les plus importants seront l'artificialisation et l'imperméabilisation du sol.

Il existe également un risque de pollution du sol par déversement d'hydrocarbures ou autres produits chimiques. Ce point sera traité plus loin.

Mesures préventives

Les mesures nécessaires seront prises pour éviter l'érosion du sol et le ravinement par les pluies.

Mesures préventives en cas d'abandon du puits et de la plateforme à la fin des travaux

Tous les produits et déchets stockés sur la plateforme seront triés et dirigés vers des centres de traitement ou de recyclage selon leur nature.

Tous les équipements présents seront démontés. Les éléments métalliques présents (conduite, vannes, séparateur...) seront triés et dirigés vers un centre de recyclage. Les gravats seront évacués vers un centre agréé.

Le bassin bétonné (bourbier) sera démoli et comblé ; les parties bétonnées de la plateforme seront démolies ; les gravats seront dirigés vers un centre agréé.

L'ensemble de la plateforme sera revégétalisé avec des espèces locales et sauvages afin de restaurer la biodiversité. Une attention particulière sera portée à la revégétalisation des éventuels talus pour prévenir les ravinements.

VII.6.5 Impacts sur les eaux de surface

Lors des différentes étapes des travaux de forage (installation, forage, démantèlement), les activités de chantier sont susceptibles de donner lieu à :

- ✓ Des déversements accidentels d'hydrocarbures (huiles de vidange, graisses, fuel...) et autres produits chimiques courants sur un chantier industriel;
- ✓ Des déversements accidentels de la boue de forage lors de la foration ;
- ✓ Des déversements accidentels du fluide géothermal lors de l'essai de production de courte durée du puits.

Ces déversements accidentels sont susceptibles d'entraîner la pollution des eaux de surface et des sols au niveau de la plateforme de forage.

Mesures d'évitement

Le stockage des hydrocarbures et des produits chimiques sur la plateforme se fera au-dessus de bacs de rétention en conformité avec la réglementation pour éviter toute pollution par suintement ou déversement.

Une semelle en béton imperméable sera mise en place là où il y aura des risques de pollution du sol par des effluents.

La boue de forage sera utilisée en circuit fermé. Les déblais ou « cuttings » sont séparés de la boue remontant du puits, et cette dernière est pompée dans le puits après adaptation de sa composition. En cas de changement de la boue de forage (modification significative de sa composition pour s'adapter aux couches géologiques traversées), celle-ci est déshydratée dans un appareil de traitement spécifique et évacuée en dehors de la plate-forme sous forme solide vers un centre de stockage agréé.

Des bassins étanches (bourbiers) seront construits et des bacs étanches seront utilisés pour stocker les fluides et matériaux de forage (fluide de forage, déblais de forage, effluents divers).

Les déchets liquides et solides qui seront produits pendant et à la fin des forages seront évacués vers des centres de traitement ou des décharges agréées.

Mesures de réduction

Un réseau de collecte des eaux de ruissellement comprenant des dispositifs déboureur-déshuileur sera mis en place sur et autour de la plateforme pour traiter ces eaux avant leur rejet au milieu naturel ; les polluants étant transféré vers un centre de traitement.

Les eaux usées produites pour les besoins sanitaires durant les travaux seront collectées et traitées selon les réglementations en vigueur.

Le fluide géothermal qui sera déchargé lors de l'essai de production sera stocké dans des bassins étanches sur la plateforme. Si ses caractéristiques physico-chimiques le permettent, il pourra être rejeté dans le milieu naturel après traitement et refroidissement éventuel. Sinon, il sera réinjecté dans le puits.

VII.6.6 Impacts sur les eaux souterraines

Lors de la foration du puits, les aquifères superficiels présents et offrant une ressource en eau exploitable sont susceptibles d'être contaminés par le fluide de forage ou par des remontées de fluide géothermal.

Ces aquifères sont également susceptibles d'être pollués par des infiltrations de fluides et produits pollués depuis la surface.

Mesures d'évitement

Pendant la foration, un contrôle en continu des volumes de boue de forage perdus dans la formation, des venues d'eau dans les puits et des paramètres de la boue de forage seront effectués pour détecter l'intrusion de la boue de forage dans les aquifères traversés et ajuster en conséquence sa rhéologie.

Les puits seront équipés de plusieurs tubages cimentés sur toute leur hauteur qui constitueront des barrières étanches et qui les isoleront parfaitement des aquifères superficiels.

En cas d'abandon des puits, la mise en place de bouchons de ciment conformément à la réglementation isolera parfaitement le réservoir géothermal profond des aquifères superficiels.

Les huiles, lubrifiants, produits chimiques, seront stockés de façon appropriée dans des bacs de rétention pour éviter toute pollution des aquifères superficiels par suintement ou déversement.

Mesures de réduction

Les eaux pluviales des plateformes de forage seront drainées et évacuées vers des dispositifs déboureur-déshuileur avant leur rejet dans le milieu naturel.

Le fluide géothermal qui sera déchargé lors de l'essai de production sera stocké dans des bassins étanches sur la plateforme. Si ses caractéristiques physico-chimiques le permettent, il pourra être rejeté dans le milieu naturel après traitement et refroidissement éventuel. Sinon, il sera réinjecté dans le puits.

VII.6.7 Impacts sur les ressources en eau

Le fluide de forage utilisé sera une boue à base d'eau et de bentonite qui nécessitera des volumes d'eau assez importants pour sa préparation. La traversée des zones de pertes qui pourraient être rencontrées en cours de forage (où le fluide de forage se disperse dans la formation) nécessitent également d'avoir une alimentation en eau importante du chantier. Il en est de même pour la lutte anti-incendie et les besoins sanitaires.

Au niveau du PER de Sud-Soufrière, l'alimentation en eau du chantier de forage risque d'être une contrainte majeure. Plusieurs alternatives sont envisageables :

- ✓ Prélèvement dans le réseau d'adduction d'eau ;
- ✓ Prélèvement en rivière ;
- ✓ Prélèvement en puits existant ou foré spécialement pour le chantier.

Le réseau d'adduction d'eau sera sollicité uniquement lorsque les besoins du forage seront faibles (5 à 10 m³/h) et pour les besoins en eau potable et eau sanitaire du chantier, évalués à quelques mètres cubes par jour.

Lorsque le forage rencontrera des zones perméables, les pertes dans le terrain pourront s'élever à plusieurs dizaines de m³/h. Pour couvrir ces besoins en eau importants, il est envisagé de recourir au pompage en puits ou au pompage en rivière (si le chantier se trouve à proximité d'une rivière pérenne).

Mesures préventives

Les travaux de forage participeront à la gestion économe de la ressource en eau potable dans la mesure où les besoins importants en eau lors de certaines phases de forage seront assurés par des prélèvements en puits ou en rivière. Dans ce dernier cas, les volumes prélevés seront adaptés au débit du cours d'eau ou à la capacité de l'aquifère.

VII.6.8 Impacts sur le milieu marin

Les travaux de forage sont peu susceptibles d'avoir un impact sur le milieu marin dans la mesure où ils sont a priori situés à distance du rivage. Les principaux impacts identifiés sont des déversements de fluides par l'intermédiaire d'un cours d'eau, avec :

- ✓ Des déversements accidentels d'hydrocarbures (huiles de vidange, graisses, fuel...) et autres produits chimiques;
- ✓ Des déversements accidentels de la boue de forage lors de la foration ;

- ✓ Des déversements accidentels du fluide géothermal lors de l'essai de production de courte durée du puits.

Le déversement en mer d'eaux pluviales contaminées par des matières solides (sédiments) ou des polluants est également à prendre en compte.

Ces déversements accidentels sont susceptibles d'entraîner la pollution des eaux marines et affecter la flore et la faune marines.

Mesures d'évitement

Identiques à celles mises en place pour prévenir les impacts sur les eaux de surface (cf. § VII.6.5).

Mesures de réduction

Identiques à celles mises en place pour prévenir les impacts sur les eaux de surface (cf. § VII.6.5).

VII.6.9 Impacts sur la qualité de l'air

Les émissions atmosphériques susceptibles d'altérer la qualité de l'air au niveau du chantier de forage sont les suivantes :

- Les émissions de poussières ;
- Les émissions de gaz d'échappement;
- Les émissions de gaz présents dans le fluide géothermal.

VII.6.9.1 Les émissions de poussières

Les poussières sont générées par la circulation des engins de chantiers sur les voies d'accès et la plate-forme à tous les stades des travaux : génie civil, forage, remise en état. Ces envols de poussières seront tributaires des conditions météorologiques : un temps calme et pluvieux sera plus favorable qu'un temps sec et venteux.

Mesure d'évitement

Pour limiter l'émission et la dispersion des poussières au niveau des habitations environnantes, un arrosage de la plate-forme de forage sera réalisé lors des périodes sèches et ventées.

Mesure de réduction

Autant que possible, les sols mis à nu seront revégétalisés.

