



CONCESSION DE BOUILLANTE

Dossier de Demande d'Autorisation d'Ouverture de Travaux Miniers pour la réalisation de nouveaux forages

Partie 4 : Etude d'impact

Janvier 2018

**Géothermie Bouillante
Le bourg
97125 Bouillante**



PRESENTATION

Ce document constitue la **Partie 4 « Etude d'impact »** du Dossier de Demande d'Autorisation d'Ouverture de Travaux Miniers (DAOTM), déposé par la société **Géothermie Bouillante**, détentrice d'une concession de gîtes géothermiques à haute température dite « Concession de Bouillante », à Bouillante (Guadeloupe), qui lui a été accordée par décret en date du 17 juin 2009, et qui envisage de forer deux ou trois nouveaux puits d'exploitation dans le but d'accroître la capacité de production électrique de la centrale géothermique qu'elle exploite.

En raison de sa taille, cette partie 4 « **Etude d'impact** » n'a pas été intégrée dans le document principal dont le contenu est le suivant :

Partie 1 : Indication de la qualité en laquelle le dossier est présenté ;

Partie 2 : Un mémoire exposant les caractéristiques principales des travaux prévus ;

Partie 3 : Un exposé relatif aux méthodes de recherches envisagées ;

Partie 5 : Le document de sécurité et de santé prévu à l'article 28 du décret n°2006-649 ;

Partie 6 : Un document indiquant, à titre prévisionnel, les conditions de l'arrêt des travaux ainsi que l'estimation de son coût ;

Partie 7 : Un document indiquant les incidences des travaux sur la ressource en eau et, le cas échéant, les mesures compensatoires envisagées ainsi que la compatibilité du projet avec le Schéma directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux;

Partie 8 : Un document exposant la compatibilité des risques industriels du projet avec la sécurité publique au niveau de la zone des travaux et de ses accès/dessertes.



SOMMAIRE DE L'ETUDE D'IMPACT

I. INTRODUCTION	11
I.1. Justification de l'étude d'impact	11
I.2. Auteurs de l'étude d'impact.....	13
I.3. Références consultées	13
II. CONTEXTE, PRINCIPE ET JUSTIFICATION DU PROJET.....	15
II.1. Identification du demandeur	15
II.2. Cadre juridique.....	15
II.3. Contexte du Projet	15
II.4. Principe du Projet.....	16
II.5. Localisation du projet	16
II.6. Justification du projet.....	18
II.6.1 Adéquation avec les politiques énergétiques nationales et locales.....	18
II.6.2 Intérêts économique et stratégique du projet	18
II.6.3 Bénéfice environnemental.....	22
II.6.4 Développement local et retombées financières.....	23
II.7. Description et grandeurs caractéristiques.....	25
II.7.1 L'exploitation géothermique de Bouillante en 2017	25
II.7.2 Principe de fonctionnement de la centrale géothermique	26
II.7.3 Grandeurs caractéristiques.....	27
III. ANALYSE DE L'ETAT INITIAL.....	29
III.1. Présentation géographique du site.....	29
III.2. Présentation du milieu physique.....	32
III.2.1 Le champ géothermique de Bouillante.....	32
III.2.2 Géologie du site	33
III.2.3 Hydrogéologie et hydrologie.....	34
III.2.4 Les sources thermales.....	37
III.2.5 Climatologie	38
III.2.6 Aléas naturels.....	41
III.2.7 Le milieu marin.....	45
III.2.8 Qualité de l'air.....	47
III.3. Le milieu naturel terrestre	47
III.3.1 la faune et la flore terrestres au niveau du site des travaux	47
III.3.2 Inventaires des espaces naturels protégés.....	48
III.3.3 Classement du site des travaux de forage	50
III.4. Milieu humain et données socio-économiques.....	51
III.4.1 Contexte socio-économique	51
III.4.2 Maîtrise foncière du projet et situation cadastrale	52
III.4.3 Riverains du projet.....	53
III.4.4 Etablissement recevant du public à proximité.....	53



III.4.5	Servitudes réglementaires	53
III.4.6	Servitude d'urbanisme	53
III.4.7	Recensement d'installation à risque.....	54
III.4.8	Voies de communication et fréquentation du site	54
III.4.9	Niveau sonore du site	55
III.5.	Patrimoine et paysages.....	56
III.5.1	Paysages.....	56
III.5.2	Patrimoine archéologique.....	56
III.5.3	Patrimoine architectural	56
III.5.4	Monuments historiques.....	56
III.6.	Pertinence du Projet.....	57
III.6.1	Critères techniques	57
III.6.2	Critères économiques	57
III.6.3	Critères environnementaux	57
III.6.4	Critère social	58
IV.	ANALYSE DES IMPACTS DES TRAVAUX DE FORAGE SUR L'ENVIRONNEMENT	59
IV.1.	Impacts sur le milieu naturel.....	59
IV.1.1	Impacts des travaux de forage sur le paysage, la faune et la flore.....	59
IV.1.2	Impacts des travaux de forage sur le sol.....	59
IV.1.3	Impacts des travaux de forage sur les ressources en eau et sur le milieu aquatique ...	60
IV.1.4	Impacts des travaux de forage sur le milieu marin.....	61
IV.2.	Impacts visuels des travaux de forage	62
IV.2.1	Impacts temporaires	62
IV.2.2	Impact permanent	62
IV.3.	Impacts des travaux de forage sur la qualité de l'air	63
IV.3.1	Les poussières	63
IV.3.2	Rejets des gaz de combustion des moteurs.....	63
IV.3.3	Les gaz présents dans le fluide géothermal	64
IV.4.	Nuisances sonores	65
IV.4.1	Impact temporaire pendant les travaux	65
IV.4.2	Populations concernées.....	65
IV.4.3	Réglementations	65
IV.4.4	Evaluation du niveau de bruit généré par l'appareil de forage	68
IV.4.5	Mesures pour limiter le bruit et les émergences sonores	68
IV.4.6	Mesures lors du dégorgeement et des tests de production de courte durée des puits .	69
IV.4.7	Impact permanent après les travaux de forage.....	69
IV.5.	Impacts sur les activités socio-économiques de la commune	69
IV.5.1	Impacts sur les réseaux existants.....	69
IV.5.2	Impacts sur le contexte socio-économique de la commune	70
IV.5.3	Impacts sur la circulation et les infrastructures.....	70
IV.5.4	Impacts sur la sécurité des personnes.....	71
IV.6.	Impacts sur l'hygiène, la sécurité et la salubrité publique	72
IV.6.1	Impact du projet sur la circulation routière.....	72
IV.6.2	La qualité de l'air.....	72
IV.6.3	Les nuisances sonores.....	72
IV.7.	Impacts des déchets et effluents de forage.....	72



IV.7.1	Nature des déchets et effluents.....	72
IV.7.2	Impacts des déchets sur la santé	72
IV.7.3	Boue de forage et déblais	73
IV.7.4	Autres déchets industriels banals	74
IV.7.5	Eaux de ruissellement et eaux usées	74
IV.7.6	Fluide géothermal.....	74
IV.7.7	Déchets ménagers.....	74
IV.7.8	Combustibles et lubrifiants	75
IV.7.9	Propreté générale du chantier.....	75
IV.8.	Impact sur la protection du patrimoine	75
V.	SYNTHESE DES MESURES DESTINEES A SUPPRIMER, ATTENUER OU COMPENSER LES EFFETS NEGATIFS DU PROJET	76
VI.	ANALYSE DES EFFETS CUMULES DU PROJET AVEC D’AUTRES PROJETS CONNUS.....	80



LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Photographie aérienne du bourg de Bouillante (©GéoPortail) montrant le périmètre actuel de la centrale géothermique et les limites approximatives des parcelles voisines AO196, AO195, AO200 et AO354 retenues pour implanter les travaux de forage des nouveaux puits (Coordonnées UTM WGS84).	17
Figure 2 : Mix électrique 2014 en Guadeloupe (source : EDF Archipel Guadeloupe, OREC (Observatoire Régional de l’Energie et du Climat)).	19
Figure 3 : Evolution du mix de production électrique en Guadeloupe entre 1996 et 2014 en MWh (source : OREC).	19
Figure 4 : Coût de production du MWh électrique dans les Systèmes Electriques Insulaires par type d’énergie (EDF-SEI, 2017).	21
Figure 5 : Principales composantes du système électrique de la Guadeloupe et leur puissance installée (source : DEAL, OREC, EDF Archipel Guadeloupe)	22
Figure 6 : Photographie aérienne de l'usine géothermique implantée dans le bourg de Bouillante avec l’unité Bouillante 1 (bâtiment de gauche), l’unité Bouillante 2 (bâtiment de droite) et la localisation du puits BO-2, et la Rue Vanier qui borde le site à l’est.	24
Figure 7 : Localisation du site de l’usine (ou centrale) géothermique de Bouillante et des sites déportés de l’exploitation au sein de l’agglomération de Bouillante (photographie aérienne ; source : Géoportail IGN).	25
Figure 8 : Localisation des parcelles retenues pour les travaux de forage et de la centrale géothermique dans le bourg de Bouillante (Coordonnées UTM WGS84).	29
Figure 9 : Localisation prévisionnelle des deux ou trois nouveaux puits BO-8, BO-9 et BO-10 à l’intérieur de la parcelle AO196 (Coordonnées en UTM WGS84). Les positions du puits existant BO-2, du sondage superficiel 64S3 et de la source Tuyau, situés à proximité, sont également reportées.	30
Figure 10 : Montage photographique illustrant le site retenu pour les travaux de forage. Le nord est à gauche. Les limites de parcelles sont approximatives.	31
Figure 11 : Carte synthétique montrant les principaux éléments géologiques du champ géothermique de Bouillante, ainsi que la position des 7 puits profonds forés entre 1969 et 2001 (Coordonnées UTM WGS84).	32
Figure 12 : Log lithologique simplifié, coupe technique du puits et profil de température statique du puits BO-2 réalisé en juillet 2010 (d’après des données de EURAFREP et de CFG Services).	34
Figure 13 : Représentation très simplifiée du réservoir géothermique à l’aplomb du bourg de Bouillante.	35
Figure 14 : Extrait de la carte topographique de l’IGN au 1/25 000 montrant la localisation des captages et réservoir AEP par rapport à la zone retenue pour les travaux de forage (Coordonnées UTM WGS84).	36
Figure 15 : Hauteurs de pluies annuelles (mm) sur l’Île de Basse-Terre en 2016 et écarts aux normales 1981–2010 (source : Météo France Guadeloupe).	39
Figure 16 : Evolution mensuelle des précipitations enregistrées à Vieux-Habitants en 2016 (d’après Météo France Guadeloupe).	39
Figure 17 : Fréquences des vents en fonction de leur provenance en % par groupe de secteurs, enregistrées à la station de Le Bouchu à Vieux-Habitants entre août 1998 et juin 2003 (d’après Météo France Guadeloupe).	40
Figure 18 : Cartographie de l’aléa mouvement de terrain au niveau du site des travaux, extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeur (PPR) pour la commune de Bouillante.	41



Figure 19 : Cartographie de l'aléa sismique extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeur (PPR) pour la commune de Bouillante.	42
Figure 20 : Cartographie de l'aléa inondation extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeur (PPR) pour la commune de Bouillante.	43
Figure 21 : Cartographie de l'aléa cyclonique extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeur (PPR) pour la commune de Bouillante.	44
Figure 22 : Zonage réglementaire extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeur (PPR) pour la commune de Bouillante.	45
Figure 23 : Carte des masses d'eau côtières de l'Île de Basse-Terre sensibles à l'eutrophisation (SDAGE 2016-2021).	47
Figure 24 : Cartographie des espaces naturels protégés recensés sur la commune de Bouillante (d'après l'application Cartelie de la DEAL Guadeloupe).	49
Figure 25 : Localisation de la ZNIEFF marine de type 1 de la Pointe à Lézard (d'après l'application Cartelie de la DEAL Guadeloupe).	51
Figure 26 : Localisation des riverains dans des rayons de 50 m et de 100 m par rapport à la machine de forage qui sera implantée sur la parcelle AO 196.	54
Figure 27 : Localisation de points de mesures acoustiques réalisées par le bureau d'Etudes ATEA du 12/12 au 16/12/2009.	55
Figure 28 : Schéma de principe du séparateur cyclonique atmosphérique qui sera mis en place sur la plateforme de forage pour réaliser le dégorgeement et une mise en production de courte durée des puits.	63
Figure 29 : Représentation des niveaux de bruit générés par la machine de forage qui sera utilisée en fonction de la distance (Document Ormat).	67
Figure 30 : Echelle du bruit en dB(A) (source ADEME)	68
Figure 31 : Signalisation sur chantier.	73
Figure 32 : Stockage des déchets sur un site.	75
Figure 33 : Bacs de rétention et stockage d'huile sur un chantier.	75



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau récapitulatif de la production électrique de la centrale de Bouillante délivrée sur le réseau EDF depuis 2001, et de l'énergie électrique globale délivrée sur le réseau EDF en Guadeloupe (source : EDF SEI).	20
Tableau 2 : Données concernant la production électrique en Guadeloupe en 2016 (source : OREC, 2017).	20
Tableau 3 : Répartition de la part de l'électricité produite à partir d'énergies renouvelables dans le mix électrique de la Guadeloupe en 2016 (source : OREC, 2017).	20
Tableau 4 : Taux d'émissions gazeuses de différents types de centrales électriques (en tonne/jour par MWe).	23
Tableau 5 : Bilan 2015 des émissions de gaz à effet de serre liées à la production d'électricité en Guadeloupe (source : OREC, 2017).	23
Tableau 6 : Grandeurs caractéristiques des deux unités Bouillante 1 et Bouillante 2 de la centrale géothermique de Bouillante (données de conception).	27
Tableau 7 : Tableau récapitulatif des caractéristiques principales des 2 puits verticaux forés par EURAFREP entre 1969 et 1977 et des 3 puits directionnels forés par Géothermie Bouillante en 2000-01.	28
Tableau 8 : Etats écologique et chimique de la Rivière Lostau et de la Rivière de Beaugendre en 2013 (d'après SDAGE 2016-2021).	37
Tableau 9 : Températures mensuelles moyennes diurnes et nocturnes relevées à la station du Raizet, Guadeloupe, en 2016 (d'après Météo France Guadeloupe).	39
Tableau 10 : Durée moyenne d'ensoleillement (en heures par jour) au Raizet de 1996 à 2010 (source : Météo France Guadeloupe).	40
Tableau 11 : Synthèse de l'état écologique de la masse d'eau côtière évalué en 2013 à la station de suivi FRCO1 située au niveau d'un sec de la Pointe à Lézard à la bordure nord de la baie de Bouillante (d'après SDAGE, 2016-2021).	46
Tableau 12 : Résultats des mesures acoustiques réalisées par le bureau d'études ATEA du 12/12 au 16/12/2009 à proximité de la centrale géothermique à l'arrêt (bruit résiduel) et en fonctionnement (bruit ambiant).	56
Tableau 13 : Valeurs d'émergences maximale admissible.	66



I. INTRODUCTION

I.1. JUSTIFICATION DE L'ÉTUDE D'IMPACT

La prise de conscience dans les années 1970 de la nécessité de limiter les dommages à la nature s'est concrétisée par des lois obligeant à réduire les nuisances et pollutions, et à atténuer les impacts des grands projets (ou de projets dépassant un certain coût). Pour ce faire, des études d'impact environnemental sont devenues obligatoires préalablement à la réalisation d'aménagements ou d'ouvrages qui, par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur le milieu naturel, pourraient porter atteinte à ce dernier.

L'étude d'impact se présente à la fois comme une procédure administrative et une démarche scientifique préalable destinée à analyser l'insertion du projet dans l'ensemble des composantes de l'environnement (eau, air, sol, plantes et animaux). Elle permet d'analyser les effets directs et indirects, immédiats et lointains, individuels et collectifs du projet sur l'environnement. Le contenu de l'étude d'impact est proportionné à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et à la nature des travaux, ouvrages et aménagements projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine.

L'étude d'impact environnemental est un outil mis à la disposition du maître d'ouvrage public ou privé pour concevoir un projet respectueux de l'environnement. Elle doit donc commencer très en amont du dit projet, au stade de l'esquisse technique et continuer pendant toute la phase d'élaboration. Elle est également un outil d'information au service de l'autorité compétente pour instruire la demande d'autorisation et décider en toute connaissance de cause.

Enfin, elle contribue à l'information du public. En tant que telle, elle facilite la participation de ce même public. L'étude d'impact est ainsi jointe aux dossiers de demande d'autorisation de recherche et d'ouverture de travaux sur lesquels le public est invité à réagir, présenter ses observations, ses remarques ou ses contre-propositions.

L'obligation de réaliser une étude d'impact environnemental préalablement à l'octroi d'une autorisation de projet de travaux, d'aménagements ou d'ouvrages date, en France, de la loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature et son décret d'application en date du 12 octobre 1977. Depuis le 1^{er} juin 2012, tout projet dont le dossier de demande d'autorisation, d'approbation ou d'exécution est déposé auprès de l'autorité compétente doit appliquer les dispositions du décret n°2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements.

Le droit des études d'impact est régi par les articles L. 122-1 à L. 122-3 et R. 122-1 à R. 122-16 du Code de l'Environnement. L'article R. 122-1 prévoit que les études d'impact environnemental préalables à la réalisation de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements prescrites par la présente section soient réalisées sous la responsabilité du pétitionnaire ou du maître d'ouvrage (article 1 du décret 2011-2019).