VII.6.9.2 Les émissions de gaz d'échappement

Les émissions de gaz d'échappement concerneront les moteurs thermiques (engins de chantier, groupes électrogènes alimentant l'appareil de forage). Les gaz émis seront essentiellement du gaz carbonique CO₂, du monoxyde de carbone CO, du dioxyde d'azote NO₂, de l'ozone O₃ et des poussières (suie de diesel). Les émissions et les rejets gazeux resteront toutefois temporaires et négligeables par rapport aux émissions générées par la circulation automobile. Par ailleurs, il convient de signaler qu'aucun obstacle ne viendra entraver la libre circulation de l'air au niveau des échappements et ne créera de phénomène de confinement.

Mesure d'évitement

Les engins de chantier répondront à la réglementation en vigueur concernant les émissions de gaz d'échappement.

Mesures de réduction

Ces émanations se dispersent généralement dans un rayon d'action relativement faible. Dans la mesure du possible, le chantier de forage sera implanté en fonction de la direction principale des vents pour éviter d'être « au vent » des habitations avoisinantes le cas échéant.

VII.6.9.3 Les émissions de gaz géothermaux

Le fluide géothermal contient habituellement des gaz incondensables qui sont dissous au niveau du réservoir. Lorsque ce fluide est déchargé à l'atmosphère et se vaporise partiellement, ces gaz sont libérés. Ces gaz sont essentiellement du gaz carbonique CO₂, l'Azote N₂ et l'hydrogène sulfuré H₂S. Seul l'hydrogène sulfuré H₂S est susceptible d'avoir un effet sur l'environnement. Il est une source de nuisances olfactives à très faible concentration (odeur « d'œuf pourri »), avec un seuil olfactif compris entre 0,5 ppb et 10 ppb. A forte concentration, il est potentiellement dangereux et présente deux risques pour l'homme :

- Un risque d'incendie : c'est un gaz extrêmement inflammable, ses limites d'explosivité, en pourcentage de volume dans l'air, sont comprises entre 4 % et 6 % ;
- Un risque pour la santé : les effets observés sont principalement liés à ses propriétés irritantes et anoxiantes.

Les émissions de gaz H₂S à l'atmosphère peuvent donc représenter un danger pour la santé des personnels et des riverains éventuels. Elles sont susceptibles de se produire :

- ⇒ Pendant les opérations de forage lors de la traversée d'horizons potentiellement productifs et pouvant donner lieu à des venues éruptives de fluide ;
- ⇒ Lors du dégorgement du puits et durant l'essai de production de courte durée qui sera réalisé à la fin du forage et qui donnera lieu à la décharge du fluide géothermal dans un séparateur et à la dispersion d'un panache de vapeur et de gaz dans l'atmosphère.

Mesures d'évitement

Pendant les opérations de forage :

- ✓ *A tout moment, et en particulier lors de la traversée d'horizons potentiellement productifs, l'artésianisme du puits sera contrôlé par injection d'un fluide de forage de densité approprié, afin de prévenir toute venue éruptive de fluide pouvant conduire à une émission de vapeur et de gaz à l'atmosphère et à un dépassement des seuils autorisés ;*
- ✓ *Un dispositif de fermeture du puits (Bloc d'Obturation de Puits ; BOP) sera mis en place en tête de puits afin de pouvoir fermer le puits en toutes circonstances.*

Pendant les opérations de forage et lors de l'essai de production, des mesures de prévention seront appliquées pour surveiller les émissions de gaz H₂S dans l'atmosphère :

- ✓ *Des détecteurs d'H₂S seront mis en place en plusieurs endroits de la plateforme des puits afin de surveiller la concentration en H₂S dans l'atmosphère et alerter en cas de dépassement des valeurs réglementaires. Les seuils d'alarme sont réglés sur 10 ppm (Valeur VLCT : Valeur Limite de Courte durée) ;*
- ✓ *Des masques à gaz individuels, munis de cartouches filtres pour le sulfure d'hydrogène, seront disponibles en permanence ;*

- ✓ Deux appareils respiratoires autonomes avec bouteille de recharge seront disponibles sur le chantier. Le personnel sera formé à utiliser ces appareils et à intervenir en cas de venue de gaz ;
- ✓ Les responsables du chantier disposeront également de détecteurs individuels qui pourront être utilisés pour réaliser des mesures ponctuelles en tout autre endroit du chantier ou des habitations les plus proches ;
- ✓ Une manche à air sera installée en un point visible du chantier pour indiquer la direction du vent en cas de nécessité d'évacuation du chantier qui se fera toujours dans la direction « au vent » ;
- ✓ Le personnel sera informé au début des travaux de forage et d'essais des risques afférents au gaz H₂S et à la conduite à tenir.

Mesures de réduction

La plateforme de forage sera implantée dans la mesure du possible à distance des zones urbanisées.

Lors du dégorgement du puits et de l'essai de production de courte durée, un système de traitement du gaz H₂S sera mis en place à titre préventif sur la ligne d'essai permettant si nécessaire l'injection d'eau de javel (ou de tout autre oxydant puissant) dans la conduite de décharge pour neutraliser ce gaz avant la décharge du fluide géothermal à l'atmosphère.

Les éventuels riverains seront informés, au début et au cours des travaux, des risques liés au sulfure d'hydrogène et à la conduite à tenir en cas de venues de gaz pendant le forage.

VII.6.10 Les nuisances sonores

VII.6.10.1 Règlementation relative au bruit de voisinage

La réglementation applicable aux travaux de forage s'appuie sur le décret n°2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique (Dispositions réglementaires). Ce décret donne des valeurs maximales admises pour l'émergence (bruit de voisinage).

Il est à souligner que l'indicateur principal de gêne retenu par ce décret est l'émergence sonore, c'est-à-dire la différence entre le niveau de bruit ambiant (obtenu lorsque les travaux de forage sont en cours) et le niveau de bruit de fond résiduel (état initial avant démarrage des travaux). L'émergence est déterminée dans les zones à émergence réglementée, c'est-à-dire au niveau des zones constructibles définies par le PLU ou encore au niveau des habitations existantes (à l'intérieur des locaux).

Niveau de bruit ambiant au point de mesure, incluant le bruit de l'établissement	Emergence admissible de 7h à 22h, sauf dimanches et jours fériés	Emergence admissible de 22h à 7h, plus dimanches et jours fériés
Supérieur à 35 dB(A) et inférieur ou égal à 45 dB(A)	6 dB(A)	4 dB(A)
Supérieur ou égal à 45 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

Tableau 20 : Valeurs d'émergences maximales admissibles.

VII.6.10.2 Fonctionnement d'un chantier de forage

La particularité d'un chantier de forage est de fonctionner en continu. Lorsqu'il a démarré, il n'est pas possible techniquement de programmer un arrêt temporaire des travaux tous les soirs et une reprise le lendemain matin. En effet, le fait de stopper les travaux nécessiterait de mettre le puits en condition de sécurité (remontée de la garniture de forage, mise en place d'une circulation dans le puits, etc.) ; opérations qui peuvent durer de quelques heures à une journée selon la profondeur atteinte. Inversement, la reprise du forage nécessitera une remise en condition du puits qui, de façon « symétrique », peut durer de quelques heures à une journée. Ces contraintes techniques font que les chantiers de forage fonctionnent 24h sur 24h.

Par ailleurs, l'activité du chantier varie au fur et à mesure que le puits s'approfondit, avec une succession de phases différentes:

- ✓ Phase de foration (=action de forer le terrain) ;
- ✓ Phase de circulation du fluide de forage pour évacuer les déblais de roches forées et nettoyer le puits ou pour procéder à des mesures ;
- ✓ Phase de pose des cuvelages dans le puits ;
- ✓ Phase de cimentation de ces cuvelages par injection de ciment dans l'espace annulaire, phase de test des équipements de sécurité comme les BOP (Blocs Obturateurs de Pression) ;
- ✓ Etc...

Ces différentes phases vont s'enchaîner tout au long de la réalisation du puits et générer des niveaux sonores variables. Certaines phases comme la foration ou la pose de cuvelages seront les plus bruyantes ; d'autres comme les phases de cimentation seront plus calmes. Le planning de ces phases est dicté par l'avancement du forage et par les difficultés rencontrées et il n'est pas possible de les programmer à l'avance. Toutefois, lorsque cela est possible et ne met pas en jeu la sécurité du puits, le maître d'œuvre et l'entreprise de forage essaient de planifier les travaux les plus bruyants en dehors des périodes où l'impact sonore sera le plus élevé pour les riverains (nuit et week-end par exemple).

Des arrêts temporaires des travaux peuvent survenir en cas de panne technique ou de défaut d'approvisionnement d'un produit ou de carburant par exemple. Mais ces arrêts sont souvent subis et là encore non programmés.

VII.6.10.3 Les principales sources de bruit

Les nuisances sonores générées par le chantier de forage sont liées principalement à l'utilisation de moteurs et de compresseurs qui fonctionneront en continu 24hx24h.

La mise en œuvre de tiges et de tubes dans une structure elle-même métallique (mât) engendre également des bruits de chocs lors des opérations de « gerbage » et « dégerbage » de ces tiges dans le mât.

La rotation de l'outil et des tiges dans l'ouvrage peut également générer occasionnellement des grincements et des bruits de frottement.

La circulation des véhicules lourds qui alimenteront le chantier en fuel et autres consommables constitue également une nuisance sonore ponctuelle au niveau des voies d'accès du chantier.

Les déchargements et tests de production de courte durée des puits avec la décharge du fluide géothermal dans un séparateur atmosphérique engendrent également des nuisances sonores.

Les populations concernées par le bruit sont :

- Le personnel travaillant sur le chantier de forage, exposé en permanence au bruit, et qui disposera de moyens de protections spécifiques (casques antibruit, bouchons d'oreilles notamment) ;
- Les riverains proches du site des travaux ;
- Les visiteurs occasionnels du chantier de forage.

VII.6.10.4 Les mesures d'évitement

Travaux les plus bruyants décalés dans le temps

Comme indiqué précédemment, il n'est pas possible techniquement de programmer un arrêt temporaire des travaux tous les soirs et une reprise le lendemain matin. Toutefois, lorsque cela est possible sans mettre en jeu la sécurité du puits, il est possible de planifier les travaux particulièrement bruyants (pose des cuvelages par exemple) en période diurne et au cours de la semaine, et en évitant les périodes où l'impact sonore sera le plus élevé pour les riverains (nuit et week-end).

De même, les activités non urgentes (évacuation des déchets par exemple), peuvent être réalisées uniquement le jour afin de limiter l'impact sonore du chantier la nuit.

Ces pratiques sont souvent mises en œuvre sur les chantiers de forage se déroulant à proximité de zones habitées. Elle représente un surcoût important pour le maître d'ouvrage.

Restriction de circulation

La circulation des véhicules des personnels et des fournisseurs est restreinte aux abords du chantier de forage la nuit, le dimanche et les jours fériés, sauf en cas d'urgence ou de nécessité concernant la sécurité des travaux.

Restriction des klaxons et avertisseurs

L'usage des klaxons et avertisseurs sonores sur le chantier sera proscrit excepté pour la prévention ou le signalement d'accident.

De même, il sera demandé aux personnels de réduire au maximum le bruit dans leur activité, y compris les bruits de discussions.

VII.6.10.5 Mesures de réduction

Conformité des engins et moteurs

Pour réduire les nuisances sonores, les engins de chantier répondront aux normes antibruit en vigueur (circulaire relative aux bruits émis par des engins de chantier du 16 mars 1978).

Les moteurs seront systématiquement capotés.

Implantation optimale de la machine de forage

Pour limiter le bruit de la machine de forage, elle sera implantée de manière optimale en orientant ses moteurs le plus loin possible des habitations riveraines. Son implantation tiendra compte également des écrans naturels et des bâtiments existants pour limiter la propagation du bruit à distance du chantier.

Isolation phonique au niveau des sources de bruit du chantier

Il est possible mettre en place des écrans sonores ou murs anti-bruit en bordure du chantier ou au niveau de sources de bruit particulières, afin de limiter la propagation du son et ainsi de réduire les nuisances sonores aussi bien pour les riverains proches que lointains.

La mise en place de murs anti-bruit est une mesure qui a parfois été mise en place pour des chantiers de forage géothermiques situés à proximité immédiate d'habitations dans la région parisienne. Différents types de matériaux ont été utilisés (containeurs, talus de terre, matériaux absorbants...). Le choix est généralement dicté par l'espace disponible et la distance entre le chantier et les riverains.

Isolation phonique au niveau des riverains

Cette mesure s'applique aux riverains les plus proches. Elle consiste à réduire le niveau sonore en plaçant un ou plusieurs écrans phoniques à proximité de l'habitation (portion de mur anti-bruit par exemple) ou/et au niveau de l'habitation même (double vitrage par exemple) pour réduire le niveau sonore et permettre aux occupants de continuer à vivre sur place pendant le chantier en permanence ou au moins pendant la journée.

Port des EPI (Equipements de Protection Individuelle)

Cette mesure concerne le personnel du chantier. Il sera doté de moyens de protections spécifiques (casques antibruit, bouchons d'oreilles) de façon à être en conformité avec la réglementation du travail.

Aménagement des équipements d'essai de production

A la fin du forage, chaque puits fait l'objet d'un dégorgement et d'un essai de production de courte durée avec la décharge du fluide géothermal (eau + vapeur) dans un séparateur atmosphérique temporaire en tôle. Cette décharge est source de bruit. Pour limiter ces nuisances, plusieurs aménagements seront faits au niveau de ce séparateur :

- *La conduite et le tube de décharge qui relieront la tête de puits au séparateur seront en gros diamètre (DN300) afin de réduire la vitesse de l'écoulement et donc le bruit ;*
- *Le séparateur sera entouré sur les 2/3 de sa hauteur par un mur en béton ;*
- *À l'intérieur du séparateur, un ou plusieurs gabions de pierre seront disposés afin de disperser le jet de vapeur et réduire encore le bruit.*

VII.6.10.6 Mesures de compensation

Une concertation avec les riverains des chantiers de forage est nécessaire afin de les informer de la nature des travaux envisagés, des nuisances potentielles dont le bruit, des mesures qui seront prises et éventuellement des mesures de compensation appropriées.

Mesures acoustiques

Au début et pendant le chantier, des mesures du niveau de bruit et des émergences sonores en différents points et à différents moments (jour, nuit, week-end) seront réalisées par un organisme de contrôle agréé afin d'évaluer précisément l'impact des travaux.

Indemnisation relative aux nuisances sonores

Afin de compenser les nuisances sonores liées au chantier, le principe d'une indemnisation peut être envisagé. Le montant de cette indemnité pourrait être déterminé en fonction du niveau d'émergence constaté par des mesures acoustiques au démarrage ou en cours de chantier. Cette mesure concernerait principalement les riverains proches du chantier de travaux de forage, ou impactés en raison de leur situation particulière (en hauteur par exemple).

Relogement temporaire

Cette mesure est envisageable pour les riverains les plus proches qui seront le plus impactés par les nuisances sonores du chantier. Selon le niveau d'émergence, cette mesure peut être justifiée pour les périodes nocturnes seulement ou pour les périodes diurnes également.

VII.6.11 Impacts sur la sécurité des personnes

Au niveau du chantier de forage, les impacts sur la sécurité concernent principalement les risques d'accidents liés à la réalisation du forage lui-même (risques de chute, d'écrasement, etc...), les accidents liés à l'utilisation d'engins motorisés (camion, engin de manutention), les risques d'intoxication liés aux émanations de gaz H₂S, ...

Mesures d'évitement

Le port des EPI (Equipement de Protection Individuels) sera obligatoire sur le chantier.

En raison des spécificités d'un chantier de forages (une ou plusieurs entreprises interviennent en même temps), les mesures de sécurité feront l'objet d'un plan spécifique : Le Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS). Ce document évalue les risques professionnels et précise les mesures prises par les entreprises pour assurer l'hygiène, la sécurité et les mesures de secours et d'évacuation du chantier.

L'accès des véhicules de sécurité (pompiers, ambulances, police, ...) jour et nuit sera organisé avec des plans d'accès, mis à jour régulièrement et envoyés aux organismes concernés. Une signalétique visible de jour et de nuit sera présente en périphérie de la zone de chantier.

Le chantier sera doté en matériel destiné à la lutte contre l'incendie (matériel entretenu par une entreprise agréée ou par un agent spécialisé du Service Sécurité de l'Entrepreneur de forage), comprenant : extincteurs à poudre polyvalente, extincteurs à poudre de carbone, une couverture anti-feu.

Sur le chantier, les produits seront stockés conformément à la législation en vigueur. Le fuel sera stocké dans un réservoir aérien, soit équipé d'une double paroi, soit doté d'un bac de rétention en béton de capacité au moins équivalente. L'approvisionnement s'effectuera par camion-citerne selon les besoins du chantier, dans le respect des normes de sécurité (sonde de trop-plein, raccords antistatiques et antidéflagrants, bac de rétention...).

En ce qui concerne les risques pour la population, dès le début des travaux, la plateforme sera entièrement clôturée et interdite d'accès au public. Des panneaux seront installés en périphérie du site pour informer la population sur les travaux en cours.

Un parking visiteur sera aménagé à l'extérieur de la plateforme de travail. Les visiteurs autorisés seront obligatoirement accompagnés par un responsable du chantier et informés des consignes de sécurité. Ils ne pourront se déplacer que dans les secteurs autorisés.

Mesures de réduction

Les mesures concernant les émissions gazeuses et en particuliers les émissions de gaz H₂S ont été présentées au § VII.6.9.3.

VII.6.12 Impacts sur les risques naturels

Les travaux de forage sont temporaires et leurs impacts sur les risques naturels sont limités. Cependant, les mesures suivantes seront prises :

Mesures d'évitement

Les sites de travaux seront aménagés de façon à ne pas entraver la circulation naturelle des eaux pluviales et ne pas générer des risques d'inondation pour les riverains du site, y compris en période cyclonique. Il en sera de même en ce qui concerne les eaux pluviales s'écoulant sur les plateformes de forage.

Pour ce qui concerne la prise au vent du mât de forage, les données de Météo France, en particulier la vitesse maximale des vents attendue lors des cyclones, seront prises en compte pour calculer la résistance au vent du mât de la tour de forage et des sous-structures.