Selon le tableau annexé à l'article R. 122-2 du Code de l'Environnement, sont soumis à une étude d'impact de façon systématique :

- les travaux de forage d'exploration et d'exploitation minière, à l'exclusion des forages géothermiques de minime importance, des forages de moins de 100 mètres de profondeur et des forages pour étudier la stabilité des sols ;
- l'ouverture de travaux de recherches et d'exploitation des gîtes géothermiques mentionnés à l'article L. 112-1 du Code Minier.

Dans ce contexte, ce document présente l'étude d'impact environnemental relative aux travaux de forage de nouveaux puits géothermiques envisagés par la société Géothermie Bouillante, en s'attachant à :

- décrire l'état initial du site d'implantation des travaux et de son environnement ;
- recenser les impacts des travaux sur l'environnement afin de définir la meilleure organisation de chantier de moindre impact, en intégrant les observations effectuées lors de l'état initial ainsi que les contraintes techniques, économiques et géologiques ;
- évaluer les effets permanents engendrés par le projet sur le milieu physique, naturel et humain, qu'ils soient positifs ou négatifs et présenter les mesures envisagées pour supprimer, limiter et si possible compenser les effets négatifs.

Conformément à l'article R.122-5 du Code de l'Environnement, le contenu du présent dossier est « en relation avec l'importance des travaux et aménagements projetés et avec leurs incidences prévisibles sur l'environnement », avec :

- une description succincte du projet comportant des informations relatives à sa conception et à ses dimensions ;
- une analyse de l'état initial de la zone et des milieux susceptibles d'être affectés par le projet;
- une esquisse des principales solutions de substitution examinées par le maître d'ouvrage et les raisons pour lesquelles, eu égard aux effets sur l'environnement ou la santé humaine, le projet présenté a été retenu ;
- une analyse des effets négatifs et positifs, directs et indirects, temporaires et permanents, à court, moyen et long terme, des travaux sur l'environnement et une proposition des mesures mises en place afin d'éviter, réduire ou compenser ces impacts ;
- les éléments permettant d'apprécier la compatibilité du projet avec l'affectation des sols définie par le document d'urbanisme opposable et son articulation avec les plans, schémas et programmes mentionnés à l'article R.122-17 du code de l'environnement ;
- une analyse des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus ;
- une présentation des méthodes utilisées pour établir l'état initial et évaluer les effets du projet sur l'environnement ;
- une description des difficultés éventuelles, de nature technique ou scientifique, rencontrées par le maître d'ouvrage pour réaliser cette étude ;
- les noms et qualités précises des auteurs de l'étude d'impact et des études qui ont contribué à sa réalisation.



L'étude d'impact est complétée par un résumé non technique afin de faciliter la prise de connaissance par le public des informations contenues dans l'étude.

I.2. AUTEURS DE L'ETUDE D'IMPACT

Cette étude d'impact a été coordonnée par le bureau d'étude CFG Services, basé à Orléans, Loiret, qui a assuré la majeure partie de la rédaction. Les principaux contributeurs ont été :

- Hervé Traineau, Géologue senior ;
- Sophie Maupaté, Ingénieur d'études ;
- Louis Hirsinger, Ingénieur forage.

Elle a bénéficié d'une contribution de l'Agence régionale du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), basée à Petit-Bourg, Guadeloupe, en ce qui concerne l'évaluation des risques naturels.

Elle a également bénéficié d'une contribution du bureau d'études Caraïbe Environnement, basé à Baie-Mahault, Guadeloupe, en ce qui concerne l'étude faunistique et floristique du site.

I.3. REFERENCES CONSULTEES

Les principaux documents qui ont été consultés dans le cadre de cette étude d'impact sont :

BRGM (1992) - Atlas Communal des Risques Naturels de la Commune de Bouillante. Rapport BRGM/RR-36374-FR.

Caraïbe Environnement (2011) – Dossier de demande d'autorisation d'ouverture de travaux d'exploitation de la centrale géothermique de Bouillante – 4^{ème} partie : Etude d'Impact. Rapport n° 388Q-R0904/09/PS/OF, 145 pages.

CFG Services (2010) - Cartographie des émissions atmosphériques d'hydrogène sulfuré (H₂S) de l'unité B1 de la centrale géothermique de Bouillante. Rapport 10 CFG 65, 26 pages.

DEAL Guadeloupe, Comité de Bassin de la Guadeloupe, Office de l'Eau Guadeloupe, ONEMA (2016) – SDAGE 2016-2021. Révision de l'état des lieux 2013 du district hydrographique Guadeloupe.

EDF-SEI (2017) – Systèmes énergétiques insulaires Guadeloupe. Bilan prévisionnel de l'équilibre offre / demande d'électricité, juillet 2017, 14 pages.

Météo France Guadeloupe (2017) – Bulletin climatique annuel 2016 de la Guadeloupe, 4 pages.

NortekMed (2009) – Mesures de températures, salinités & oxygène dans la baie de Bouillante. Rapport d'étude AF1011/EON/0109/1, 34 pages

OREC (2017) – Les chiffres clés de l'Energie en Guadeloupe. Bilan 2016, 40 pages.

Parc National de la Guadeloupe (2014) - Charte de territoire du Parc National de la Guadeloupe approuvée par le décret n° 2014-48 du 21 janvier 2014, 84 pages.

Préfecture de la Région Guadeloupe (2007) – Commune de Bouillante. Plan de prévention des risques naturels prévisibles. Règlement, 51 pages.



Région Guadeloupe, DEAL (2017) - Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) 2016-2018/2019-2023 de la Guadeloupe, 113 pages.

Textes législatifs :

- ✓ Article R122-5 du code de l'environnement
- ✓ Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte ;
- ✓ Décret n° 2016-1110 du 11 août 2016 relatif à la modification des règles applicables à l'évaluation environnementale des projets, plans et programmes ;
- ✓ Décret n° 2016-1303 du 4 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières, et abrogeant l'annexe intitulée « Titre Recherche par forage, exploitation de fluides par puits et traitement de ces fluides » du décret n° 80-331 du 7 mai 1980 portant règlement général des industries extractives ;
- ✓ Arrêté du 14 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières ;
- ✓ Décret n° 2017-626 du 25 avril 2017 relatif aux procédures destinées à assurer l'information et la participation du public à l'élaboration de certaines décisions susceptibles d'avoir une incidence sur l'environnement et modifiant diverses dispositions relatives à l'évaluation environnementale de certains projets, plans et programmes.



II. CONTEXTE, PRINCIPE ET JUSTIFICATION DU PROJET

II.1. IDENTIFICATION DU DEMANDEUR

La demande est déposée par la société **Géothermie Bouillante**, propriétaire et exploitante de la centrale géothermique de Bouillante. Elle a son siège social à Bouillante, Guadeloupe.

Géothermie Bouillante

Le Bourg

97125 BOUILLANTE.

La société est inscrite au Registre du Commerce de Basse-Terre sous le numéro B 400 716 536. Son numéro de SIRET est 400 716 536 00018.

II.2. CADRE JURIDIQUE

Conformément à l'article 6-I du décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains, tout dossier de demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers doit inclure une étude d'impact.

Conformément à l'article R214-1 du Code de l'Environnement, ces travaux de forage relèvent également des rubriques suivantes de la « Loi sur l'eau » :

Numéro de la rubrique	Désignation des activités	Situation du projet	Régime de la Loi sur l'Eau
5.1.2.0.	Travaux de recherche et d'exploitation de gîtes géothermiques	Exploitation géothermique	Autorisation

Compte-tenu de la nature du projet, et du fait de l'équivalence inter-code, le régime du Code Minier vaut régime du Code de l'Environnement.

II.3. CONTEXTE DU PROJET

La société Géothermie exploite le champ géothermique de Bouillante depuis 1995. Elle est détentrice d'une concession de gîtes géothermiques à haute température dite « Concession de Bouillante », Guadeloupe, qui lui a été accordée par décret en date du 17 juin 2009 pour une durée de 50 ans.

L'exploitation de la centrale géothermique de Bouillante est actuellement encadrée par les autorisations suivantes :

- L'arrêté préfectoral n°2012-965 du 16 août 2012 portant autorisation d'ouverture de travaux miniers pour l'exploitation de gîtes géothermiques pour la production d'électricité par la centrale géothermique sur le territoire de la commune de Bouillante par la société Géothermie Bouillante.
- L'arrêté préfectoral n°2014-145 SG/DICTAJ/BRA du 31 mars 2014 portant création de la Commission de Suivi de Site (CSS) autour de l'installation exploitée par la société Géothermie Bouillante;



- L'arrêté préfectoral n°2015-079 SG/DICTAJ/BRA du 20 juillet 2015 modifiant l'arrêté préfectoral n°2012-965 du 16 août 2012 portant autorisation d'ouverture de travaux miniers pour l'exploitation de gîtes géothermiques pour la production d'électricité par la centrale géothermique sur le territoire de la commune de Bouillante, présentée par la société Géothermie Bouillante.

L'exploitation géothermique de Bouillante comporte actuellement une usine située dans le bourg de Bouillante et dotée de deux unités de production d'électricité Bouillante 1 et Bouillante 2 d'une capacité globale de 15,5 MW. Elles sont alimentées en vapeur par des puits de production, accompagnés par des puits de réinjection du fluide géothermal et des puits d'observation pour surveiller l'évolution du gisement. Au total, l'exploitation dispose actuellement de 5 puits dont les longueurs forées vont de 338 m à 2504 m.

II.4. PRINCIPE DU PROJET

Le projet porté par Géothermie Bouillante consiste à **forer de nouveaux puits** dans le bourg de Bouillante à proximité de l'usine géothermique.

Ces nouveaux puits, d'une longueur forée allant de 1000 à 1600 m, seront intégrés dans l'exploitation actuelle, en fournissant un surcroît de capacité de production de vapeur et un surcroît de capacité de réinjection du fluide géothermal, qui se traduiront par un supplément de de production électrique délivré sur le réseau EDF Guadeloupe.

La réalisation de ces nouveaux puits profonds suppose l'utilisation d'une machine de forage de taille importante. Les travaux nécessiteront l'aménagement d'une plateforme sur une parcelle récemment acquise par Géothermie Bouillante d'une surface de l'ordre de 3200 m², ainsi que des aménagements sur des parcelles périphériques en cours d'acquisition par Géothermie Bouillante.

II.5. LOCALISATION DU PROJET

La Figure 1 montre la localisation de la centrale géothermique et de la zone retenue pour ces travaux de forage dans le bourg de Bouillante. Elle se trouve à proximité immédiate de la centrale géothermique, de l'autre côté de la rue Vanier.

Les nouveaux puits seront implantés sur une parcelle acquise récemment par Géothermie Bouillante (Parcelle n°196 de la Feuille AO du plan cadastral de Bouillante). L'accès à cette parcelle se fait par la Rue Vanier. Sa superficie est de 3200 m² environ.

En complément de la parcelle AO 196, Géothermie Bouillante est en train d'acquérir 3 autres parcelles dont les périmètres sont figurés en jaune sur la Figure 1 :

- La parcelle AO 200 d'une superficie de 200 m² environ ;
- La parcelle AO 195 d'une superficie de 820 m² environ ;
- La parcelle AO 354 d'une superficie de 75 m² environ.

Ces trois parcelles, périphériques par rapport à la parcelle AO 196, seraient destinées plus particulièrement au stockage des équipements et au parking des véhicules.

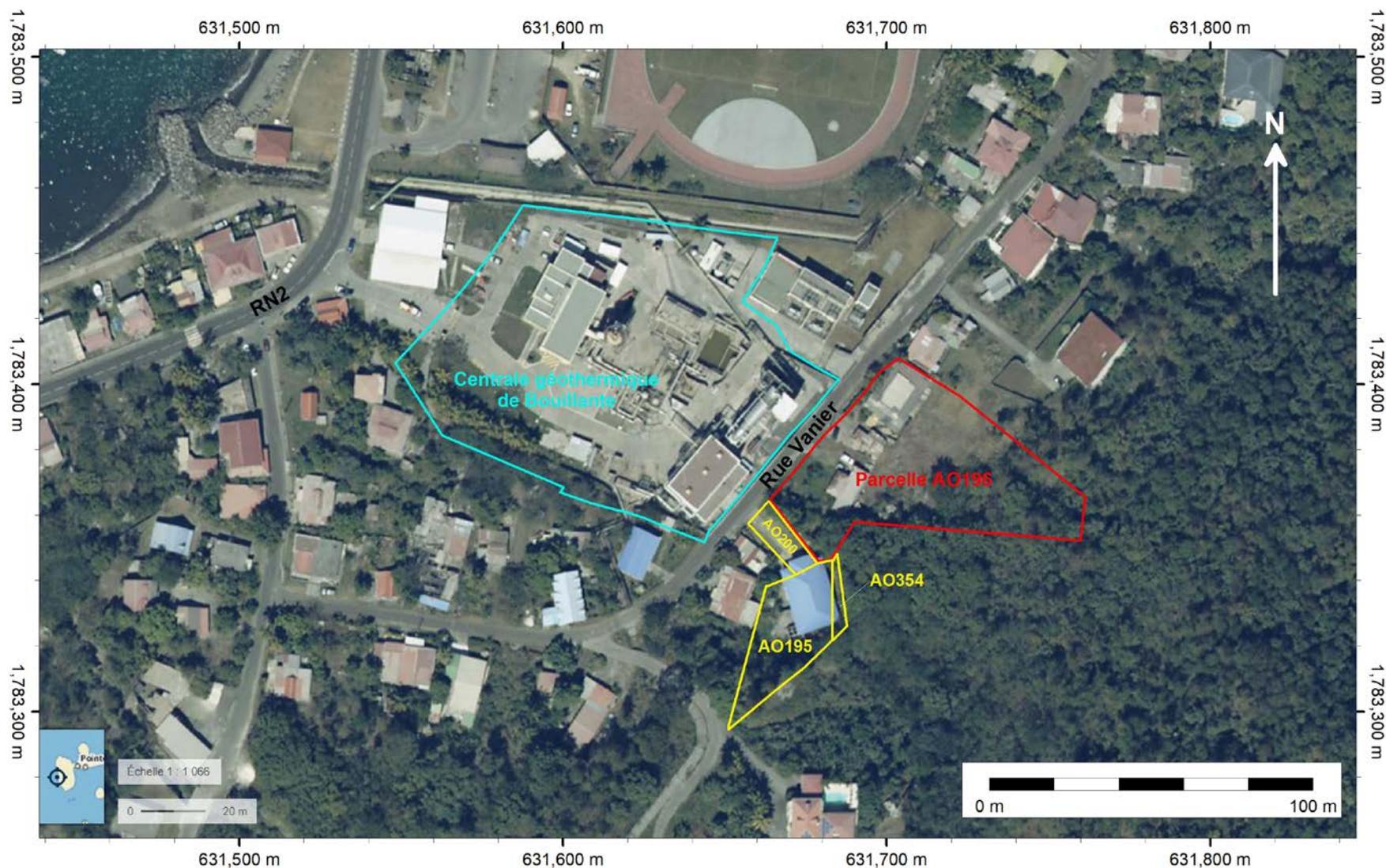


Figure 1 : Photographie aérienne du bourg de Bouillante (©GéoPortail) montrant le périmètre actuel de la centrale géothermique et les limites approximatives des parcelles voisines AO196, AO195, AO200 et AO354 retenues pour implanter les travaux de forage des nouveaux puits (Coordonnées UTM WGS84).



II.6. JUSTIFICATION DU PROJET

II.6.1 Adéquation avec les politiques énergétiques nationales et locales

Le projet de la société Géothermie Bouillante visant à développer l'exploitation de la ressource géothermique de Bouillante pour la production d'électricité à travers la réalisation de nouveaux puits 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 local, ce projet de Géothermie Bouillante est également en phase avec les objectifs du PRERURE de la Guadeloupe (Plan Régional pluriannuel de prospection et d'exploitation des Energies Renouvelables et d'Utilisation Rationnelle de l'Energie) dont la volonté est de promouvoir le développement des énergies renouvelables dont la géothermie. Les scénarios ambitieux qui avaient été fixés par le PRERURE en 2009 étaient :

- A l'horizon 2020 : 50% d'électricité renouvelable ;
- A l'horizon 2030 : 50% d'énergie totale renouvelable ;
- A l'horizon 2050 : autonomie énergétique du territoire.

II.6.2 Intérêts économique et stratégique du projet

La Guadeloupe reste très largement dépendante des énergies fossiles pour la production d'électricité. En 2016, 82% de l'électricité produite en Guadeloupe l'ont été à partir de charbon et de pétrole (Figure 2). Par ailleurs, la demande en électricité a quasiment doublé entre 1996 et 2016 (Figure 3).

Le Tableau 1 présente un bilan de l'électricité délivrée par la centrale de Bouillante sur le réseau EDF depuis 2001. En 2016, la capacité de production installée de la centrale Bouillante (15,5 MW) représentait seulement 2,8% de la puissance totale installée en Guadeloupe (554 MW). Sa production électrique délivrée sur le Réseau EDF a été de 84,1 GWh, soit 4,7% de l'électricité consommée dans l'archipel (1 791 GWh ; Tableau 2). La consommation électrique brute par habitant (tous secteurs confondus : résidentiel, tertiaire, industriel) a été de 4,45 MWh/habitant (Tableau 2). En 2016, la géothermie aurait donc couvert les besoins en électricité d'environ 19 000 habitants, sur une population totale de 402 119 habitants.