VII.6.13 Impacts sur la circulation routière

Les travaux envisagés généreront un accroissement temporaire de la circulation autour du chantier de forage qui pourra avoir un impact sur la vie quotidienne des riverains et usagers des routes. Les riverains seront exposés à des risques liés à une augmentation du trafic routier, plus particulièrement due aux véhicules lourds accédant au chantier.

Sur chaque site, l'amenée et le repli de l'appareil de forage s'effectuera en convoi exceptionnel. Le transport des autres équipements et produits nécessitera un trafic évalué à 20 camions.

En dehors de ces phases, il est à noter que le trafic engendré par l'activité sur le chantier sera différent selon les phases de travaux (forage, tubage, cimentation, etc.). Il est possible de considérer une circulation moyenne de 5-10 camions par jour (livraison des tubages, de carburant, de ciment, évacuation des déblais, de tubage des puits, diagraphie des puits, ...).

Mesures d'évitement

Des panneaux routiers temporaires de chantier informeront les usagers des voies de circulation concernées par le passage d'engins de chantier. Des limitations de vitesse (30 km/h) pourront également être mise en place aux alentours du chantier.

Un espace, à l'entrée ou dans l'enceinte du chantier, sera prévu pour la manœuvre des véhicules. Il leur permettra de faire demi-tour avant de sortir du chantier.

Des parkings seront également prévus pour le stationnement des véhicules du personnel de chantier et des autres intervenants (entreprises, livreurs...).

Mesures de réduction

Les travaux seront organisés de façon à perturber le moins possible la circulation.

Le trafic de nuit sera autant que possible proscrit.

Pour limiter l'impact du trafic, des prestations de propreté (nettoyage des véhicules et de la voirie) ainsi que la réhabilitation des accès pourront être envisagées.

Mesures de compensation

Une communication destinée aux usagers des voies d'accès au chantier sera mise en place afin de les informer sur la durée, l'avancée des travaux, etc...

VII.6.14 Impacts des déchets et effluents

Les principaux déchets et effluents produits par un chantier de forage sont les suivants :

- ✓ Résidus de fluides de forage et déblais de forage (cuttings) ;
- ✓ Déchets industriels banals (D.I.B) et déchets métalliques ;

- ✓ Fluide géothermal ;
- ✓ Eaux de ruissellement polluées ou souillées par des rejets accidentels ;
- ✓ Eaux usés ;
- ✓ Déchets ménagers et assimilés ;
- ✓ Déchets spéciaux (hydrocarbures...).

Le risque d'atteinte à la santé des travailleurs provient de l'ingestion, du contact ou de l'inhalation de produits pétroliers (carburants et lubrifiants) ou de produits chimiques stockés sur le site ou présents dans les boues de forage et les déblais. Il est à noter que les boues, fabriquées essentiellement à partir d'argile naturelle et de bio-polymères ne présentent pas de danger pour la santé humaine.

Dans la pratique, le risque d'atteinte à la santé des travailleurs par les déchets des chantiers apparaît très faible. De même, le risque d'atteinte à la santé des riverains par les déchets de chantier est très faible. Le maître d'ouvrage veillera néanmoins à la salubrité du site durant la période des travaux.

Une politique transparente d'élimination des déchets en centres spécialisés sera mise en place, en portant une attention particulière à l'élimination des boues de forages et des déchets potentiellement dangereux pour l'environnement et la santé humaine. Une stratégie de réduction des déchets à la source et de prise en compte des problèmes connexes de l'épuration sera menée (bruit, abord, odeurs).

VII.6.14.1 Mesures concernant les fluides de forage et déblais

Bien que potentiellement peu polluants, les fluides de forage (boues) qui servent d'une part à la remontée des déblais solides et, d'autre part, au refroidissement et à la lubrification des équipements en rotation, feront l'objet de mesures de précautions particulières.

Ils sont composés d'eau du réseau, d'argile naturelle inerte (bentonite) et d'additifs complémentaires (bio-polymères). En phase de forage, les boues et déblais seront stockés dans des bacs étanches et circuleront en circuit fermé, partiellement à l'air libre au niveau des vibrateurs et des bacs à boue. Ils pourront également être stockés dans un bassin (bourbier) étanche.

La boue est continuellement recyclée lors de la phase de forage ; on la sépare des cuttings puis elle est réinjectée dans le puits. Comme sa composition peut varier durant les différentes phases de forage, elle peut être traitée par dessiccation en cours ou en fin de chantier, et évacuée vers un centre de stockage agréé.

Les déblais de forage (ou « cuttings ») seront séparés de la boue de forage sur des tapis vibrants, traités par déshydratation, stabilisés par ajout de ciment et évacués vers un centre de traitement agréé (recevant des déchets inertes).

VII.6.14.2 Mesures concernant le fluide géothermal

Le fluide géothermal qui sera déchargé lors de l'essai de production sera stocké dans des bassins étanches sur la plateforme. Si ses caractéristiques physico-chimiques le permettent, il pourra être rejeté dans le milieu naturel après traitement et refroidissement éventuel. Sinon, il sera réinjecté dans le puits.

VII.6.14.3 Mesures concernant les déchets industriels banals (DIB) et déchets ménagers

Le chantier produira peu de déchets métalliques et de ferrailles. Ceux-ci seront constitués pour l'essentiel des tricônes usés, des élingues et câbles métalliques réformés, des protecteurs

métalliques de tubage et des chutes (découpes) de tubage. Ces déchets seront transférés vers une entreprise récupérant les métaux.

Sur le chantier, le tri sélectif sera mis en place pour les autres déchets (palettes en bois, plastiques, cartons). Chaque type de matériaux sera trié et évacué vers un centre de recyclage agréé.

Les déchets qui auront été contaminés accidentellement par des hydrocarbures seront évacués vers des décharges qui acceptent ce type de déchets.

Les abords du chantier et les installations de chantier seront tenus parfaitement propres (absence de papiers, de débris, de ferrailles, de bidons...). Les déchets seront collectés, triés, et transportés régulièrement vers la déchetterie la plus proche.

VII.6.14.4 Mesures concernant les combustibles, lubrifiants et produits polluants

Le stockage d'huiles, d'hydrocarbures et de tout autre produit toxique ou polluant pour les eaux et les sols sera interdit en dehors des emplacements aménagés à cet effet (citerne double enveloppe, aire de rétention étanche et couverte).

Des bacs de rétention seront placés sous tous les moteurs thermiques et équipements hydrauliques ainsi que sous les fûts d'huile en service ou non. Ces bacs seront vidangés fréquemment.

Les produits de vidange ou issus de fuites (hydrocarbures, huiles de graissage, solvants, etc.) ne devront pas entrer en contact avec les milieux naturels. Ces produits, ainsi que les terrains qu'ils auraient accidentellement souillés, seront récupérés et acheminés vers des sites de traitement agréés.

Sur les installations de chantier, des dispositifs de protection seront mis en place pour les aires de stationnement et d'entretien des engins (bassin de vidange étanche, déshuileur, tissu absorbant les hydrocarbures, etc.).

Pour tous les déchets toxiques ou dangereux, des certificats de destruction seront demandés aux prestataires en charge de leur élimination et tenu à la disposition de l'administration.

VII.6.15 Impacts sur le patrimoine culturel

Au moment du choix définitif de l'emplacement de la plate-forme de forage, la proximité de zones sensibles (site archéologique déjà connu, monument classé, etc...) sera étudiée avant les travaux. Si nécessaire, un éloignement plus important sera choisi. Dans tous les cas, la DAC (Direction des Affaires Culturelles) sera contactée au préalable pour confirmer l'absence de sites sensibles à proximité du chantier et, si possible, assister aux opérations de décapage lors des travaux de préparation de la plate-forme.

Les travaux prévus pourraient donner lieu à la découverte de vestiges archéologiques lors de l'aménagement de la plate-forme. La préparation de la plate-forme de forage nécessite en effet de décapier la terre arable sur environ 30 à 50 cm de profondeur. En cas de découverte fortuite de vestiges archéologiques pendant les travaux, cette dernière sera immédiatement déclarée au maire de la commune concernée (Titre III de la loi du 27 septembre 1941 portant réglementation des fouilles archéologiques).

VII.6.16 Impacts sur les activités économiques locales

Compte-tenu des activités préexistantes sur la zone du PER, les autres usages possiblement impactés par les travaux de forage concerne l'agriculture et le tourisme. Compte-tenu de la taille attendue de la future plateforme de forage (2000 à 5000 m²) et de l'ensemble des mesures préventives mises en place, l'impact sur l'agriculture locale (et notamment l'élevage) devrait être faible. En particulier, la mise en place d'une clôture fermée autour du chantier de forage devra empêcher la divagation des animaux d'élevage. La gestion des émanations de gaz pour la santé humaine s'appliquera de fait aux animaux d'élevage situés à proximité. La mitigation des nuisances sonores également.

Concernant le tourisme, les conclusions sont les mêmes. A contrario, la présence d'un chantier de forage géothermique temporaire peut être source d'intérêt pour les populations locales et le tourisme par la mise en place d'un parcours pédagogique sécurisé permettant d'attirer des visiteurs (Ecoliers, étudiants, touristes, population locale). Cela a par exemple été le cas pour de nombreux chantiers de forage géothermique en milieu urbain dans le Bassin Parisien, quand la physionomie des lieux le permettait (en pratique, le parcours pédagogique doit se situer en dehors du site de forage qui, par définition, est interdit au public).