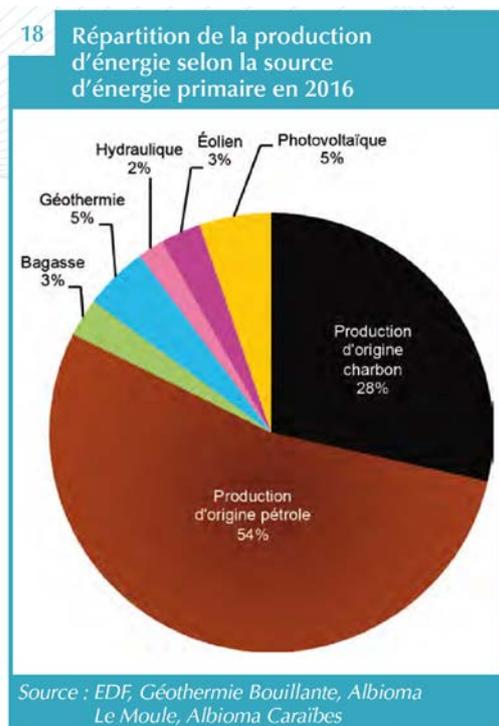


Figure 2 : Mix électrique 2014 en Guadeloupe (source : EDF Archipel Guadeloupe, OREC (Observatoire Régional de l'Énergie et du Climat)).

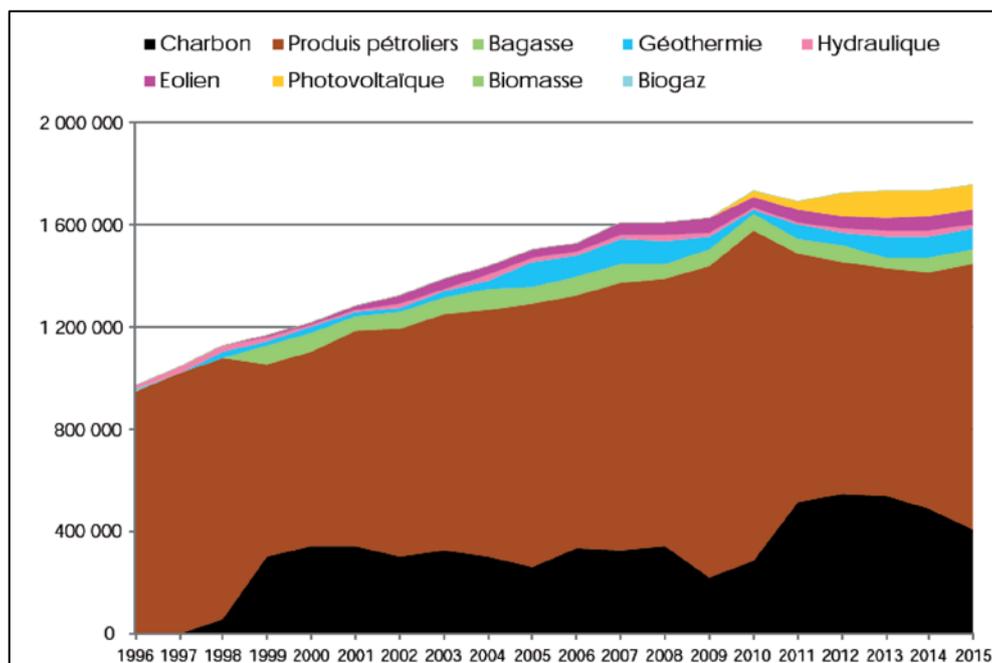


Figure 3 : Evolution du mix de production électrique en Guadeloupe entre 1996 et 2014 en MWh (source : OREC).



Années	Production électrique de Géothermie Bouillante délivrée sur le réseau EDF (GWh)	Energie électrique livrée sur le réseau EDF en Guadeloupe (GWh)
2001	20	1286
2002	17	1323
2003	23	1386
2004	21	1450
2005	95	1500
2006	79	1537
2007	95	1600
2008	91	1612
2009	50	1628
2010	15	1730
2011	56	1692
2012	50	1726
2013	81	1729
2014	74,8	1733
2015	83,4	1759
2016	84,1	1791

Tableau 1 : Tableau récapitulatif de la production électrique de la centrale de Bouillante délivrée sur le réseau EDF depuis 2001, et de l'énergie électrique globale délivrée sur le réseau EDF en Guadeloupe (source : EDF SEI).

	Bilan 2016	
Production totale d'électricité en Guadeloupe	1 791 GWh	
Part des énergies fossiles	1 476 GWh	82,4%
Part des énergies renouvelables	315 GWh	17,6%
Part de Géothermie Bouillante	84,1 GWh	4,7%
Consommation électrique brute par habitant en Guadeloupe	4,45 MWh/habitant	
Nombre d'habitants dont les besoins en électricité ont été couverts par la géothermie	19 000 habitants	

Tableau 2 : Données concernant la production électrique en Guadeloupe en 2016 (source : OREC, 2017).

2016	Bagasse	Géothermie	Hydraulique	Eolien	Photovoltaïque	Biomasse	Biogaz	Total
Production MWh	49804	84079	34090	53289	93794	0	44	315100
%	16%	27%	11%	17%	30%	0%	0,01%	100%

Tableau 3 : Répartition de la part de l'électricité produite à partir d'énergies renouvelables dans le mix électrique de la Guadeloupe en 2016 (source : OREC, 2017).

La contribution de la géothermie au mix électrique de la Guadeloupe est significative parmi les EnRs puisqu'elle a représenté 27% de l'électricité d'origine renouvelable produite au niveau de l'archipel en 2016 (Tableau 3).

La Figure 4 compare les coûts de production électrique dans les systèmes insulaires (EDF-SEI, 2017). Le coût de l'électricité d'origine géothermique apparaît compétitif par rapport aux coûts des énergies fossiles ou celui des autres énergies renouvelables.

De plus, la géothermie fonctionne comme une énergie de base et assure une production continue 24x24h, indépendante des conditions climatiques.

Tout projet visant à augmenter la part de Bouillante apparaît donc clairement comme bénéfique à l'économie de la Guadeloupe et à son indépendance énergétique. De plus, de par sa position excentrée (Figure 5), la centrale de Bouillante contribue à la stabilité du réseau au niveau de l'île de Basse-Terre.

Les scénarios de la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) 2016-2018/2019-2023 de la Guadeloupe envisagent une capacité de production installée de la centrale de Bouillante de 20 MW d'ici 2023, et fixe un objectif supplémentaire de 20 MW pour atteindre 40 MW d'ici 2030. La production de Bouillante couvrirait alors 16% des besoins en électricité de la Guadeloupe.

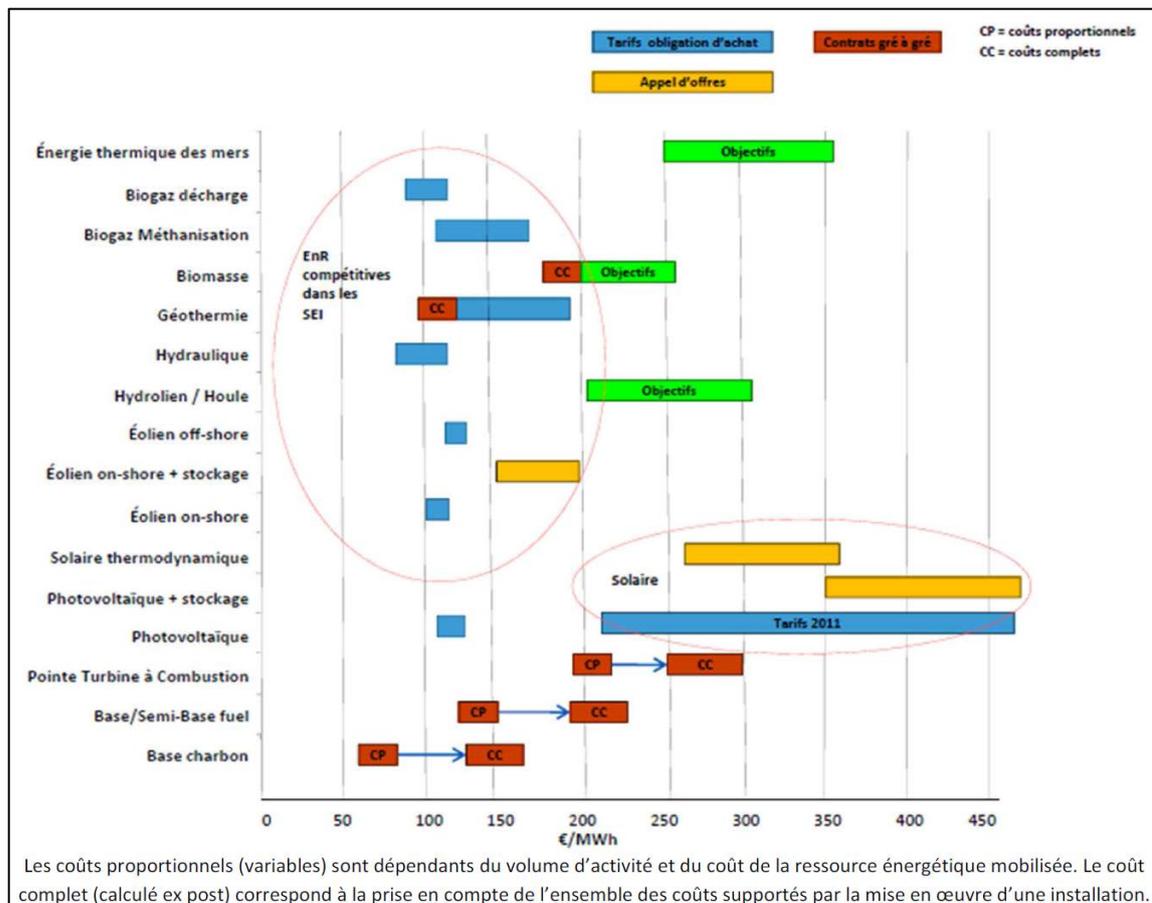


Figure 4 : Coût de production du MWh électrique dans les Systèmes Electriques Insulaires par type d'énergie (EDF-SEI, 2017).

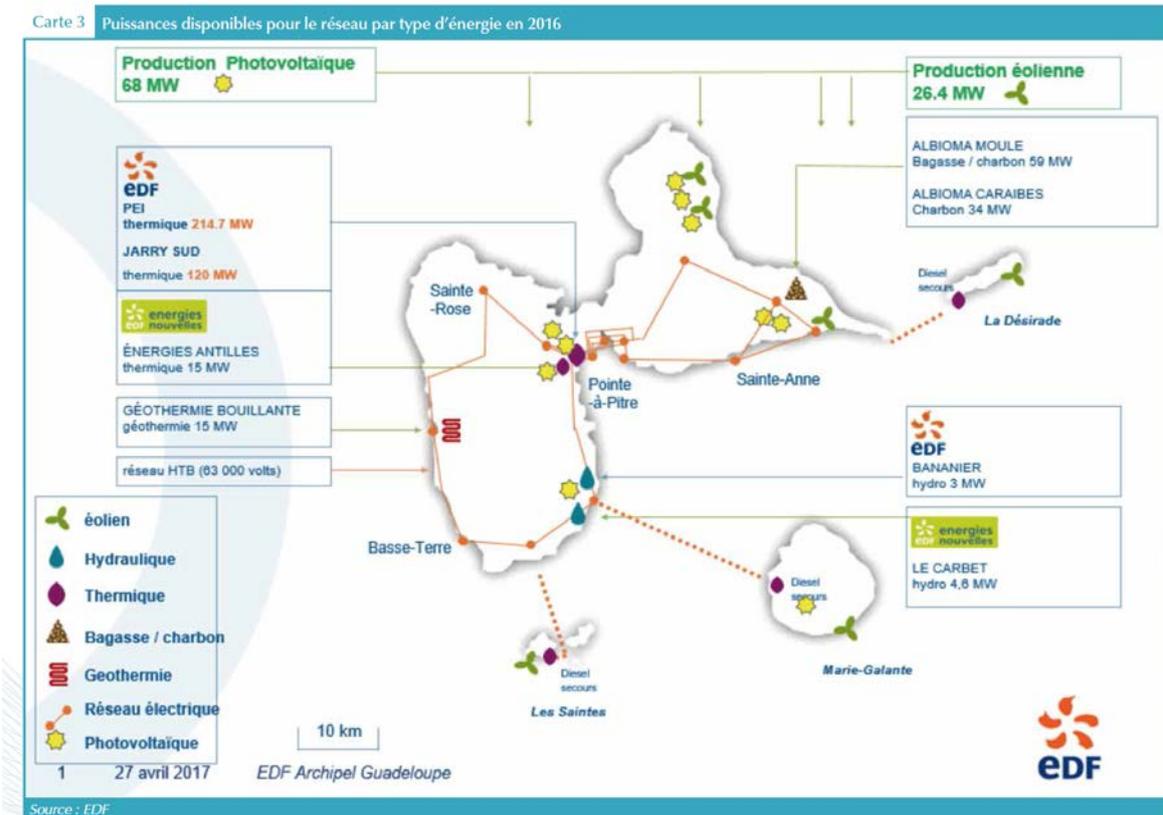


Figure 5 : Principales composantes du système électrique de la Guadeloupe et leur puissance installée (source : DEAL, OREC, EDF Archipel Guadeloupe)

II.6.3 Bénéfice environnemental

D'après l'OREC (Observatoire Régional de l'Énergie et du Climat), les émissions de gaz à effet de serre de la Guadeloupe ont quasiment doublé depuis 1990 et ont atteint 3 637 ktCO₂ en 2011, dont 50% étaient directement liés à la production d'électricité à partir d'énergies fossiles.

Sans être nécessairement et systématiquement neutres en émissions de gaz à effet de serre, les énergies renouvelables présentent globalement un bilan d'émissions en sortie de centrale plus favorable que les énergies thermiques. Les objectifs de développement ambitieux des EnRs en Guadeloupe doivent ainsi permettre de contenir l'évolution à la hausse des émissions de gaz à effet de serre issues de la production d'électricité et la géothermie peut y contribuer.

Le Tableau 4 compare les taux d'émissions gazeuses de différents types de centrales électriques. Le taux d'émission en CO₂ des centrales géothermiques est environ vingt fois plus faible que celui des centrales utilisant des combustibles fossiles (pétrole, gaz, charbon). Ainsi, d'après l'Ademe (citée par Caraïbe Environnement, 2011), la production de 1 MWh d'électricité géothermique en substitution de 1 MWh d'électricité diesel évite l'émission de :

- 0,727 t de CO₂ ;
- 0,0202 t de SO₂ et NO_x.

En 2015, la géothermie a donc permis d'éviter les émissions de 61,1 ktCO₂ et de 1,7 ktSO₂-NO_x (Tableau 5). Les émissions de gaz à effet de serre liées à la production électrique en Guadeloupe en 2015 ont été évaluées par l'OREC à 1 339 ktCO₂. La contribution de la géothermie a ainsi



permis de réduire les émissions de CO₂ liées à la production d'électricité d'environ 4,5%. Cette contribution est d'autant plus bénéfique que la Guadeloupe présente un bilan carbone très défavorable par rapport à la Métropole en raison de la prédominance des énergies fossiles (charbon, pétrole) dans son mix électrique (Tableau 5). Par habitant, les émissions de CO₂ liées à la production électrique y sont 10 fois supérieures.

Types de centrale	CO ₂	NO _x	SO _x	H ₂ S	Poussières
Charbon	22	0,09	0,22	0	0,7
Diesel	18	0,04	0,12	0	0,2
Gaz naturel	12	0,05	-	0	0
Géothermie	0,7	0	0	0,01	0

Tableau 4 : Taux d'émissions gazeuses de différents types de centrales électriques (en tonne/jour par MWe).

	Bilan 2015
Emissions de CO ₂ liées à la production électrique en Guadeloupe	1 339 kTCO ₂
Emissions de CO ₂ évitées grâce à la géothermie	61,14 kTCO ₂ (soit 4,5%)
Emissions de SO ₂ et NO _x évitées grâce à la géothermie	1,7 7 kTSO ₂ -NO _x
Contenu moyen en carbone du kWh électrique produit en Guadeloupe	761 gCO ₂ /kWh
Contenu moyen en carbone du kWh électrique produit en Métropole	83 gCO ₂ /kWh
Emissions de CO ₂ électrique par habitant en Guadeloupe	3,33 tCO ₂ /habitant
Emissions de CO ₂ électrique par habitant en Métropole	0,26 tCO ₂ /habitant

Tableau 5 : Bilan 2015 des émissions de gaz à effet de serre liées à la production d'électricité en Guadeloupe (source : OREC, 2017).

II.6.4 Développement local et retombées financières

La centrale géothermique est le principal pôle d'activité industrielle de la commune de Bouillante. A ce titre, elle contribue à différents niveaux à l'économie locale.

L'équipe d'exploitation est composée de 19 employés permanents, dont la majeure partie habite la commune de Bouillante ou les communes voisines de la Côte sous le Vent.

La centrale génère également une activité de maintenance qui donne lieu à de nombreuses sous-traitances principalement auprès de sociétés bouillantaises et guadeloupéennes. Le montant annuel de ces travaux est estimé autour de 2 M€.

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 de Bouillante. Le montant annuel de ces retombées indirectes pour Bouillante est évalué à 250-300 k€.

Les manifestations hydrothermales et la centrale géothermique représentent également un attrait touristique que la municipalité met en avant dans sa communication et dont les retombées sont difficiles à chiffrer mais indéniables. Régulièrement, des groupes de visiteurs viennent à Bouillante et bénéficient de visites encadrées de la centrale et des manifestations hydrothermales (sources chaudes).

La centrale de Bouillante joue également un rôle important dans la formation des jeunes techniciens et ingénieurs guadeloupéens, en accueillant des stagiaires tout au long de l'année sur des thématiques techniques variées.



Figure 6 : Photographie aérienne de l'usine géothermique implantée dans le bourg de Bouillante avec l'unité Bouillante 1 (bâtiment de gauche), l'unité Bouillante 2 (bâtiment de droite) et la localisation du puits BO-2, et la Rue Vanier qui borde le site à l'est.

La zone retenue pour implanter les nouveaux forages est située à droite de la Rue Vanier et est indiquée par l'étoile rouge.

II.7. DESCRIPTION ET GRANDEURS CARACTERISTIQUES

II.7.1 L'exploitation géothermique de Bouillante en 2017

L'exploitation géothermique de Bouillante comporte un site principal (le site de l'usine ; Figure 6) et quatre sites déportés (Figure 7) : la plateforme des puits, la conduite de transport des fluides et la station de séparation des phases vapeur/eau, la station de pompage en eau de mer et le canal de rejet des effluents en mer :

- Le site de l'usine, situé dans le bourg de Bouillante, abrite les deux unités Bouillante 1 et Bouillante 2 ainsi que leurs auxiliaires (condenseurs barométriques et atmosphériques, ballons déshumidificateurs), le puits BO-2 et l'installation de réinjection des fluides, les ateliers et les bureaux. L'unité Bouillante 1 d'une puissance installée de 4,5 MW bruts a été mise en service en 1986. L'unité Bouillante 2 d'une puissance installée de 11 MW a été mise en service en 2005 ;



Figure 7 : Localisation du site de l'usine (ou centrale) géothermique de Bouillante et des sites déportés de l'exploitation au sein de l'agglomération de Bouillante (photographie aérienne ; source : Géoportail IGN).



- La plateforme des puits située à Plateau sur laquelle sont implantés quatre puits (BO-4, BO-5, BO-6 et BO-7) ;
- Un réseau de conduites de transport des fluides d'une longueur de 600 m environ, reliant la plateforme des puits au site de l'usine et comportant à mi-chemin la station de séparation vapeur/eau ;
- La station de pompage en eau de mer, située en bord de mer, comportant un canal d'amenée et deux bâtiments abritant les pompes. Elle est reliée au site de l'usine par des conduites souterraines ;
- Le canal de rejet des effluents de la centrale, empruntant un ancien fossé et débouchant en mer derrière le bar des Sources Chaudes.

II.7.2 Principe de fonctionnement de la centrale géothermique

La centrale géothermique de Bouillante est dédiée à la production d'électricité grâce à l'énergie délivrée par la vapeur issue de la vaporisation du fluide géothermal haute température. Schématiquement, son mode de fonctionnement peut être décrit de la façon suivante :

- ⇒ Les puits de production (BO-5, BO-6) captent le fluide géothermal en profondeur (entre 800 m et 1000 m de profondeur) et à haute température (250°C). Ce fluide, à l'état liquide dans le réservoir en raison de la pression élevée, se vaporise partiellement lors de sa remontée vers la surface. En tête de puits, la proportion de vapeur est de l'ordre de 10% à une pression de 15-25 bars-a et une température de 200-220°C ;
- ⇒ En surface, le mélange vapeur/eau est transporté depuis la plateforme des puits vers le site de l'usine grâce à un réseau de conduites de transport. En chemin, une étape de séparation dite à Haute Pression ou HP (P=6,5 bars-a et T=163°C) permet de séparer la phase vapeur de la phase liquide. Dans ces conditions, les proportions de vapeur HP et d'eau séparée HP sont respectivement de 20% et 80% environ ;
- ⇒ La phase vapeur HP est envoyée vers les deux groupes turbo-alternateurs Bouillante 1 et Bouillante 2. Ils sont tous les deux équipés d'une turbine à vapeur conventionnelle qui utilise directement la vapeur géothermale. La vapeur est admise en turbine à une pression de l'ordre de 6 bars-a et 159°C. Lors de son passage et de sa détente à travers les différents paliers de la turbine, l'énergie thermique de la vapeur géothermale est transformée en énergie cinétique et énergie mécanique qui sont converties en énergie électrique par un alternateur couplé à la turbine. La turbine de l'unité Bouillante 1 est à double étage d'admission et a la particularité d'utiliser également de la vapeur Basse Pression (ou BP) issue d'une étape supplémentaire de vaporisation et de séparation de l'eau séparée HP au sein d'un séparateur Basse Pression à 1,4-1,5 bars-a. Cette particularité permet à l'unité Bouillante 1 d'avoir un meilleur rendement thermodynamique et de valoriser une fraction de l'eau séparée ;
- ⇒ Les deux groupes turbo-alternateurs sont équipés d'un condenseur à colonne barométrique utilisant l'eau de mer comme source froide pompée au niveau de la station de pompage pour condenser la vapeur à sa sortie de turbine. La condensation de la vapeur est obtenue par mélange direct avec l'eau de mer. L'adjonction de condenseur à colonne barométrique à l'échappement des turbines permet de maintenir un vide partiel de l'ordre de 75-100 mbars qui améliore le rendement de la conversion thermodynamique. Elle a de plus l'avantage de supprimer l'émission d'un panache de vapeur en sortie de turbine. Les condensats de vapeur



mélangés à l'eau de mer sont recueillis dans des bassins de mélange avant d'être évacués vers le canal de rejet ;

- ⇒ Afin de maintenir le vide partiel au sein de ce condenseur barométrique, les gaz incondensables présents en faible quantité dans la phase vapeur sont extraits du condenseur par un groupe de vide et traités avant leur rejet à l'atmosphère ;
- ⇒ L'eau séparée HP qui est issue du séparateur de phase Haute Pression a plusieurs usages. Une fraction subit une seconde étape de vaporisation à Basse Pression pour délivrer de la vapeur Basse Pression qui est utilisée par la turbine de l'unité Bouillante 1. Une autre fraction est réinjectée dans le réservoir via le puits BO-2, afin de maintenir la pression au sein du gisement. Enfin, le solde est mélangé à de l'eau de mer et refroidi dans les bassins de mélange avant d'être évacué en mer via le canal de rejet.

Pour être complet, il faut mentionner le rôle des puits d'observation (BO-4, BO-7 et BO-2 de façon transitoire) qui assurent une surveillance de la pression au sein du réservoir.

II.7.3 Grandeurs caractéristiques

Le Tableau 6 fournit quelques grandeurs physiques caractéristiques de l'exploitation géothermique de Bouillante tandis que le Tableau 7 récapitule les principales caractéristiques des 5 puits existants.

	Unités	Unité Bouillante 1	Unité Bouillante 2	Total
Puissance électrique installée	MWe	4,5	11	15,5
Débit vapeur HP (6 bars-a) à l'admission	t/h	33	89	122
Débit eau séparée HP (6,5 bars-a)	bars-a	139	374	513
Débit total de fluide géothermal requis	t/h	172	463	635
Taux de vaporisation du fluide géothermal	%	19-20		
Pression d'admission turbine HP	bars-a	6		
Température d'admission turbine HP	°C	159		
Débit eau séparée réinjectée	t/h	100-150		
Débit eau de mer à 25-30°C pour le refroidissement du fluide géothermal	m ³ /h	1980	6400	8380
Ratio de gaz incondensable dans le fluide	% (poids)	0,08%		
Flux horaire moyen de gaz incondensables	kg/h	132	355	487
Flux horaire moyen de gaz H ₂ S	kg/h	2,75	7,41	10,16

Tableau 6 : Grandeurs caractéristiques des deux unités Bouillante 1 et Bouillante 2 de la centrale géothermique de Bouillante (données de conception).



Puits	BO-2	BO-4	BO-5	BO-6	BO-7
Coordonnées WGS84 UTM20Nord	x: 631 617 m y: 1783 386 m z: 3 m NGG	x: 631 828 m y: 1782 986 m z: 90,5 m NGG	x: 631 845 m y: 1782 982 m z: 90,5 m NGG	x: 631 817 m y: 1782 980 m z: 90,5 m NGG	x: 631 837 m y: 1782 982 m z: 90,5 m NGG
Date de forage	1969-70	1974-77	2000-01	2001	2001
Type de puits	vertical	vertical	Incliné et dévié NE	Incliné et dévié NW	Incliné et dévié SE
Longueur forée (m)	338,5	2504	1198	1248	1400
Profondeur par rapport au sol (m)	338,5	2504	1090	1124	1240
Diamètre du cuvelage de production (in.)	7	9 ^{5/8}	9 ^{5/8}	9 ^{5/8}	9 ^{5/8}
Usage du puits	Producteur, injecteur, observation	Producteur, injecteur, observation	Producteur	Producteur	Observation, Injecteur
Débit en production (t/h)	150	100	300-400	300-400	-
Débit en réinjection (t/h)	100-150	-	-	-	-

Tableau 7 : Tableau récapitulatif des caractéristiques principales des 2 puits verticaux forés par EURAFREP entre 1969 et 1977 et des 3 puits directionnels forés par Géothermie Bouillante en 2000-01.

III. ANALYSE DE L'ÉTAT INITIAL

III.1. PRÉSENTATION GÉOGRAPHIQUE DU SITE

Le site retenu pour les travaux de forage se situe dans le bourg de Bouillante, derrière la centrale géothermique de laquelle il est séparé par la rue Vanier (Figure 8 et Figure 9). Les travaux seront implantés sur une parcelle de 3200 m² qui a été récemment acquise par Géothermie Bouillante (parcelle n°196 de la Feuille AO du plan cadastral de Bouillante). Ils concerneront également 3 autres parcelles qui sont en cours d'acquisition par Géothermie Bouillante (AO 195, AO 200 et AO 354) et dont la surface totale est de 1 100 m². Au total, la superficie de la zone de travaux devrait être comprise entre 4000 et 4500 m².



Figure 8 : Localisation des parcelles retenues pour les travaux de forage et de la centrale géothermique dans le bourg de Bouillante (Coordonnées UTM WGS84).

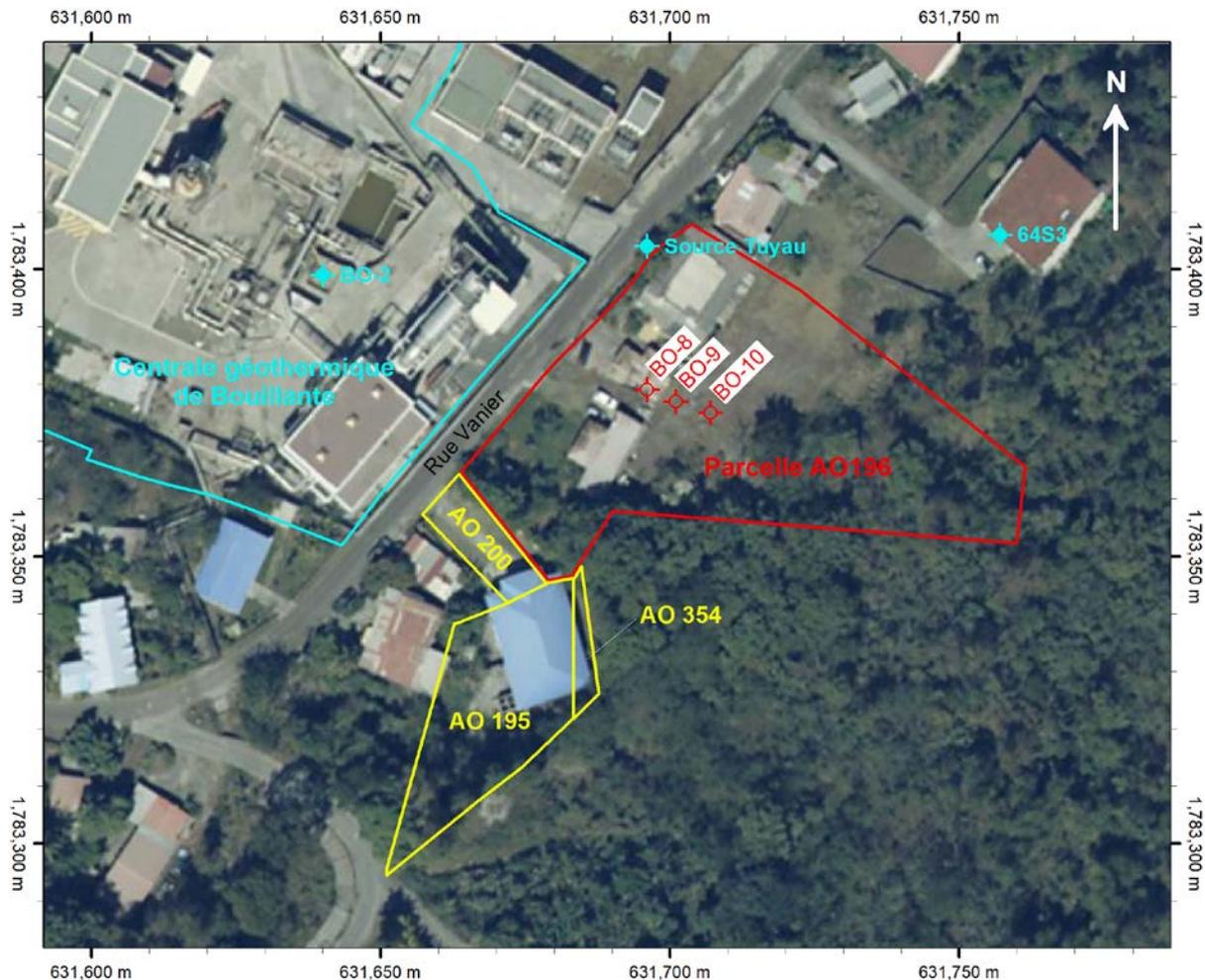


Figure 9 : Localisation prévisionnelle des deux ou trois nouveaux puits BO-8, BO-9 et BO-10 à l'intérieur de la parcelle AO196 (Coordonnées en UTM WGS84). Les positions du puits existant BO-2, du sondage superficiel 64S3 et de la source Tuyau, situés à proximité, sont également reportées.

Le site s'étend au pied de la falaise qui domine le bourg de Bouillante. Il présente une moitié ouest relativement plane et urbanisée et une moitié est avec une déclivité marquée et recouverte par une végétation arbustive (Figure 10). Au nord et au sud, il est bordé par des parcelles comportant des habitations. Des travaux de démolition des bâtiments existants et de génie civil seront réalisés sur la parcelle AO 196 afin d'implanter les puits et de disposer les équipements de forage.

L'accès au site se fera par le nord ou le sud de la rue Vanier puisque cette rue contourne le bourg (Figure 8).



Figure 10 : Montage photographique illustrant le site retenu pour les travaux de forage. Le nord est à gauche. Les limites de parcelles sont approximatives.

Les bâtiments d'habitation abandonnés présents sur la parcelle AO 196 seront détruits et le terrain sera nivelé pour accueillir la machine de forage.

A droite, la parcelle AO 200 et les parcelles AO 195 et AO 354 situées à l'arrière-plan seront utilisées comme parking et aire de stockage. La maison qui borde la parcelle AO 200 n'est plus habitée.

III.2. PRESENTATION DU MILIEU PHYSIQUE

III.2.1 Le champ géothermique de Bouillante

Le développement du champ géothermique de Bouillante est attribué à l'activité volcanique relativement récente de la Chaîne de Bouillante qui a édifié plusieurs appareils volcaniques ponctuels autour de la Baie datés entre 0,5 et 1 million d'années (Figure 11).

La perméabilité dans le substratum est assurée par des failles ou couloirs de failles, orientés N100°-N120° et NE-SW, et dont l'existence est reliée à la présence d'un accident tectonique d'ampleur régionale qui a été mis en évidence au large de Bouillante par les travaux de bathymétrie du BRGM en 1998. Des travaux plus récents d'équipes universitaires (N. Feuillet, 2000) considèrent également que la région de Bouillante coïncide avec la bordure Nord d'une structure de graben prenant en écharpe tout le sud de l'île de Basse-Terre. Ces failles constituent des zones de circulation préférentielles pour les fluides.

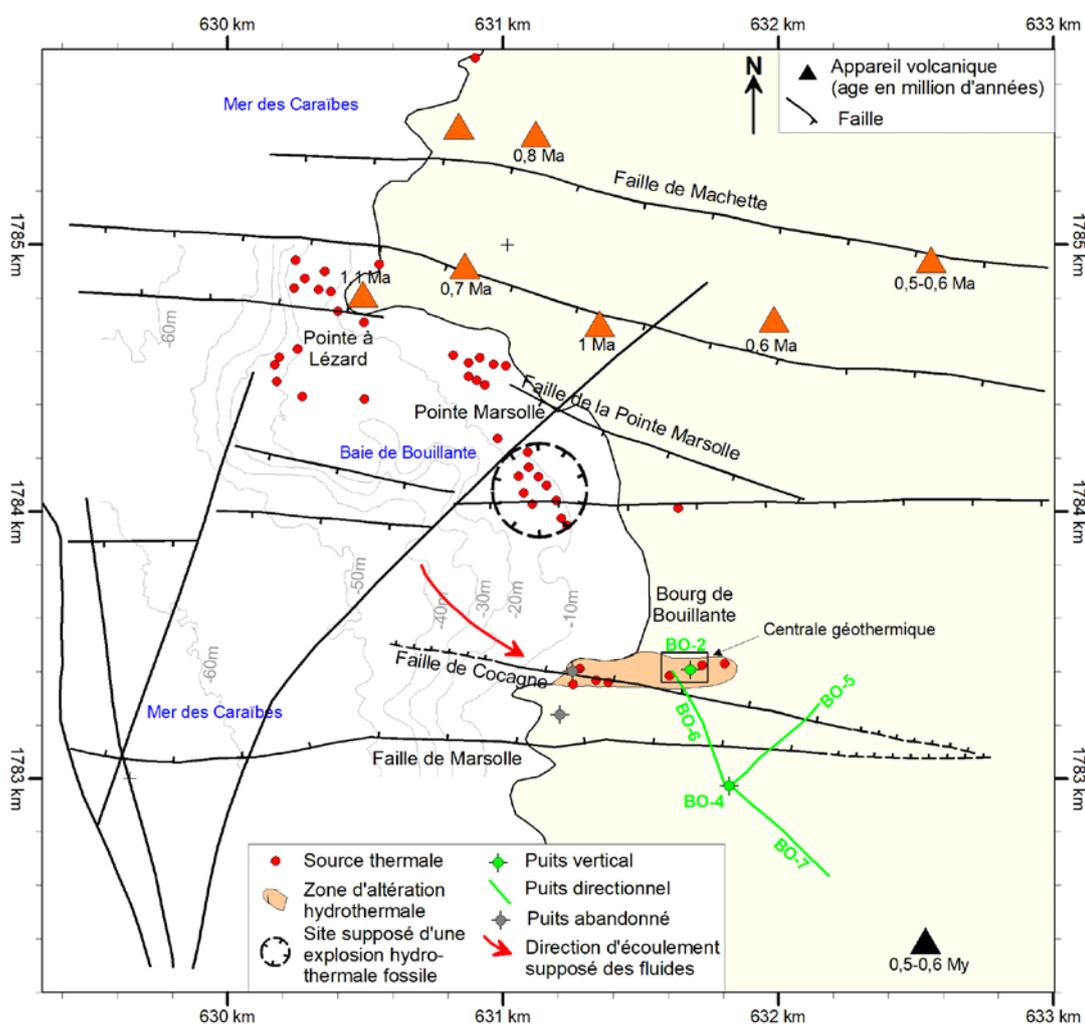


Figure 11 : Carte synthétique montrant les principaux éléments géologiques du champ géothermique de Bouillante, ainsi que la position des 7 puits profonds forés entre 1969 et 2001 (Coordonnées UTM WGS84).