Parallèlement aux visites il est possible de mettre en place un panneau d'information à l'entrée du chantier de forage pour informer les riverains et les touristes de passage de la nature des travaux et de leur avancement, et plus largement de la nature du projet géothermique.

VII.6.17 Retombées des travaux sur l'économie locale

Un chantier de forage mobilise de nombreuses entreprises locales lors de la phase de préparation et pendant les travaux dans des domaines variés :

- Génie civil ;
- Maçonnerie ;
- Transports ;
- Chaudronnerie ;
- Mécanique ;
- Location de matériel de chantier ;
- Location de moyens de transport ;
- Gardiennage ;
- Restauration et hôtellerie ;
- Etc...

L'entreprise de forage recrutera des personnels temporaires pour constituer des équipes de forage qui assureront un fonctionnement de la machine 24h x 24h.

Parmi les impacts positifs, on peut citer la présence permanente durant plusieurs mois d'équipes de forage, de supervision et de services associés au forage (plusieurs dizaines des personnes en tout) qui aura un effet positif sur l'hôtellerie et la restauration locale.

Ces travaux auront donc des retombées concrètes sur les plans de l'économie et de l'emploi, aux niveaux local et régional.

En cas de succès de l'exploration, ces retombées temporaires seront en partie pérennisées puisque la finalité de ces travaux est de construire et exploiter une centrale géothermique. Cet

objectif devrait légitimement conduire ALBIOMA à constituer une équipe d'exploitation et à développer des sous-traitances.

VII.6.18 Le devenir des sites de forage à la fin des travaux

A l'issue des travaux de forage et de l'essai de production du puits, une décision sera prise sur son devenir. Il peut être conservé (sans présager de son usage futur) ou abandonné.

En cas d'abandon, les travaux devront se conformer à la réglementation en vigueur et aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'ouverture de travaux de forage. Ces travaux dans le puits doivent permettre de s'assurer qu'il n'y aura à long terme aucun risque de mise en contact entre des aquifères profonds (même peu productifs) et des aquifères supérieurs (ainsi que l'atmosphère).

L'abandon du puits nécessitera la pose de plusieurs bouchons de ciment dans le puits au niveau des zones même faiblement perméables, et au niveau du cuvelage de production. La tête de puits sera arasée sous le niveau normal du sol avant destruction. La cave en béton sera démantelée et comblée. La plateforme sera réhabilitée avec :

1. La démolition des dalles en béton et du bassin décanteur ;
2. L'enlèvement de l'empierrement de la plate-forme et des routes d'accès le cas échéant ;
3. L'évacuation des matériaux de démolition ;
4. Le comblement des bourbiers et du bac décanteur après enlèvement de la bâche d'étanchéité;
5. Le démontage de la clôture si besoin ;
6. La remise en forme identique à la topographie d'origine ;
7. Le ramassage et enlèvement de tous les détritiques ;
8. La remise en place des matériaux déplacés (et notamment de la terre arable).
9. Eventuellement la revégétalisation du site.

Une fois réalisés, les travaux d'abandon des puits feront l'objet d'un dossier des ouvrages exécutés.

VII.7. LES IMPACTS POTENTIELS D'UNE FUTURE CENTRALE GEOTHERMIQUE

En cas de succès de la campagne d'exploration par forage, ALBIOMA envisage d'exploiter la ressource géothermale mise en évidence pour la production d'électricité. De nouveaux puits d'exploitation en diamètre commercial seront forés pour la production et la réinjection du fluide géothermal. Une centrale géothermique sera construite, ainsi qu'un réseau de conduites de transport du fluide entre les puits et la centrale.

Les impacts environnementaux de ces travaux et les mesures à prendre seront traités en détail lors de l'étude de faisabilité du projet (voir Tableau 2 page 62).

A ce stade, sont présentés de façon préliminaire les impacts attendus et en particulier ceux qui devront faire l'objet d'une attention toute particulière pour réussir l'intégration environnementale de ce projet géothermique dans la région Sud-Soufrière.

VII.7.1 Impacts sur les paysages et l'occupation du sol

Une fois l'existence d'une ressource géothermale prouvée, il est possible d'envisager la phase de développement du champ et de construction d'une centrale. Ces travaux impacteront les paysages et le sol pendant la durée de vie de la centrale, soit entre 20 et 40 ans. Ces impacts sont principalement dus aux bâtiments qui vont abriter le groupe turbo-alternateur et ses auxiliaires, incluant des batteries d'aéroréfrigérants ou une tour de refroidissement par exemple, des bureaux, un atelier, Les dimensions classiques d'un bâtiment abritant un groupe turbo-alternateur sont de l'ordre d'une vingtaine de mètres de côté et d'une dizaine de mètres de hauteur.

L'impact sur les paysages viendra également de :

- La nécessité d'ouvrir des voies d'accès à la centrale et à tous les équipements ;
- L'empreinte des plateformes des puits d'exploitation ;
- L'empreinte des trajets des conduites de transport des fluides entre les puits (production, réinjection) et la centrale qui peuvent faire plusieurs centaines de mètres de longueur.

L'intégration paysagère de tous ces équipements sera une priorité. Afin de limiter leurs impacts visuels dans le paysage, les bâtiments seront autant que possible intégrés en profitant de la topographie de la région. Le choix des couleurs et des matières pourra faciliter leur camouflage dans leur environnement. Les hauteurs seront limitées autant que possible.

Les conduites de transport du fluide géothermal seront préférentiellement installées en bordure de voies existantes, ou nouvellement créées, afin de limiter l'empreinte au sol. Leur mise en peinture facilitera également leur intégration. Elles pourront également être mises en caniveau fermé comme cela a été fait à Bouillante en Guadeloupe lors de la traversée de zones urbaines.

L'implantation des plateformes de puits et leur aménagement seront également dictés par ces considérations environnementales. La combinaison de plusieurs puits sur une même plateforme sera recherchée si elle est envisageable d'un point de vue technique.

Les abords des sites seront revégétalisés avec des essences locales. Les sols non bétonnés seront remis en herbe afin de faciliter l'intégration paysagère et maintenir leur capacité de rétention des eaux de pluies.

VII.7.2 Les nuisances sonores

VII.7.2.1 Les différentes sources

Les travaux de forage pour réaliser les puits d'exploitation (production, réinjection) et les périodes d'essai de production généreront des nuisances sonores temporaires, à l'identiques de celles qui seront générées par les puits d'exploration et qui ont été présentées précédemment.

Les travaux de construction de la centrale et des réseaux de conduites généreront des nuisances sonores temporaires comme les travaux de forages mais toutefois moins importantes car restreintes aux périodes diurnes et aux jours ouvrés.

Les travaux d'exploitation de la centrale généreront des nuisances sonores limitées mais continues dans le temps. Les principales sources d'émission de bruit seront liées au fonctionnement du groupe turbo-alternateurs, des moteurs des pompes, des vannes laminantes, des aéroréfrigérants si cette solution est retenue pour le refroidissement et la condensation de la vapeur à l'échappement de la turbine.

VII.7.2.2 Réglementation

L'arrêté ministériel du 23 Janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement précise que les émissions sonores ne doivent pas engendrer une émergence supérieure aux valeurs admissibles fixées dans le tableau ci-après, dans les zones à émergence réglementée (ZER).

Niveau de bruit ambiant existant dans les zones à émergence réglementée (incluant le bruit des installations)	Émergence admissible pour la période allant de 7h à 22h, sauf dimanches et jours fériés	Émergence admissible pour la période allant de 22h à 7h, ainsi que les dimanches et jours fériés
Supérieur à 35 dB(A) et inférieur ou égal à 45 dB(A)	6 dB(A)	4 dB(A)
Supérieur à 45 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

Les valeurs maximales de bruit en limite de propriété fixées par cet arrêté ministériel ne peuvent excéder :

- 70 dB(A) pour la période de jour (de 7h à 22h) sauf les dimanches et les jours fériés ;
- 60 dB(A) pour la période de nuit (de 22h à 7h) ainsi que les dimanches et les jours fériés).

VII.7.2.3 Mesures d'évitement et de réduction du bruit

Des mesures permettant d'éviter ou de réduire le niveau des émissions sonores existent et elles seront examinées dès la phase de conception des installations. Plusieurs types de solutions sont envisageables :

- Celles concernant l'implantation des installations qui devront être idéalement éloignées des zones sensibles ;

- Celles concernant le choix des procédés techniques, en privilégiant par exemple un condenseur à eau plutôt qu'une batterie d'aéroréfrigérants ;
- Celles concernant la réduction des émissions sonores à la source comme le fait de placer le groupe turbo-alternateur dans un bâtiment en dur, ou le fait de capoter systématiquement les moteurs ou vannes fonctionnant à l'extérieur, ou le fait de calorifuger les conduites de transport de fluide et les ballons séparateur.

En exploitation, si les mesures acoustiques mettent en évidence un dépassement des valeurs réglementaires, il est possible de mettre en place des dispositifs d'atténuation comme par exemple :

- L'installation de silencieux sur les entrées d'air du bâtiment ;
- La mise en place d'un bardage spécial (côté voile intérieur du bâtiment) au niveau des locaux les plus bruyants ;
- La mise en place de mur anti-bruit en limite de site.