Le fluide géothermal profond est un fluide de type chloruré sodique avec une salinité autour de 20 g/l. Les analyses chimiques et isotopiques montrent qu'il résulte d'un mélange d'environ 60% d'eau de mer et de 40% d'eau douce. La recharge en eaux météoriques s'effectuerait principalement au niveau de la dépression de Beaugendre, située en altitude à l'Est de Bouillante, à flanc de l'édifice ancien des Pitons de Bouillante. Les géothermomètres chimiques, le rapport isotopique en strontium ainsi que des calculs de saturation, indiquent que le fluide du réservoir est à l'équilibre à 250-270°C avec la roche réservoir.

La répartition des indices de surface (sources thermales, altérations hydrothermales, explosion hydrothermale), et la nature du fluide géothermal (mélange d'eau de mer et d'eaux météoriques en proportion quasi-égale) suggèrent que le cœur du système géothermal est localisé à l'aplomb de la Baie de Bouillante ou à sa bordure nord où il pourrait être enraciné le long de l'axe volcano-tectonique constitué par les failles de la Pointe Marsolle et de Machette (Figure 11).

III.2.2 Géologie du site

Le site est situé en bordure de la zone plate sur laquelle est implanté le bourg de Bouillante et au pied de la falaise qui surplombe le bourg. Les sondages réalisés dans cette zone montrent que les formations superficielles sont constituées de formations détritiques correspondant à d'anciens dépôts de plages et/ou des éboulis de la falaise. Le sondage d'exploration superficiel (64S3) réalisé par la SPDEG en 1964 à proximité immédiate de la parcelle AO 196 (Figure 9) a traversé une formation argilo-sableuse sur une épaisseur de 11 mètres avant d'atteindre une brèche argilisée.

A des profondeurs plus importantes, le puits BO-2, qui est distant de 50 m seulement du site (Figure 9), a traversé entre 25 et 140 m de profondeur des alternances de laves et tufs fortement altérés et silicifiés et de nombreux horizons de silice microcristalline correspondant à des zones de fracture cimentées (Figure 12). En-dessous de 140 m, les formations de laves massives deviennent prépondérantes et forment la couverture imperméable du réservoir. Seules quelques fuites du fluide géothermal parviennent en surface en empruntant des fractures. Elles réchauffent la nappe phréatique superficielle qui alimente les sources chaudes et fumerolles connues dans le bourg de Bouillante depuis longtemps. Ces indices de fracturation sont reliés à la proximité de la faille de Cocagne, structure tectonique importante dans ce secteur du réservoir de Bouillante, orientée WNW-ESE, et qui constitue un drain majeur pour la circulation du fluide géothermal en profondeur.

En dessous de 300-400 m, le substratum de la région de Bouillante est composé essentiellement de formations volcaniques sous-marines de type hyaloclastite, fortement altérées par les circulations de fluide géothermal à haute température qui ont transformé les roches et conduit à la précipitation de nombreux minéraux hydrothermaux (silice, chlorite, argiles, carbonates, épidote, sulfures de fer, etc...). Ces formations hyaloclastiques sont recoupées par des dykes de laves massives qui sont d'anciens conduits magmatiques ayant alimenté des appareils volcaniques en surface.

De nombreuses structures tectoniques ont été mises en évidence à Bouillante (Figure 11). Il s'agit de joints, fractures minéralisées, failles normales orientées majoritairement N100-120°, qui trahissent un régime tectonique en extension selon une direction NNE-SSW. Ces structures tectoniques favorisent l'infiltration des eaux de surface (eaux de pluies, eau de mer) en profondeur ainsi que la circulation des fluides géothermaux en profondeur. Elles constituent des cibles prioritaires pour l'implantation des forages de production et de réinjection.

III.2.3.1 La nappe phréatique superficielle

A proximité immédiate du site, se trouve une source chaude dite « Source Tuyau » qui s'écoule dans le caniveau de la rue Vanier (Figure 9). Sa température, suivie régulièrement par le BRGM, varie entre 60°C et 70°C. Elle délivre une eau chlorurée sodique avec une salinité totale comprise entre 1 et 2 g/l. Toujours à proximité, une autre source thermique dans la cave du puits BO-2, situé à environ 50 mètres du site des travaux, délivre un fluide dont la température dépasse 90°C.

Autrefois, de nombreuses résurgences (sources, fumerolles) étaient concentrées dans ce secteur sud du bourg de Bouillante et formaient une zone marécageuse qui a donné son premier nom à la commune (Fontaines Chaudes de Bouillante). Cette zone a été drainée dans les années 1970 pour implanter la plateforme du puits BO-2 puis la première unité Bouillante 1 de la centrale, et ces sources ont quasiment toutes disparues.

Ces sources sont des résurgences de la nappe phréatique superficielle où les eaux météoriques sont mélangées à l'eau de mer et sont contaminées et réchauffées par des remontées du fluide géothermal profond. Dans le sondage d'exploration 64S3 par exemple (Figure 9), une température de 118°C avait été relevée à 11 m de profondeur. Plus en profondeur, la température atteint rapidement 150°C (Figure 12).

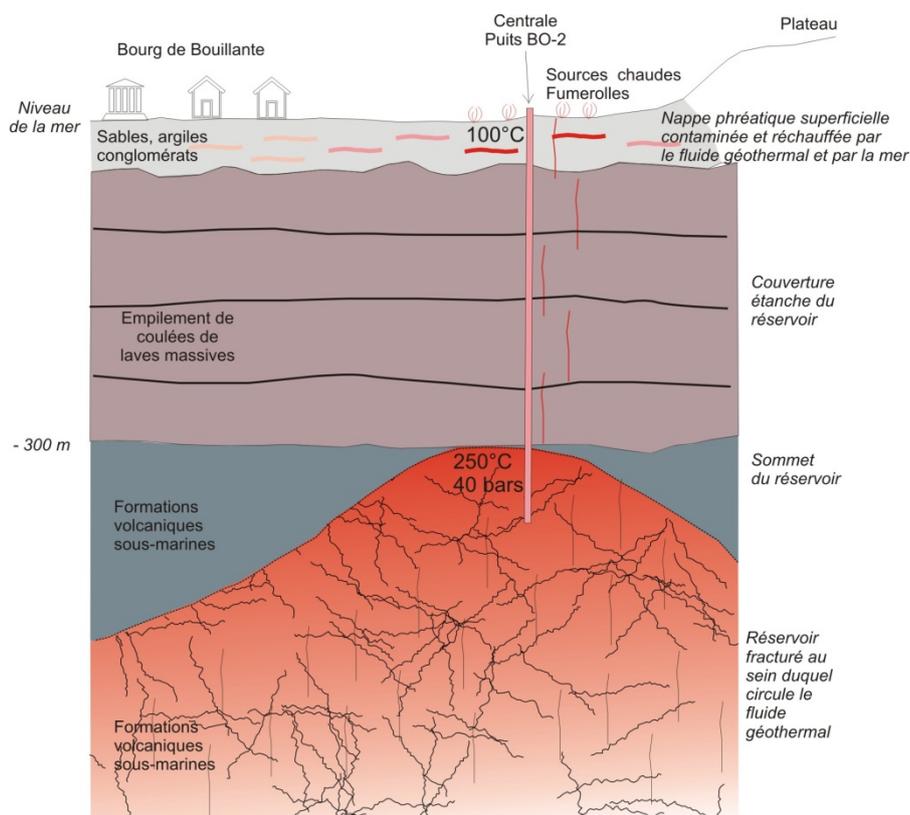


Figure 13 : Représentation très simplifiée du réservoir géothermique à l'aplomb du bourg de Bouillante.

Le sommet du réservoir situé vers 300 m de profondeur est isolé de la surface par un empilement de coulées de laves massives qui joue le rôle d'une couverture étanche. Seules quelques fuites du fluide géothermal parviennent en surface en empruntant des fissures. Elles réchauffent la nappe phréatique superficielle qui alimente les sources chaudes et fumerolles connues dans le bourg de Bouillante depuis longtemps.

III.2.3.2 Les cours d'eau

A proximité du site, il y avait un ancien fossé qui évacuait vers la mer les eaux de la zone marécageuse qui existait autrefois dans ce secteur (Figure 8). Cette zone a été drainée pour implanter la plateforme du puits BO-2 puis la première unité Bouillante 1 de la centrale. L'ancien fossé a été recalibré et bétonné et sert actuellement de canal de rejet pour les effluents de la centrale. Il recueille également les eaux pluviales et des eaux usées de ce secteur du bourg de Bouillante.

Les autres cours d'eau présents dans le secteur sont à l'écart du site. En direction du nord, à une distance de 500 m environ du site, se trouve la rivière de Bouillante qui entaille le flanc ouest des Pitons de Bouillante et qui draine une partie des précipitations vers la mer (Figure 14). La surface de son bassin versant est de 4 km² environ. Elle est pérenne. Son débit est cependant très variable en fonction de la saisonnalité des précipitations.

Au sud, la Ravine Blanche et la Ravine Descoude sont des cours d'eau intermittents qui coulent uniquement lors des périodes de précipitations abondantes. Elles sont situées respectivement à environ 250 m et 650 m du site des travaux (Figure 8).

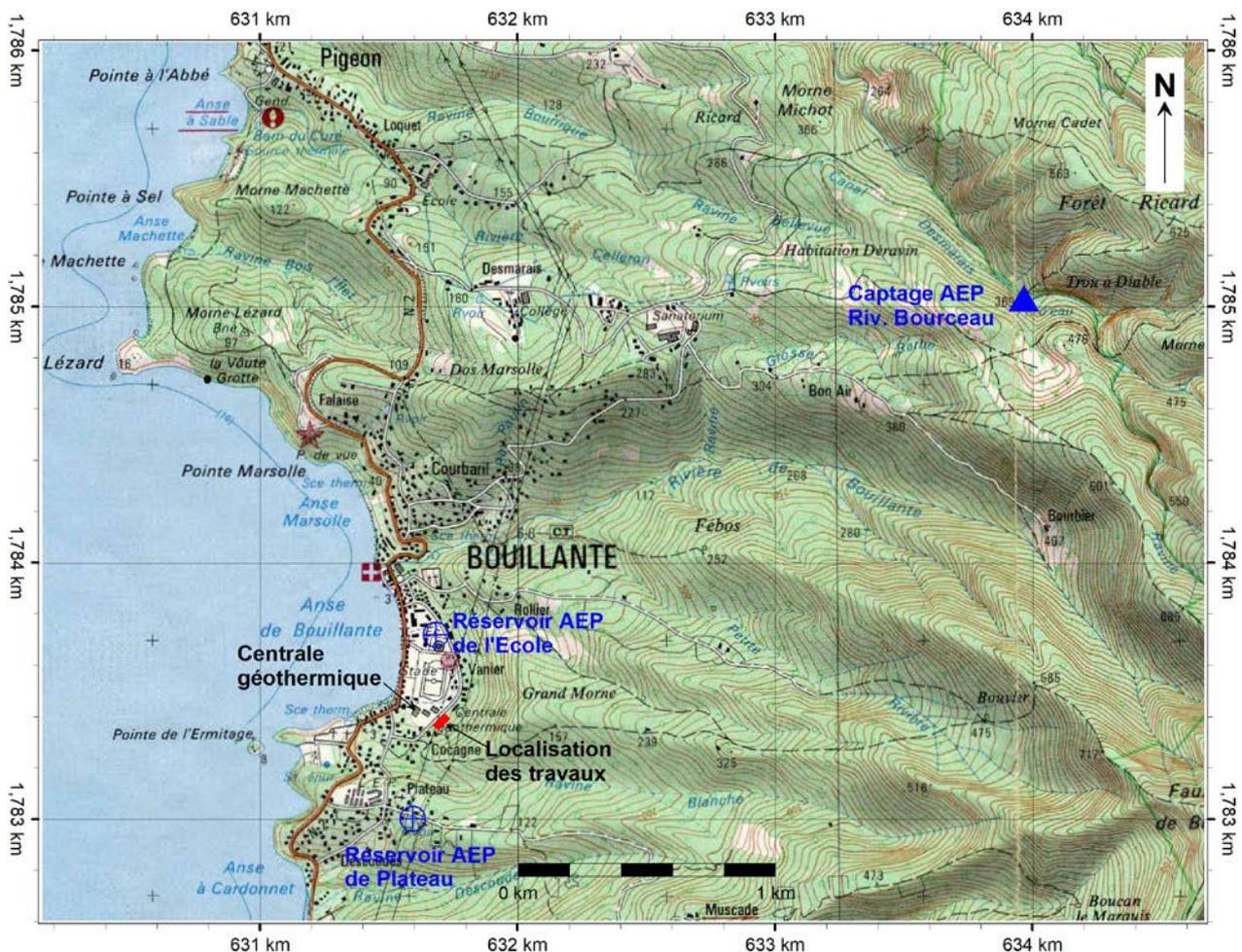


Figure 14 : Extrait de la carte topographique de l'IGN au 1/25 000 montrant la localisation des captages et réservoir AEP par rapport à la zone retenue pour les travaux de forage (Coordonnées UTM WGS84).



Des estimations faites au niveau du bassin versant de la Rivière Lostau située à environ 5-10 km au Nord-Ouest de Bouillante indiquent que les taux d'infiltration et de ruissellement dans les formations volcaniques seraient respectivement de l'ordre de 28% et 72%.

III.2.3.3 Captage AEP

Le secteur du bourg de Bouillante ne comporte aucun captage d'eau AEP ou pour d'autres usages en raison de la salinité et de la température élevée des aquifères.

Le captage en eau potable le plus proche du site des travaux est implanté dans la rivière Bourceau au lieu-dit Trou à Diables, situé à 370 m d'altitude et à environ 3 km au nord-est de la zone du projet (Figure 14). Il s'agit d'un captage en eau superficielle de catégorie A2 et d'une capacité de 5 000 m³/j qui alimente Bouillante. Le SICSV (Syndicat Intercommunal de la Côte Sous le Vent) est maître d'ouvrage pour l'adduction et la distribution. La CGSP (Compagnie Guadeloupéenne de Service Public) est l'exploitant.

Au niveau du bourg de Bouillante, se trouvent deux réservoirs d'eau : celui de l'École (500 m³) situé à environ 250 m du site des travaux de forage et celui de Plateau (100 m³) situé à environ 400 m du site des travaux (Figure 14).

III.2.3.4 Qualité des eaux

Il n'y a pas de suivi de la qualité des cours d'eau (Rivière de Bouillante) à proximité du site des travaux. A distance, la Rivière Lostau, dont le bassin versant est situé à environ 5-10 km au Nord-Ouest du bourg de Bouillante et la rivière de Beaugendre dont le bassin versant est situé à environ 10 km au Sud-Est font l'objet d'un suivi. Leurs états écologique et chimique sont reportés dans le Tableau 8 ci-dessous.

Masse d'eau		Etat écologique		Etat chimique	
Code	Nom	Etat	Niveau de confiance	Etat	Niveau de confiance
FRIR30	Rivière. Lostau	Bon	Faible	Bon	Faible
FRIR29	Rivière de Beaugendre aval	Moyen	Faible	Bon	Faible
FRIR46	Rivière de Beaugendre amont	Moyen	Faible	Bon	Elevé

Tableau 8 : Etats écologique et chimique de la Rivière Lostau et de la Rivière de Beaugendre en 2013 (d'après SDAGE 2016-2021).

III.2.4 Les sources thermales

Bouillante doit son nom à la présence de nombreuses sources et manifestations hydrothermales qui étaient disséminées dans le bourg. La plupart étaient concentrées dans une zone marécageuse au niveau de l'actuel stade et de la centrale géothermique. La plupart ont disparu en raison des aménagements qui ont été faits. Aujourd'hui, il subsiste quelques manifestations (sources, fumerolles, sols chauds, dégagement de vapeur) concentrées selon une bande orientée Est-Ouest qui s'étend depuis le bord de mer (station de pompage) jusqu'à la rue Vanier au niveau



du site retenu pour les travaux de forage (voir Figure 11). En de nombreux endroits, les températures mesurées dans le sol sont proches de 100°C.

De très nombreuses manifestations hydrothermales jalonnent également les fonds sous-marins de la baie de Bouillante, en particulier entre la Pointe Marsolle et la Pointe à Lézard (Figure 11). Des émergences de fluides hydrothermaux jusqu'à 120°C ont été observées sur des fonds sableux au large de l'Anse Marsolle.

Quelques sources thermales sont également connues en dehors de la baie de Bouillante, comme la source de Thomas, située en bord de mer à environ 2 km vers le Sud, ou les sources sous-marines reconnues au niveau des Îlets Pigeon à 2 km vers le Nord.

Ces sources thermales sont classées en deux types selon la nature du fluide qu'elles délivrent :

- Les sources thermales délivrant des fluides peu minéralisés et résultant d'un simple réchauffement d'eaux superficielles par contact avec les roches chaudes ;
- Les sources délivrant des fluides minéralisés (salinité allant de 1 à quelques g/L) de type chloruré sodique et résultant de mélanges entre le fluide géothermal profond, l'eau de mer et les eaux météoriques.

III.2.5 Climatologie

III.2.5.1 Climat

Le climat de la Guadeloupe est du type tropical maritime. Il est caractérisé par deux saisons principales : la saison sèche (ou carême) de janvier à avril et la saison des pluies (saison cyclonique ou hivernage) de juillet à octobre. Elles sont séparées par deux périodes (ou saisons) de transition. Le cycle annuel des températures moyennes est marqué par une faible amplitude, le régime d'alizé d'est assurant une ventilation relativement constante.

Les cyclones sévissent surtout en période d'hivernage. D'après les services météorologiques, plus de 90 % des cyclones se produisent entre le 15 juillet et le 15 octobre, dont 45 % entre le 15 août et le 15 septembre, environ 30 % avant le 15 août et environ 15 % après le 15 septembre.

III.2.5.2 Pluviométrie

Le régime des précipitations sur l'île de Basse-Terre est imposé par la géomorphologie. Le relief, perpendiculaire au flux des alizés, régule le régime des pluies. Au niveau des Pitons de Bouillante, les hauteurs de pluies annuelles sont proches de 4000 mm (Figure 15). Sur les hauteurs de Bouillante, elles sont comprises entre 2000 et 3500 mm. Sur la côte, au niveau du bourg de Bouillante, elles sont plus faibles et ont été de 1656 mm en 2016 (d'après Météo France Guadeloupe). Des phénomènes locaux provoquent parfois de violentes intempéries, causes de crues temporaires des rivières et ravines ou de coups de vent dévastateurs. Les pluies les plus intenses sont associées aux cyclones comme par exemple lors du passage de Marilyn le 14/09/1995 ou l'on avait enregistré 552 mm en un jour à Bouillante.

La Figure 16 montre l'évolution mensuelle des précipitations enregistrée à Vieux-Habitants, qui se trouve dans une situation climatologique comparable à celle de Bouillante.

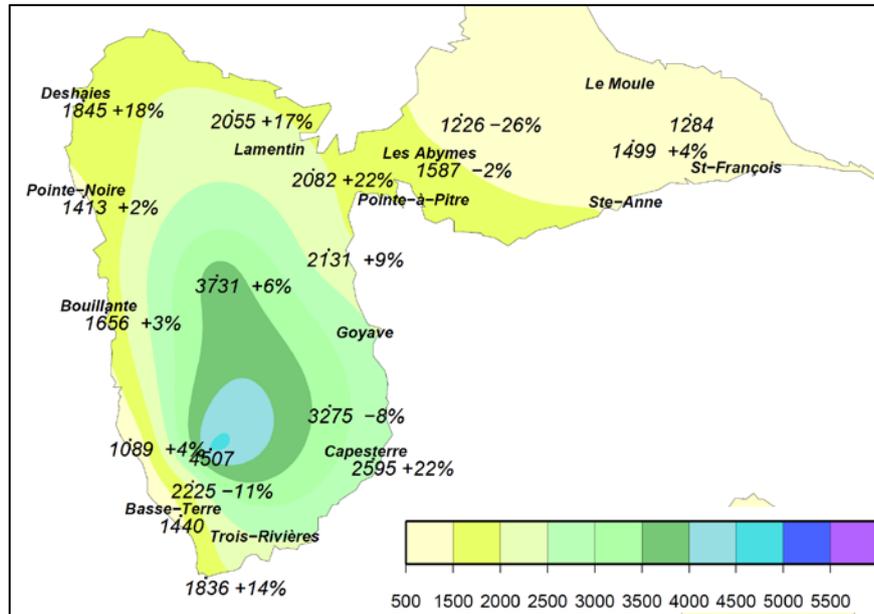


Figure 15 : Hauteurs de pluies annuelles (mm) sur l'île de Basse-Terre en 2016 et écarts aux normales 1981–2010 (source : Météo France Guadeloupe).

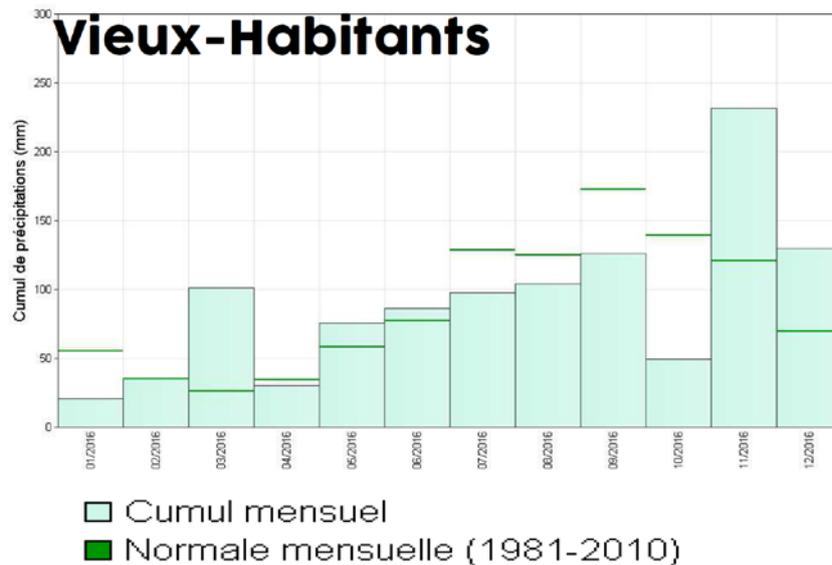


Figure 16 : Evolution mensuelle des précipitations enregistrées à Vieux-Habitants en 2016 (d'après Météo France Guadeloupe).

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Température diurnes moyennes (°C)	21,1	21,8	21,9	23,5	24,4	24,5	24,9	24,6	24,1	24,2	23,4	22,7
Température nocturnes moyennes (°C)	28,8	29,4	29,0	30,0	30,8	31,2	31,3	31,7	31,3	31,4	30,3	29,7

Tableau 9 : Températures mensuelles moyennes diurnes et nocturnes relevées à la station du Raizet, Guadeloupe, en 2016 (d'après Météo France Guadeloupe).

III.2.5.3 Température

Le Tableau 9 indique l'évolution des températures moyennes mensuelles diurnes et nocturnes à la station du Raizet en 2016. Sur l'année, la température moyenne est de 26°C, avec une amplitude de 3,2°C entre le mois de janvier le plus froid (24,2°C) et le mois de juin le plus chaud (27,4°C).

III.2.5.4 Vents

Au niveau de la station de Le Bouchu à Vieux-Habitants, les vents enregistrés entre 1998 et 2003 sont principalement de secteur Est-Nord-Est et secondairement de secteur Nord-Ouest (Figure 17). Les vitesses sont globalement faibles. 81% des vents étaient inférieurs à 2 m/s, 19% avec des vitesses comprises entre 2 et 4 m/s et seulement 0,2% avec des vitesses comprises entre 5 et 8 m/s. La vitesse maximale enregistrée a été de 21 m/s (76 km/h).

Les vitesses maximales de vents ayant affecté la Guadeloupe ont été enregistrées lors du passage de l'ouragan Hugo le 17/09/1989 avec des vitesses estimées à 270 km/h.

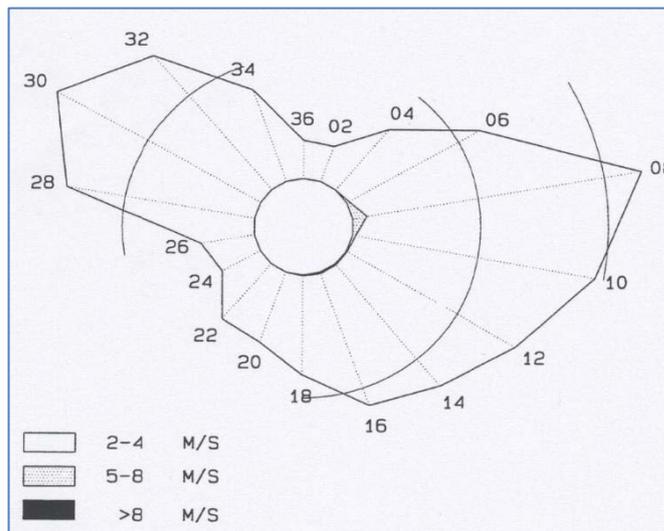


Figure 17 : Fréquences des vents en fonction de leur provenance en % par groupe de secteurs, enregistrées à la station de Le Bouchu à Vieux-Habitants entre août 1998 et juin 2003 (d'après Météo France Guadeloupe).

III.2.5.5 Insolation

Il n'y pas de données concernant l'ensoleillement au niveau de Bouillante. Pour information, le Tableau 10 fournit la durée moyenne d'ensoleillement au Raizet entre 1996-2010. Pendant cette période, la durée d'ensoleillement annuelle moyenne a été de 2400 heures.

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Durée moyenne d'ensoleillement (h/jour)	6,7	6,9	6,8	7,2	7,0	7,1	7,1	7,2	6,4	6,4	6,1	6,3

Tableau 10 : Durée moyenne d'ensoleillement (en heures par jour) au Raizet de 1996 à 2010 (source : Météo France Guadeloupe).

III.2.6 Aléas naturels

Entre 1991 et 1998, l'ensemble du territoire guadeloupéen a été couvert par les Atlas communaux des risques naturels réalisés par le BRGM. Ce sont des documents cartographiques multi-aléas, à but informatif. L'Atlas Communal des Risques Naturels de la Commune de Bouillante a été réalisé en 1992 (Rapport BRGM/RR-36374-FR).

Ces documents ont constitué la base de la réalisation des Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPR multi-aléa), lancée en Guadeloupe dès 1997. Une révision des PPR par la DEAL Guadeloupe est actuellement en cours. Le premier PPR de la commune de Bouillante a été réalisé par les bureaux d'étude GEOTER et ACSES entre 2004 et 2005 et a été approuvé par le préfet de Guadeloupe en 2007.

Ces documents recensent les différents aléas naturels présents sur la commune de Bouillante et cartographient les zones concernées.

III.2.6.1 Aléas liés aux mouvements de terrain

De par sa localisation au pied de la falaise de Bouillante, le site retenu pour les travaux de forages est susceptible d'être affecté par des phénomènes du type éboulements, chutes de bloc, ravinements, glissements de terrain. Ces phénomènes peuvent être amplifiés par le défrichage.

La cartographie de l'aléa mouvement de terrain extraite du PPR de la commune de Bouillante (2007) met en évidence un aléa mouvement de terrain fort (extrémité est-sud-est), moyen et négligeable sur le site retenu (polygone violet de la Figure 18).

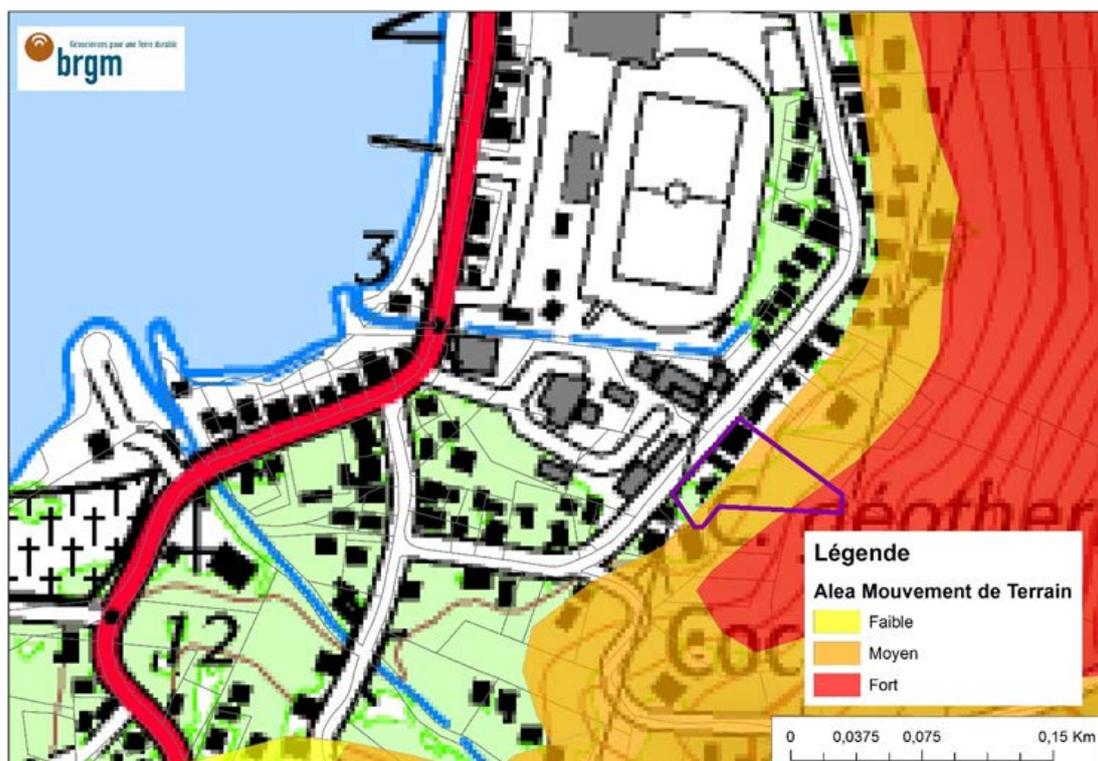


Figure 18 : Cartographie de l'aléa mouvement de terrain au niveau du site des travaux, extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeur (PPR) pour la commune de Bouillante.

Des mesures visant à prévenir les phénomènes de ravinement pouvant conduire à déstabiliser les terrains sont donc prescrites dans cette zone.

En cas de travaux de terrassements et/ou de talutage, des mesures de confortement voire de soutènement doivent être appliquées suivant les règles de l'art.

La protection des constructions et installations telles que les conduites et têtes de puits doit faire l'objet de mesures spécifiques.

III.2.6.2 Aléa sismique

La commune de Bouillante est classée en zone de sismicité forte (Zone III du Code de l'Environnement).

L'Atlas Communal des Risques Naturels classe le site des travaux de forage en « Zone où peuvent se produire des effets de site liés à la nature et à la structure du sous-sol ». La cartographie de l'aléa sismique extraite du PPR de la commune de Bouillante (2007) met en évidence un aléa faible (extrémité ouest-nord-ouest) à négligeable sur le site retenu (polygone violet, Figure 19) principalement du fait de la présence de faille active à proximité et d'unité(s) potentiellement liquéfiable(s) en profondeur.

Par conséquent, le secteur du site retenu pour les travaux, présentant un aléa sismique et/ou liquéfaction et/ou faille active faible(s), est soumis à des prescriptions individuelles.



Figure 19 : Cartographie de l'aléa sismique extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeur (PPR) pour la commune de Bouillante.

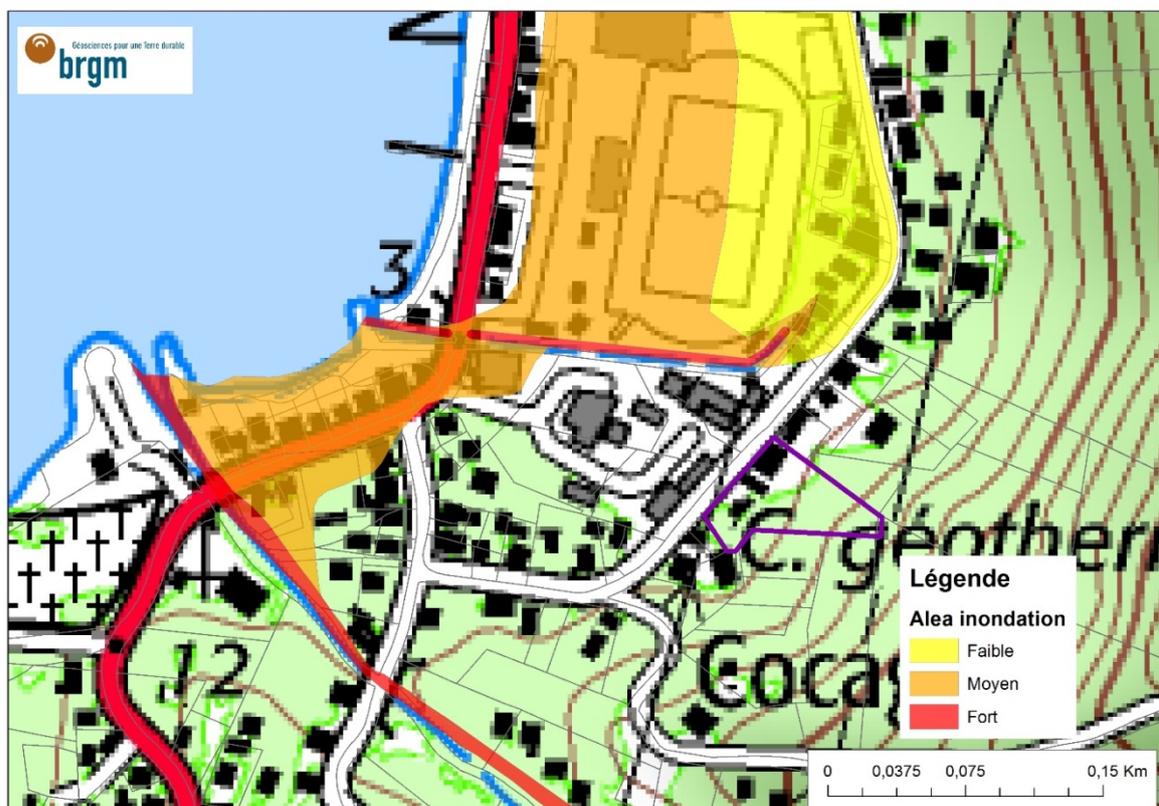
Du fait que les travaux de forage sont temporaires, ils ne sont pas concernés par ces mesures. Par contre, toute construction ultérieure sur la plateforme, dont les têtes de puits, devra se conformer à ces recommandations.