Concernant les vibrations, le niveau vibratoire d'un groupe turbo-alternateur doit être par principe très faible et il n'y a pas de risque d'incidence. Par contre, d'autres équipements de taille plus modeste comme les ballons séparateurs pourront générer des vibrations à un niveau modeste. Leur implantation sur la plateforme des puits réduit également le risque d'incidence.

VII.7.3 Les nuisances olfactives

Pour les exploitations géothermiques exploitant des fluides à haute température, l'émission à l'atmosphère des gaz incondensables présents dans le fluide géothermal peut causer des nuisances olfactives en raison de la présence du gaz hydrogène sulfuré H₂S. Ce gaz, responsable de l'odeur « d'œuf-pourri », peut être détecté par le nez humain à des concentrations dans l'air extrêmement faible (0,5 à 10 ppb). Il présente également une toxicité chronique avec une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) de 2 µg/m³ pour une exposition chronique par inhalation (US EPA, 2003).

Des émissions de gaz H₂S peuvent se produire de façon très ponctuelle lors des phases de foration, lors des essais de production des nouveaux puits, lors des phases de test et de mise en service des installations (succession de démarrage et de fermeture des puits par exemple). Ces émissions ponctuelles n'ont habituellement pas d'incidence notable sur le milieu naturel et les activités humaines.

Les émissions de gaz H₂S dans l'atmosphère peuvent également être continues en phase d'exploitation lorsque le gaz est extrait de la phase vapeur à la sortie de la turbine, puis rejeté à l'atmosphère. Ces émissions à l'atmosphère peuvent avoir une incidence notable sur le milieu naturel et les activités humaines lorsque la concentration en gaz H₂S est significative.

Différentes solutions techniques peuvent être mises en œuvre pour réduire ou éviter les nuisances olfactives et la toxicité chronique liées à la présence du gaz H₂S :

- Lorsque sa concentration est très faible et la sensibilité environnementale du milieu également faible, il peut être rejeté simplement à l'atmosphère au niveau d'un émissaire situé en hauteur pour aider à sa dispersion ;
- Lorsque sa concentration est élevée et/ou que la sensibilité environnementale du milieu est forte, différentes solutions sont envisageables :

- Le gaz H₂S peut être dispersé de façon active au sein du panache d'une tour de refroidissement ;
- Le gaz H₂S peut être éliminé par traitement chimique ou par combustion ;
- Le gaz H₂S peut être réinjecté dans le réservoir.

Il importe donc dès la phase de faisabilité d'un projet de centrale géothermique d'étudier en détail les différentes solutions techniques envisageables en fonction de la teneur en gaz H₂S dans le fluide géothermal et en fonction de la sensibilité environnementale du milieu naturel et humain.

Si le rejet de H₂S à l'atmosphère au niveau d'un simple émissaire ou au niveau d'une tour de refroidissement peut s'envisager au niveau d'un site déjà concerné par des manifestations hydrothermales nombreuses avec des émanations naturelles de gaz H₂S (comme cela est le cas à Bouillante en Guadeloupe ou pour d'autres champs géothermiques), il est possible que l'élimination de l'H₂S par traitement ou sa réinjection dans le réservoir soient les solutions techniques à retenir en priorité dans une région où il n'y pas d'émanation naturelle répertoriée et où l'activité touristique est importante.

Pour être complet, il faut envisager le cas où le fluide géothermal est pompé et maintenu en pression au-dessus de la pression d'exsolution des gaz, et exploité dans une turbine à cycle de Rankine (ORC). Dans ce cas, les gaz restent dissous et sont réinjectés avec le fluide dans le réservoir.

VII.7.4 Impacts sur la qualité de l'air et sur le climat

Comme indiqué ci-dessus, les fluides géothermaux contiennent des gaz en faible quantité qui se concentrent dans la phase vapeur. Les gaz dominants sont habituellement CO₂, H₂S, N₂, CH₄ et NH₃. Certains comme le CO₂ et le CH₄ sont des gaz à effet de serre. Lorsqu'ils sont rejetés à l'atmosphère, ils contribuent au changement climatique mais de façon marginale en raison de leur concentration très faible.

A Bouillante par exemple, les émissions de gaz CO₂ ont été évaluées entre 38 et 47 gCO₂eq/kWh, soit nettement moins que celles d'une centrale thermique utilisant des combustibles fossiles. La production d'électricité par une centrale géothermique venant en substitution d'électricité produite par des énergies fossiles est donc bénéfique sur le plan climatique.

Par ailleurs, une centrale géothermique n'émet pas de NO_x ni de SO_x, ni de particules fines. Elle participe donc à l'amélioration de la qualité de l'air.

VII.7.5 Impacts sur le milieu naturel

Comme tout projet industriel, la réalisation de forages et la construction d'une centrale géothermique peuvent avoir des impacts sur la faune et la flore locale. Les activités ayant des impacts importants sont :

- Les phases de défrichage, de nivellement, de terrassement et d'ouverture de voies d'accès qui entraîneront une destruction de biotopes ;
- Les activités de chantier. Les principaux impacts vis-à-vis de la faune et la flore sont le bruit, les déchets, les rejets accidentels.

Les impacts liés à la phase d'exploitation sont plus particulièrement liés aux rejets dans les eaux de surface (voir plus loin).

Ces impacts peuvent être évités, réduits ou compensés par la mise en œuvre de mesures générales comme :

- Réaliser au préalable des inventaires faunistique et floristique pour identifier les espèces rares ou sensibles ;
- Choisir des implantations des puits et de la centrale dans des zones où les impacts sont les plus faibles ;
- Limiter dans la mesure du possible les surfaces impactées comme par exemple en réalisant plusieurs puits sur la même plateforme, en combinant voie d'accès et réseau de conduites, ... ;
- Compenser les défrichements par des reboisements ;
- Lutter contre les espèces invasives ;
- Définir un calendrier d'exécution des travaux cohérent avec les enjeux écologiques recensés.

VII.7.6 Impacts sur la ressource en eau

Les besoins en eau pour la réalisation de forages ont été discutés au § VII.6.7.

Les besoins en eau d'une centrale géothermique seront fonction principalement du choix technique qui sera fait lors de l'étude de faisabilité pour le refroidissement et la condensation de la vapeur à la sortie de la turbine; ce choix technique étant lui-même dicté par la disponibilité de la ressource en eau.

Au niveau de la zone du PER, les ressources en eau douce sont limitées. Les choix techniques qui peuvent être envisagés sont donc :

- Une tour de refroidissement utilisant les condensats de vapeur ;
- Des aéroréfrigérants (donc pas d'utilisation d'eau).

Ces choix techniques n'impacteraient pas la ressource en eau douce. Il conviendra cependant d'examiner leurs impacts respectifs dans d'autres domaines et de vérifier qu'ils ne sont pas rédhibitoires.

VII.7.7 Impacts sur les eaux de surface

L'impact des travaux de forages sur les eaux de surface a déjà été discuté au § VII.6.5.

L'impact de la centrale sur les eaux de surface sera fonction de choix techniques dont certains ont déjà été exposés ci-avant.

L'impact de rejets accidentels (huiles de lubrification, produits chimiques) sera limité dans la mesure où les installations de la centrale seront dotées de surfaces imperméabilisées, de dispositifs de stockage de ces produits conformes à la réglementation, de réseaux de collecte des effluents et des eaux de ruissellement, munis de dispositifs de séparation des produits polluants et matières solides.

La réinjection totale du fluide géothermal dans le réservoir devrait éviter tout rejet de ce fluide dans les eaux de surfaces.

VII.7.8 Impacts sur les risques naturels

VII.7.8.1 Mouvements de terrain

Le risque de mouvements de terrain est élevé dans certaines zones. La mise à nu des sols et les travaux de terrassement peuvent induire des mouvements de terrain. Il conviendra d'appliquer les prescriptions particulières des Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN) et de réaliser au préalable un aménagement global pour une mise en sécurité vis-à-vis de cet aléa.

En réponse au prélèvement de fluide géothermique dans le réservoir, il est parfois observé un phénomène de subsidence des terrains à l'aplomb du réservoir. Ce risque est cependant jugé très faible lorsque la réinjection totale du fluide est mise en place. Il est également minimisé lorsque le réservoir est relativement profond ; ce qui serait le cas au niveau du PER de Sud-Soufrière

VII.7.8.2 Inondation

L'imperméabilisation de surfaces importantes (voies d'accès, plateforme des puits, site de la centrale) va accroître les risques de ruissellement, de ravinement et d'inondation.

Toutes ces surfaces devront être équipées de réseaux de collecte et d'évacuation des eaux pluviales correctement dimensionnés pour faire face aux précipitations et ne pas augmenter le risque d'inondation en aval.

VII.7.8.3 Micro-sismicité induite

La Guadeloupe est une région sismique. De nombreux séismes naturels sont enregistrés. La plupart ont une magnitude inférieure à 3 et ne sont pas ressentis par l'homme.