III.2.6.3 Aléa volcanique

Le site retenu n'est pas directement concerné par les aléas volcaniques associés à l'activité du volcan de la Soufrière de Guadeloupe, situé à environ 15 km au Sud-Ouest.

III.2.6.4 Aléa inondation

La cartographie de l'aléa inondation extraite du PPR de la commune de Bouillante (2007) indique qu'il n'y a pas d'aléa inondation pour le site retenu (polygone violet de la Figure 20).



III.2.6.5 Aléa cyclonique

L'aléa cyclonique tel qu'il est interprété dans le Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPR) ne concerne que la submersion liée à la houle cyclonique.

La cartographie de l'aléa cyclonique extraite du PPR de la commune de Bouillante (2007) indique qu'il n'y a pas d'aléa « submersion marine d'origine cyclonique » pour le site retenu (polygone violet, Figure 21).



Figure 21 : Cartographie de l'aléa cyclonique extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeur (PPR) pour la commune de Bouillante.

La prise en compte des vents cycloniques est géographiquement indifférenciée sur le territoire et ne fait pas l'objet d'un zonage spécifique dans le Plan de Prévention des Risques naturels majeurs. Cependant, la Guadeloupe dans son ensemble est classée en zone de vent 5 dans les « Règles NV65 Février 2009 » définissant les effets du vent sur les constructions et annexes.

III.2.6.6 Zonage réglementaire

La délimitation du zonage du plan de zonage réglementaire de la commune de Bouillante résulte d'un croisement entre les enjeux (identifiés en 2004/2005) et les aléas naturels majeurs tels qu'ils sont décrits précédemment. Le plan de zonage réglementaire de la commune de Bouillante (2007) se base sur une cartographie multirisque pour les raisons suivantes :

- La conjonction de plusieurs aléas peut conduire à un zonage et des clauses réglementaires plus sévères que s'ils étaient considérés isolément ;
- Les prescriptions doivent être définies en veillant à la compatibilité de protection vis à vis des divers aléas.

D'après le zonage réglementaire extrait du PPR de la commune de Bouillante (Figure 22), la parcelle AO 196 retenue pour les travaux est soumise à différents types de contraintes et donc différents types de prescriptions :

- Contraintes spécifiques faibles impliquant des prescriptions individuelles : extrémité ouest-nord-ouest ;
- Contraintes spécifiques fortes impliquant des opérations d'aménagements préalables : cœur de la parcelle ;
- Zones inconstructibles : extrémité est-sud-est.



Figure 22 : Zonage réglementaire extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeur (PPR) pour la commune de Bouillante.

III.2.7 Le milieu marin

III.2.7.1 Caractéristiques générales

Le site des travaux de forage est situé à une distance de 250 m environ du bord de mer (Figure 14) et à une altitude égale ou supérieure à 7 m au-dessus du niveau de la mer. Il ne devrait donc pas y avoir d'interaction directe entre le milieu marin et les travaux de forage.

La baie de Bouillante présente un premier plateau insulaire ayant une profondeur faible (25 m) qui s'étend jusqu'à environ 500 m de la côte puis un second plateau insulaire dont la profondeur atteint 80 m et qui s'étend sur plus de 2 km (Figure 11). Il est limité par un talus qui plonge brutalement à plus de 450 m de profondeur. En raison des variations du niveau marin, la baie de Bouillante devait être partiellement exondée il y a moins de 20 000 ans.

Au droit du bourg de Bouillante et du canal de rejet de la centrale, le plateau insulaire est recouvert de fonds sableux pauvres en faune et en flore. Dans la partie nord de la Baie et à



proximité de la Pointe Lézard (Figure 11), les fonds coralliens sont beaucoup plus riches. Ils sont également caractérisés par la présence de nombreuses sources thermales sous-marines dont la température peut atteindre 120°C.

La température de l'eau en surface varie entre 25°C et 28-30°C selon les saisons. Au fond, la température est constante à 26,5°C selon une étude réalisée par le bureau d'études NortekMed en 2009. La salinité de l'eau de mer est de l'ordre de 35-36 g/L.

III.2.7.2 Zones de baignade

La commune de Bouillante possède plusieurs zones de baignade. Les trois principales sont :

- Plage de Malendure ;
- Plage d'Anse à Sable ;
- Plage de Petite Anse.

Dans le bourg de Bouillante, une zone de baignade s'est développée à l'émissaire du canal de rejet des effluents de la centrale de Bouillante.

III.2.7.3 Autres Usages

Dans le cadre de l'exploitation actuelle, Géothermie Bouillante bénéficie d'une autorisation de prélèvement d'eau de mer et de rejet des effluents de la centrale dans la baie de Bouillante (arrêté préfectoral n°2012-965 du 16 août 2012). Géothermie Bouillante prélève environ 8 380 m³/h d'eau de mer au niveau de la station de pompage située en bord de mer (Figure 7); eau de mer qui est utilisée pour condenser la vapeur à la sortie des turbines et refroidir l'eau séparée. Parallèlement, environ 9000 m³/h d'effluents sont rejetés par un canal de rejet dans la baie de Bouillante à une température maximale de 45°C.

III.2.7.4 Evaluation de l'état des masses d'eau côtières

Un suivi de l'état écologique des masses d'eau côtières est réalisé au niveau de la côte ouest de l'île de Basse-Terre, avec une station d'évaluation (FRCO1) située au niveau d'un sec de la Pointe à Lézard, à la bordure nord de la baie de Bouillante (Figure 14). Le dernier bilan disponible date de 2013 et il est récapitulé dans le Tableau 11 ci-dessous.

L'état écologique de la masse d'eau côtière est évalué comme mauvais en raison de la contamination des ressources halieutiques par la Chlordécone. Sans la prise en compte de ce polluant synthétique, l'état écologique de la masse d'eau est jugé bon.

Par ailleurs, la quasi-totalité des masses d'eau côtières de la Guadeloupe est sensible au phénomène d'eutrophisation en raison d'un apport important de nutriments (Phosphore, Azote).

Code MEC	Nom	Etat biologique	Etat physico-chimique	Etat hydro-morphologique	Polluants spécifiques	Etat écologique avec ou sans prise en compte de la chlordécone	
						Avec	sans
FRCO1	Côte ouest Basse-Terre	Bon	Bon	Non très bon Etat	Mauvais	Mauvais	Bon

Tableau 11 : Synthèse de l'état écologique de la masse d'eau côtière évalué en 2013 à la station de suivi FRCO1 située au niveau d'un sec de la Pointe à Lézard à la bordure nord de la baie de Bouillante (d'après SDAGE, 2016-2021).



Figure 23 : Carte des masses d'eau côtières de l'île de Basse-Terre sensibles à l'eutrophisation (SDAGE 2016-2021).

III.2.8 Qualité de l'air

Le bourg de Bouillante n'est le siège d'aucune industrie en dehors de la centrale géothermique. La pollution atmosphérique y est donc faible. Les émissions de gaz incondensables extraits de la vapeur géothermale, et en particulier le gaz H₂S, sont une source de pollution anthropique. Un système de traitement du gaz H₂S a été mis en place conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral n°2015-079 du 20 juillet 2015.

La circulation des véhicules constitue une source de pollution anthropique faible.

Il faut citer également une source de pollution naturelle correspondant aux émissions diffuses de gaz accompagnant les sources thermales et fumerolles disséminées dans le bourg (source difficilement quantifiable).

Le régime des alizés permet un renouvellement constant de l'air et assure la dispersion de ces polluants atmosphériques.

III.3. LE MILIEU NATUREL TERRESTRE

III.3.1 la faune et la flore terrestres au niveau du site des travaux

Le site retenu pour les travaux de forage est inséré dans la zone urbaine du bourg de Bouillante (voir par exemple la Figure 6). Il comporte des espaces construits et quelques espaces arborés (friches, taillis...) qui accueillent une faune et une flore adaptées à un environnement dit de tissu urbain discontinu. Cette mosaïque d'habitats pourrait constituer une plus-value écologique si ce n'était la prégnance de l'urbanisation et des transports au niveau de la rue Vanier provoquant un fort dérangement de la faune et une rudéralisation de la flore.



Des inventaires de la faune et de la flore ont néanmoins été réalisés par le Bureau d'études environnemental Caraïbe Environnement pour évaluer le contenu faunistique et floristique du site et identifier une éventuelle sensibilité environnementale. Les rapports de ces inventaires sont disponibles en annexe.

III.3.2 Inventaires des espaces naturels protégés

Un inventaire des espaces naturels protégés situés au niveau ou à proximité du site des travaux de forages a été réalisé. Les principaux éléments de cet inventaire sont reportés sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et présentés ci-dessous.

III.3.2.1 Le Parc National de la Guadeloupe

Une partie du territoire terrestre de la commune de Bouillante est incluse dans la zone cœur du Parc National de la Guadeloupe. Elle possède également sur son territoire une extension marine de la **zone cœur** du Parc National, centrée sur les Ilets Pigeon et classée en 2009. Cette extension comprend la partie terrestre des deux îlets d'une superficie de 8 ha et un espace marin périphérique et côtier de 981 ha ().

Le reste du territoire terrestre de la commune de Bouillante (partie terrestre) est inclus dans **l'Aire optimale d'adhésion** (anciennement appelée zone périphérique). Par ailleurs, le littoral de la commune, depuis le sud (Anse à la Barque) jusqu'au Nord (Mahault), est inclus dans **l'Aire marine adjacente**.

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 naturel 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.

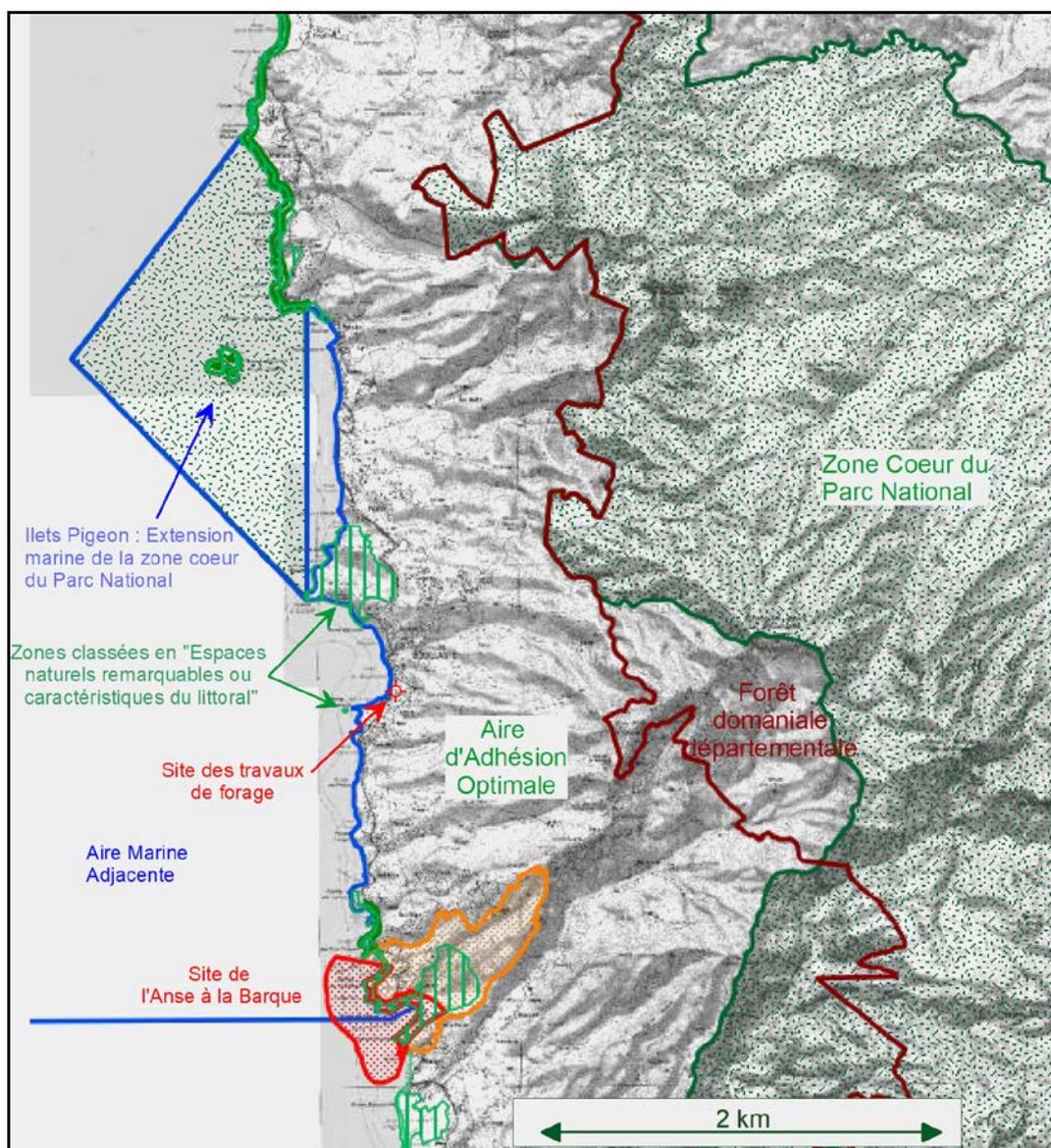


Figure 24 : Cartographie des espaces naturels protégés recensés sur la commune de Bouillante (d'après l'application Cartelie de la DEAL Guadeloupe).

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.

III.3.2.2 Zones classées en « Espaces naturels remarquables ou caractéristiques du littoral »

La commune de Bouillante possède trois zones classées en « Espaces naturels remarquables ou caractéristiques du littoral par le Schéma d'Aménagement Régional (SAR) :

- La première zone est située au Nord du bourg de Bouillante entre la Pointe Marsolle et l'Anse à Sable (Figure 24 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) ;
- La seconde zone correspond à l'îlet de la Pointe de l'Ermitage situé à la bordure sud de la baie de Bouillante ;
- La troisième zone est située au niveau de l'Anse à la Barque (Figure 24 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

III.3.2.3 ZNIEFF

Une ZNIEFF marine de type 1 (secteur de grand intérêt biologique ou écologique) a été créée au niveau de la Pointe à Léopard pour protéger le milieu marin à forte valeur patrimoniale (Figure 25).

Une autre ZNIEFF terrestre de type 1 a été créée au niveau de l'Anse à la Barque (Figure 24).

Le site de l'Anse à la Barque

Le site de l'Anse à la Barque, situé à environ 5 km au sud du bourg de Bouillante, mérite d'être cité car il possède une très grande valeur patrimoniale. Il rassemble plusieurs périmètres protégés:

- Un site inscrit ;
- Un site classé ;
- Un espace naturel remarquable ou caractéristique du littoral ;
- Une ZNIEFF terrestre de type 1 (secteur de grand intérêt biologique ou écologique).

III.3.3 Classement du site des travaux de forage

Au même titre que la majorité du territoire terrestre de la commune de Bouillante, le site des travaux de forage est inclus dans ***l'Aire optimale d'adhésion*** du Parc National de la Guadeloupe.

Par contre, il reste à l'écart des autres espaces naturels protégés décrits ci-avant comme on peut le voir sur la Figure 24.

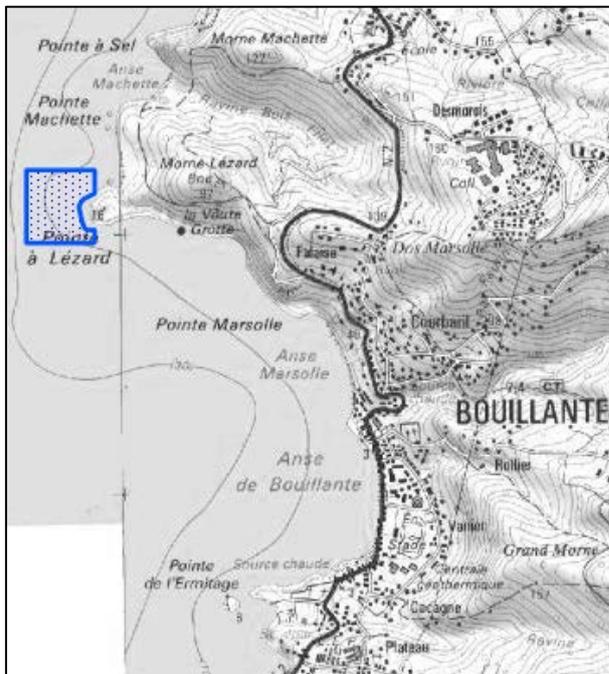


Figure 25 : Localisation de la ZNIEFF marine de type 1 de la Pointe à Lézard (d'après l'application Cartelie de la DEAL Guadeloupe).