L'exploitation d'un réservoir géothermique et plus particulièrement la réinjection des fluides peut également générer des microséismes. La fréquence et la magnitude de ces microséismes induits sont sous la dépendance de plusieurs facteurs qui ne sont pas encore appréhendés :

- Le débit de fluide réinjecté ;
- L'injectivité du réservoir ;
- L'orientation des fractures perméables vis-à-vis du champ de contraintes local.

Au début de l'exploitation commerciale du réservoir, il conviendra d'assurer une surveillance micro-sismique à l'aide d'un réseau de plusieurs stations déployées au niveau du champ afin de détecter d'éventuels événements micro-sismiques.

VII.7.9 Impacts sur le trafic routier

L'exploitation de la centrale géothermique générera un trafic lié :

- Principalement aux déplacements des employés chargés de l'exploitation et de la maintenance journalière ;
- Aux véhicules de livraisons ;
- Dans une moindre mesure, aux opérations de maintenance périodiques.

Le flux quotidien de véhicules légers est estimé à moins d'une dizaine de véhicules légers et occasionnellement des poids lourds.

Ainsi, l'exploitation de la centrale ne représentera pas un impact significatif sur la circulation actuelle.

VII.7.10 Impacts sur l'économie locale

Une centrale géothermique aura un impact positif sur le réseau électrique local et notamment sa stabilité : production de base (pouvant être complétée par des énergies renouvelables intermittentes telles que l'éolien et le solaire), taux de disponibilité élevé.

Les phases de construction et d'exploitation d'une centrale géothermique vont contribuer à la dynamisation de l'économie locale :

- Emplois pérennes pour l'exploitation et la maintenance des équipements ;
- Emplois temporaires durant la phase de construction ;
- Sous-traitances auprès des entreprises locales pour la construction puis les activités de maintenance ;
- Amélioration du réseau routier ;
- Versement de Taxes.

La centrale géothermique peut initier une activité d'éco-tourisme industriel local.

VII.8. ANALYSE DES EFFETS CUMULES AVEC D'AUTRES PROJETS

Compte tenu de l'étendue de la zone du PER et de la non-connaissance à ce stade de la localisation des travaux, il ne peut être examiné les effets cumulés du projet avec d'autres projets.

Lors de la demande d'autorisation d'ouverture de travaux, les effets cumulés du projet avec d'autres projets seront étudiés dans l'étude d'impact du dossier.

VII.9. COMPATIBILITE D'UN PROJET DE DEVELOPPEMENT GEOTHERMIQUE AVEC LES DOCUMENTS DE PLANIFICATION DU TERRITOIRE

VII.9.1 Documents d'urbanisme / espaces protégés

Le Schéma d'Aménagement régional (SAR) est un document de planification qui, en Outre-Mer, fixe les orientations fondamentales de la Région dans de nombreux domaines comme le développement durable, la mise en valeur du territoire et la protection de l'environnement. Ces orientations sont prises au regard des grands objectifs de l'urbanisme (voir article L. 101-2 du code de l'urbanisme).

Le SAR définit les principes de l'aménagement de l'espace qui résultent de ces orientations. Il détermine notamment :

- La destination générale des différentes parties du territoire (laquelle fait l'objet d'une cartographie) ;
- Les objectifs de renouvellement urbain, de construction dans les zones déjà urbanisées, de maîtrise de l'étalement urbain et de lutte contre l'artificialisation des sols ;
- La localisation préférentielle des extensions urbaines, des activités économiques et commerciales, agricoles, forestières, touristiques et relatives aux énergies renouvelables ;
- L'implantation des grands équipements d'infrastructures et de transport, ainsi que les principes permettant d'assurer la combinaison des différents modes de transport, la coordination des politiques de mobilité mises en place par les autorités organisatrices, etc...

Le SAR comporte aussi des dispositions spécifiques en matière de biodiversité et de trame verte et bleue, de littoral, d'adaptation au changement climatique et de qualité de l'air.

Le SAR est élaboré à l'initiative et sous l'autorité de l'assemblée délibérante de la région, du département ou de la collectivité. Il est adopté par cette même assemblée délibérante, puis approuvé par décret en Conseil d'Etat.

Le SAR s'impose à de nombreux documents d'urbanisme : aux schémas de cohérence territoriale (SCoT) et, en l'absence de SCoT, aux plans locaux d'urbanisme (PLU-PLUi), aux cartes communales ou aux documents tenant lieu de PLU. Il s'impose également aux chartes des parcs nationaux et aux chartes des parcs naturels régionaux (PNR).

Un extrait de la carte du SAR de Guadeloupe est fourni sur la Figure 57 page 113. Elle illustre la sensibilité environnementale du milieu dans la région Sud-Soufrière :

- ✓ Au niveau des espaces naturels à forte protection (représentées par la couleur vert bouteille), le milieu y est particulièrement sensible à toute modification et tout aménagement doit être évité OU le milieu est sensible et exige des mesures de protections fortes ;
- ✓ Au niveau des autres espaces naturels (représentés par la couleur vert tendre), le milieu peut accepter d'être modifié par un aménagement sans qu'il y ait de répercussions notables sur ses composantes environnementales OU le milieu est peu sensible et peut accepter un aménagement sans qu'il y ait de répercussions significatives sur ses composantes environnementales.

VII.9.2 Le SDAGE

Présentation des objectifs du SDAGE

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) de Guadeloupe est un document de planification qui définit les grandes orientations pour une gestion équilibrée de la ressource en eau ainsi que les objectifs de qualité et de quantité des eaux à atteindre.

Le SDAGE 2016-2021 de la Guadeloupe s'inscrit dans la continuité du SDAGE 2010-2015 et prend en compte l'état des lieux des masses d'eau en 2013, ainsi que les nouveaux enjeux européens, nationaux et locaux, en particulier la prévention des risques d'inondation, l'adaptation au changement climatique, la gestion de l'eau dans l'aménagement du territoire, la gestion de l'eau et la santé publique.

Afin d'atteindre les objectifs fixés et de répondre aux grandes problématiques de l'eau en Guadeloupe, le SDAGE 2016-2021 propose 5 orientations fondamentales et 20 axes de travail :

Orientation 1 – Améliorer la gouvernance et replacer la gestion de l'eau dans l'aménagement du territoire :

Il s'agit d'une part d'améliorer l'organisation entre les acteurs et les moyens dévolus à la gestion de l'eau et d'autre part, de mieux prendre en compte les enjeux et le grand cycle de l'eau dans les projets de développement des collectivités. Pour cela le projet de SDAGE propose de :

- Renforcer le rôle d'appui majeur de l'office de l'eau dans la mise en œuvre de la politique de l'eau ;
- Assurer une meilleure gestion et un financement optimisé des actions dans le domaine de l'eau ;
- Améliorer la prise en compte de la politique de l'eau dans les différents documents de planification et les projets d'aménagement ;
- Adapter la communication, améliorer l'accès à l'information et poursuivre les efforts de formation.

Orientation 2 – Assurer la satisfaction quantitative des usages en préservant la ressource en eau :

- Mettre en œuvre et poursuivre le suivi du milieu aquatique et des prélèvements ;
- Mener une politique d'économie d'eau ;
- Développer les ressources pour satisfaire les usages et sécuriser les ouvrages.

Orientation 3 – Garantir une meilleure qualité de la ressource en eau vis-à-vis des pesticides et autres polluants dans un souci de santé publique :

- Protéger les captages d'eau potable et améliorer la qualité des eaux brutes et distribuées ;
- Améliorer les connaissances sur la qualité de la ressource en eau ;
- Réduire la pression des pollutions à la source.

Orientation 4 – Réduire les rejets et améliorer l'assainissement :

- Poursuivre la lutte contre les pollutions organiques, azotées et phosphorées ;
- Poursuivre la lutte contre les pollutions par les micropolluants ;
- Lutter contre l'érosion et les phénomènes d'hypersédimentation ;
- Maintenir ou améliorer la qualité des eaux de baignade.

Orientation 5 – Préserver et restaurer le fonctionnement biologique des milieux aquatiques :

- Cours d'eau : améliorer la connaissance, assurer la continuité écologique et préserver la morphologie des cours d'eau ;
- Autres milieux aquatiques continentaux : acquérir de la connaissance, préserver et gérer ;
- Milieux marins : Améliorer la connaissance, limiter les dégradations physiques, limiter les pressions sur la ressource et les biocénoses marines ;
- Pour tous les milieux : Recenser, diagnostiquer, pérenniser ou supprimer les ouvrages hydrauliques, existants, étudier puis réaliser les travaux indispensables à la réduction du risque inondation.

Conformité d'un projet géothermique avec le SDAGE

Orientation 1

Des travaux d'exploration et d'exploitation d'une ressource géothermale ne contre-interviendront en aucune façon avec cette orientation du SDAGE.

Orientation n°2

L'exploration et l'exploitation de ressources géothermales ne nécessiteront pas l'usage d'eau potable ni d'eau douce en grande quantité. Ces travaux n'impacteront donc pas les ressources en eau de la commune de Bouillante. Ils ne contre-interviendront en aucune façon avec cette orientation du SDAGE.

Orientation n°3

L'exploration et l'exploitation de ressources géothermales ne seront pas une source de pollution pour les ressources en eau.

Les puits qui seront forés seront munis de cuvelages cimentés qui les isoleront des aquifères superficiels et qui les protégeront de la pollution par le fluide géothermal.

Orientation n°4

L'exploration et l'exploitation de ressources géothermales prendront en compte les risques de pollutions des eaux de surface :

- Les eaux pluviales des sites seront drainées et évacuées vers des dispositifs déboureur-déshuileur avant leur rejet dans le milieu naturel ;
- Les huiles, lubrifiants, produits chimiques, seront stockés de façon appropriée dans des bacs de rétention pour éviter toute pollution par suintement ou déversement accidentel.

Orientation n°5

Des travaux d'exploration et d'exploitation d'une ressource géothermale ne contre-interviendront en aucune façon avec cette orientation du SDAGE.

Conclusions concernant la compatibilité d'un projet de géothermie avec le SDAGE

Moyennant les précautions habituelles concernant la protection des eaux de surfaces et des eaux souterraines, des travaux d'exploration et d'exploitation d'une ressource géothermale apparaissent compatibles avec les grandes orientations du SDAGE Guadeloupe.

VII.9.3 Le Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN)

Les PPRN des communes concernées par le PER de Sud-Soufrière indiquent les sensibilités des terrains vis-à-vis des différents types de risques naturels. Elles sont particulièrement élevées en ce qui concerne le risque sismique, le risque volcanique et le risque de mouvement de terrain (Tableau 21).

Un projet de géothermie devra se conformer aux prescriptions du zonage réglementaire (Figure 43 page 94) lorsqu'il impose de réaliser au préalable des aménagements pour une mise en sécurité vis-à-vis des aléas naturels.

<i>Risque naturel</i>	<i>Sensibilité des terrains à l'intérieur du PER</i>	<i>Conformité du projet</i>
Sismicité	- Zone de sismicité élevée (5/5) ; - Risque local de liquéfaction.	<p>Des prescriptions particulières sont présentes sur l'ensemble du périmètre du PER.</p> <p>La localisation du projet n'est pas connue à ce stade mais il devra se conformer aux prescriptions réglementaires des PPRN.</p>
Mouvements de terrain	-Sensibilité élevée à faible	
Inondation	- Sensibilité élevée des zones en aval des cours lors de précipitations importantes.	
Cyclone (vent, houle et marée de tempête, inondation, submersion marine)	- Sensibilité de l'ensemble de l'île aux forts vents ; - Sensibilité aux submersions marines sur les zones côtières.	
Tsunami	- Sensibilité des zones côtières.	
Volcanique	- Sensibilité élevée au niveau du PER	

Tableau 21 : Synthèse des sensibilités des terrains vis-à-vis des risques naturels dans le périmètre du PER de Sud-Soufrière.

RÉFÉRENCES

- Bogie I, Lawless JV, Rychagov S, Belousov V. (2005) - Magmatic-related hydrothermal systems: classification of the types of geothermal systems and their ore mineralization. In: Proceedings of Geoconference in Russia, Kuril, 2005.
- BOUDON G., DAGAIN J., SEMET M. & WESTERCAMP D. (1988) – Carte et Notice explicative de la carte Géologique au 1/20 000ème du Massif volcanique de la Soufrière (Département de la Guadeloupe, Petites Antilles) – Edition BRGM, CNRS, DRM, IPGP, 43 pp + 1 carte pliée.
- Boudon G., Komorowski J-C., Villemant B., and Semet M-P. (2008) - A new scenario for the last magmatic eruption of La Soufrière of Guadeloupe (Lesser Antilles) in 1530 A.D. Evidence from stratigraphy radiocarbon dating and magmatic evolution of erupted products. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 178, 474-490.
- Bouysse Ph. (1979) – Caractères morphostructuraux et évolution géodynamique de l'arc insulaire des Petites Antilles (Campagne Arcante 1), Bull. BRGM, 2ème série, sect. IV, n°3/4, pp.185-210.
- BOUYSSSE PH. (1984) – The Lesser Antilles island arc : structure and geodynamic evolution. Initial Rep. DSDP, 78A, (Washington DC), p.83-103.
- DE REYNAL DE SAINT MICHEL A. (1966) – Carte géologique détaillée de la France. Département de la Guadeloupe. Feuille de Basse Terre et des Saintes, échelle 1/50 000. – Ministère de l'industrie, Paris.
- Ducreux L., Surdyk N. et Devenoges Q. (2013) – Evaluation de l'état des masses d'eau souterraine de la Guadeloupe dans le cadre de la révision de l'état des lieux de 2013. Rapport final. BRGM/RP-62685-FR, 63 p., 16 ill., 7 ann.
- Dumon A., Vittecoq B., Allier D., Mougin B., Ladouche B. (2009) – Contribution à l'évaluation de la ressource en eau souterraine de la Basse-Terre – Guadeloupe. Rapport BRGM/RP-56821-FR.
- Fabriol R. et Ouzounian G. (1985) – Prospection géothermique des zones de Bouillante et de la Soufrière (Guadeloupe) – Modèle hydrogéochimique. Rapport du BRGM n° 85 SGN 433 GTH, 35 pp.
- FEUILLET N. (2000) – Sismotectonique des Petites Antilles. Liaison entre activité sismique et volcanique. – *Thèse de Doctorat*, Univ. Paris 7, 283p.
- GADALIA A. (1984) – Exploration géologique des zones de Baillif, Vieux Habitants (Guadeloupe). – Rapport BRGM 84 SGN 146 GTH, 31p.
- GADALIA A., WESTERCAMP D. (1984) - Prospection géothermique de la région de Bouillante - Vieux Habitants (Guadeloupe). *Rapport BRGM n° 84SGN063GTH*, 53 p.
- Gadalia A. (1985) – Cadre structural de l'activité hydrothermale des zones d'exploration de Bouillante et de Moscou (Guadeloupe). Rapport BRGM n°85-SGN-080-GTH, 46p.
- Giggenbach W.F. (1988) - Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 52, 2749-2765.

- Henley, R.W. and Ellis, A.J. (1983) Geothermal systems, ancient and modern: a geochemical review. *Earth Science Review* **19**, 1-50.
- JACQUES D., MAURY R.C. & BELLON H. (1984). – Géologie et géochronologie des îles des Saintes, Guadeloupe. – Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, serie II, 299, 11, 721-726
- Komorowski, J.C., Boudon, G., Semet, M., Beauducel, F., Anténor-Balzac, C., Bazin, S., Hammouya, G. (2005) - Guadeloupe. In: Unit, S.R. (Ed.), *Volcanic Hazard Atlas of the Lesser Antilles*. University of the West Indies, St Augustine, Trinidad, W.I., pp. 67–104.
- Levesque A. et Mathurin A. (2008) – Les zones importantes pour la conservation des oiseaux en Guadeloupe. Rapport Amazona n°17, juin 2008.
- Roberto Moretti, Jean-Christophe Komorowski, Guillaume Ucciani, Séverine Moune, David Jessop, Jean-Bernard de Chabalier, François Beauducel, Magali Bonifacie, Arnaud Burtin, Martin Vallée, Sebastien Deroussi, Vincent Robert, Dominique Gibert, Tristan Didier, Thierry Kitou, Nathalie Feuillet, Patrick Allard, Giancarlo Tamburello, Tara Shreve, Jean-Marie Saurel, Arnaud Lemarchand, Marina Rosas-Carbajal, Pierre Agrinier, Anne Le Friant, Marc Chaussidon (2020) - 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* 393 (2020) 106769
- Puvilland P., Doré P. (1985) – Reconnaissance géothermique par prospection électrique (dipôle-dipôle et sondages électriques) sur le site de Moscou – Guadeloupe. Rapport BRGM 85-SGN-073-GTH, 20p.
- Ricci J., Quidelleur X., Pallares C., Lahitte P. (2017) - High-resolution K-Ar dating of a complex magmatic system: The example of Basse-Terre Island (French West Indies). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 345, 142–160.
- Samper A., Quidelleur X., Komorowski J-C, Lahitte P., Boudon G. (2009) - Effusive history of the Grande Découverte Volcanic Complex, southern Basse-Terre (Guadeloupe, French West Indies) from new K–Ar Cassagnol–Gillot ages. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 187, 117–130.
- Sierra J., Desfontaines L., (2018) – Les sols de la Guadeloupe. Genèse, distribution & propriétés. Unité Agrosystèmes Tropicaux (ASTRO), INRA Antilles-Guyanne, Guadeloupe, Juin 2018.
- Villemant, B., Hammouya, G., Michel, A., Semet, M.P., Komorowski, J.C., Boudon, G., Cheminée, J.L., 2005. The memory of volcanic waters: shallow depth magmadegassing revealed by long-term monitoring of hydrothermal springs at la Soufrière volcano (Guadeloupe, Lesser Antilles). *Earth Planet. Sci. Lett.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2005.05.013>.
- Villemant, B., et al., 2014. Evidence for a new shallow magma intrusion at La Soufrière of Guadeloupe (Lesser Antilles): insights from long-term geochemical monitoring of halogen-rich hydrothermal fluids. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 285, 247{277}.
- Westercamp D. et Tazieff H. (1980) – Martinique, Guadeloupe, Saint Martin, La Désirade – Guides Géologiques Régionaux. Masson, Paris.