III.4. MILIEU HUMAIN ET DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES

III.4.1 Contexte socio-économique

III.4.1.1 La commune de Bouillante

Le projet est situé dans le bourg de Bouillante. La commune couvre une superficie de 43,5 km² et elle comptait 7412 habitants en 2014 (Données INSEE). La population et l'activité économique sont principalement concentrées dans des villages le long de la côte ; le bourg de Bouillante étant la principale agglomération.

III.4.1.2 Activités économiques

En 2014, l'INSEE recensait 2964 actifs à Bouillante dont 1995 ayant un emploi, soit un taux d'emploi de 63,7%.

Tourisme

La région de Bouillante est l'un des principaux pôles d'attraction touristique de la côte ouest de la Basse Terre en raison de la richesse de ses fonds marins. Les îlets Pigeon avec la « Réserve Cousteau » attire une clientèle importante de plongeurs sous-marins (55 à 65 000 plongeurs par an) notamment sur les bases nautiques de la plage de Malendure, située au Nord de la commune. Cette activité touristique a permis le développement des infrastructures hôtelières (hôtels, bungalows, centres de plongée sous-marine) et des restaurants.

Outre la baignade, les activités aquatiques effectuées dans les cours d'eau (canyoning et randonnée aquatique) ont connu une forte croissance dans les 15 dernières années. Elles sont pratiquées dans les Rivières Bourceau et Espérance.



Autres activités

L'activité agricole est présente sur la commune de Bouillante. Il s'agit principalement de cultures vivrières et maraîchères pratiquées de façon disséminée. La culture de la banane est également présente.

Il existe une petite activité de pêche artisanale comprenant une dizaine de barques et petits bateaux de pêche ayant la baie comme port d'attache.

III.4.2 Maîtrise foncière du projet et situation cadastrale

III.4.2.1 Maîtrise foncière

Comme indiqué au § II.5, le site retenu pour ces travaux de forage se situe à proximité immédiate de la centrale géothermique, de l'autre côté de la rue Vanier (voir Figure 1).

La plateforme de forage et les deux ou trois nouveaux puits seront implantés sur une parcelle acquise récemment par Géothermie Bouillante (Parcelle n°196 de la Feuille AO du plan cadastral de Bouillante). L'accès à cette parcelle se fait par la Rue Vanier. Sa superficie est de 3200 m² environ. La plateforme de forage est destinée à être pérennisée sous forme d'une plateforme d'exploitation de ces puits.

En complément de la parcelle AO 196, Géothermie Bouillante est en train d'acquérir 3 autres parcelles dont les périmètres sont figurés en jaune sur la Figure 1 :

- La parcelle AO 200 d'une superficie de 200 m² environ ;
- La parcelle AO 195 d'une superficie de 820 m² environ ;
- La parcelle AO 354 d'une superficie de 75 m² environ.

Ces trois parcelles, périphériques par rapport à la parcelle AO 196, seraient destinées plus particulièrement au stockage des équipements et au parking des véhicules. L'utilisation future de ces parcelles n'est pas encore arrêtée.

III.4.2.2 Situation cadastrale

Les parcelles concernées par les travaux sont situées sur la feuille AO du cadastre de la commune de Bouillante et rappelées ci-dessous :

- AO 195 ;
- AO 196 ;
- AO 200 ;
- AO 354.

Le plan cadastral de ces parcelles est fourni en annexe.

III.4.2.3 Occupation du domaine public

Géothermie Bouillante envisage également de couper la rue Vanier au droit du chantier temporairement. Une demande en ce sens a été faite auprès du maire de Bouillante. Si cette demande est acceptée, Géothermie Bouillante déposera une **permission de voirie** auprès de la Municipalité, ainsi qu'une **Demande d'Arrêté de Circulation**.



L'occupation du domaine public (dépôt de matériaux, emprise de chantier, échafaudages,...) peut être autorisée par la commune sous réserve du respect de l'arrêté du Maire qui définit notamment les conditions de sécurité et d'accessibilité au domaine public. Pour ce faire, le formulaire de demande d'un arrêté de circulation a pour objet de faciliter la circulation, d'assurer la sécurité des personnes, et de prévenir les accidents.

Conformément au règlement de voirie, la Demande d'Arrêté de circulation (DA) est à adresser à tous les services de gestion de la voirie avant tout commencement de travaux sur la voie publique gérée par une commune. Elle permet de signifier la nature des travaux et leur lieu ainsi que les dispositions prévues pour la signalisation et l'organisation de la circulation aux abords du chantier.

III.4.3 Riverains du projet

La localisation des riverains du site par rapport à la machine de forage est indiquée sur la Figure 26. Il apparaît que :

- Aucun riverain est situé à moins de 50 mètres de la position de la machine de forage ;
- 7 riverains sont situés entre 50 m et 100 m de la machine de forage ;
- 5 riverains sont situés entre 100 m et 150 m de la machine de forage.

III.4.4 Etablissement recevant du public à proximité

Les établissements recevant du public (ERP) les plus proches du site des travaux sont les suivants :

- Stade (situé à 100 m) ;
- Ecole (située à 350 m) ;
- Bibliothèque (située à 150 m) ;
- Commerces (station-service située à 230 m) ;
- Administration (Sécurité Sociale située à 330 m).

III.4.5 Servitudes réglementaires

Des servitudes liées aux réseaux de distribution électrique, téléphonique, distribution d'eau potable, d'assainissement, existent rue Vanier à proximité du chantier. Géothermie Bouillante informera la Municipalité des impacts éventuels des travaux de forages sur ces servitudes.

III.4.6 Servitude d'urbanisme

Le PLU de Bouillante situe les parcelles concernées par les travaux en Zone UA.

Les Zone UA correspondent soit aux secteurs bâtis les plus denses de la commune, soit aux secteurs en cours d'urbanisation dont les densités seront à terme équivalentes à celle d'un centre-bourg. Y sont autorisées les constructions à usage d'habitation, d'équipements collectifs, de commerces, d'hôtels, d'entrepôts, d'artisanat ou d'industrie, de bureaux et de services.

L'implantation du site des travaux de forage sur la parcelle AO 196 est compatible avec le zonage du PLU de la commune de Bouillante.

L'implantation du site des travaux est également compatible avec les orientations du SAR (Schéma d'Aménagement Régional) qui classe cette zone en « Espaces urbains résidentiels », autorisant les équipements d'utilité publique permettant d'assurer une fourniture d'énergie. La centrale géothermique et ses installations sont compatibles avec les orientations du SAR en termes de développement énergétique.

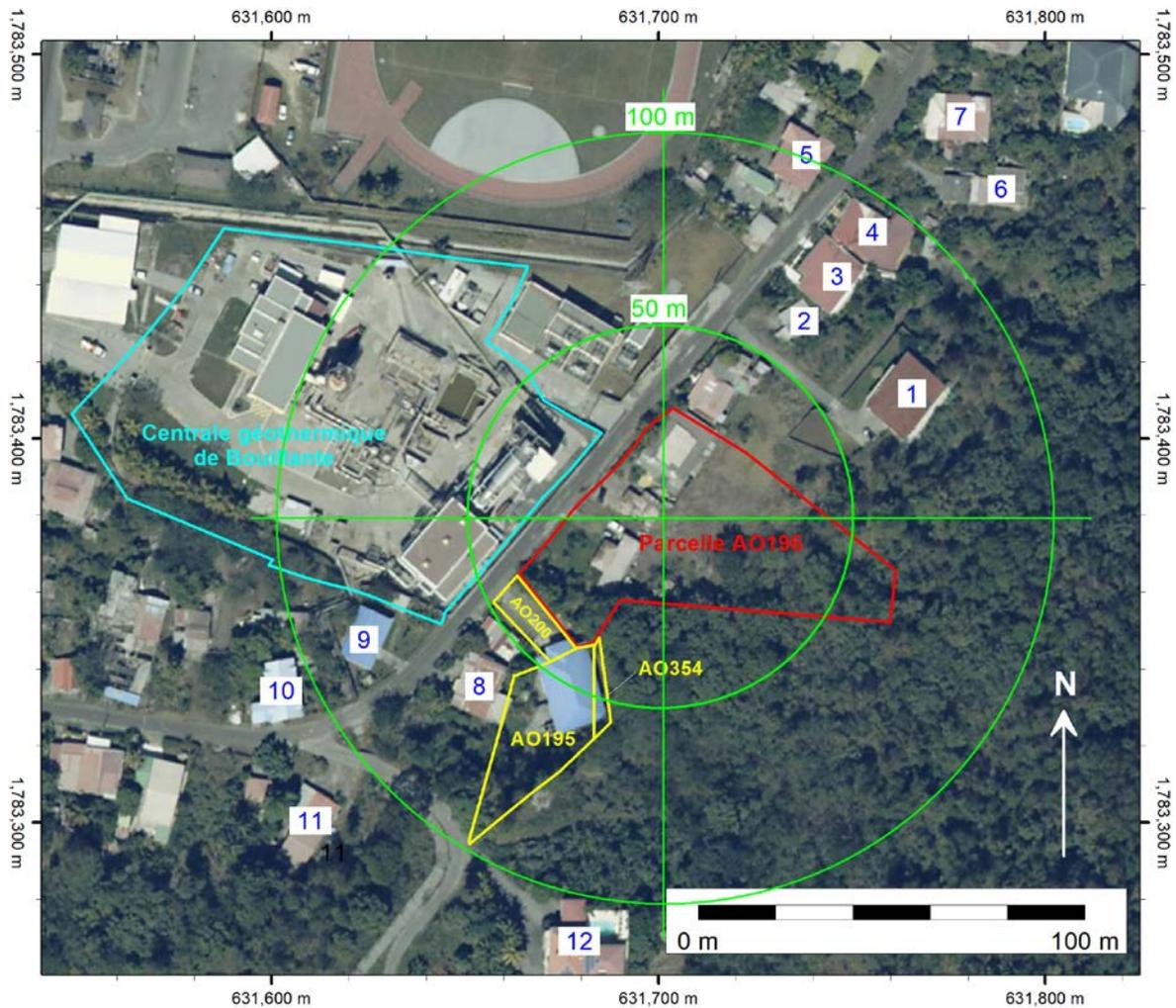


Figure 26 : Localisation des riverains dans des rayons de 50 m et de 100 m par rapport à la machine de forage qui sera implantée sur la parcelle AO 196.

III.4.7 Recensement d'installation à risque

Le site des travaux de forage est à proximité immédiate de la centrale géothermique (voir par exemple les Figure 6 et Figure 9). C'est la seule installation industrielle recensée dans le bourg de Bouillante.

A proximité, le seul établissement à risque répertorié est la station-service implantée au bord de la RN2 et qui est située à 230 m du site des travaux en direction du Nord-Ouest.

III.4.8 Voies de communication et fréquentation du site

Le site des travaux est desservi par la rue Vanier qui est à double sens et qui permet le contournement du secteur sud du bourg de Bouillante (voir par exemple les Figure 1 et Figure 8). A ses deux extrémités, cette rue est reliée à la Route Nationale 2 qui est le principal axe routier traversant le bourg.

La rue Vanier est le siège d'un trafic local et elle est empruntée uniquement par les riverains.

III.4.9 Niveau sonore du site

Plusieurs campagnes de mesures acoustiques ont été réalisées autour de la centrale géothermique pour caractériser l'environnement sonore. Elles permettent de caractériser le niveau de bruit résiduel autour de la zone retenue pour les travaux de forage. Le Tableau 12 présente les résultats de la campagne réalisée par le bureau d'études ATEA en décembre 2009 et la Figure 27 indique la position des points de mesures. Les mesures avaient été faites à proximité d'habitations riveraines de la centrale (Points 1 à 3) et au niveau de la rue Vanier (Points A, D et F).

Les données disponibles concernent le niveau de bruit résiduel (centrale à l'arrêt) et le niveau de bruit ambiant (centrale en fonctionnement) qui correspond de fait au niveau résiduel qui sera à prendre en compte pour évaluer l'impact sonore des travaux de forage. Le niveau sonore provient essentiellement du fonctionnement de la centrale auquel s'ajoute le bruit de la circulation sur la Route Nationale 2 et le bruit des insectes et autres animaux (la nuit).

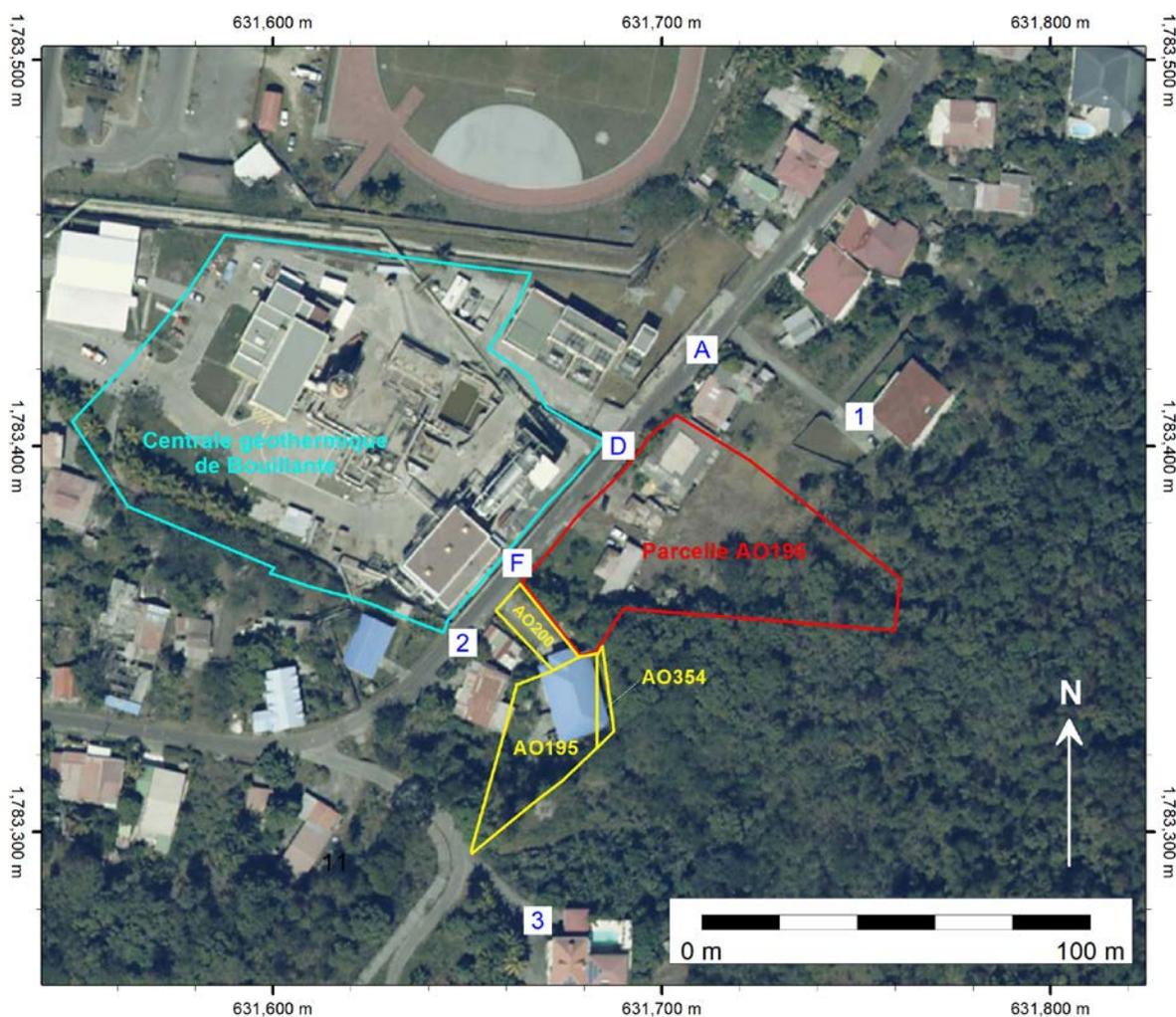


Figure 27 : Localisation de points de mesures acoustiques réalisées par le bureau d'Etudes ATEA du 12/12 au 16/12/2009.



Points de mesures	Bruit résiduel (LA50 en dB(A))		Bruit ambiant (LA50 en dB(A))	
	<i>diurne</i>	<i>nocturne</i>	<i>diurne</i>	<i>nocturne</i>
Riverain Point 1	48	55,5	55,5	62
Riverain Point 2	50,5	57	54,5	62
Riverain Point 3	52,5	54,5	53,5	57,5
Rue Vanier Point A	43,8	53,5	48,6	51,8
Rue Vanier Point D	57,2	62,4	57,9	62,4
Rue Vanier Point F	54,4	62,3	55,1	61,8

Tableau 12 : Résultats des mesures acoustiques réalisées par le bureau d'études ATEA du 12/12 au 16/12/2009 à proximité de la centrale géothermique à l'arrêt (bruit résiduel) et en fonctionnement (bruit ambiant).

III.5. PATRIMOINE ET PAYSAGES

III.5.1 Paysages

Dans la zone du site retenu pour les travaux de forage, les deux éléments paysagers dominants sont d'une part la centrale géothermique et en particulier les installations de l'unité Bouillante 2 d'une hauteur de 15 m, et d'autre part le pan de falaise couverte de végétation sur lequel s'adosse le bourg de Bouillante (voir par exemple la Figure 6). Un autre élément paysager important est la ligne électrique à haute tension EDF.

En périphérie du site, le tissu urbain de l'agglomération de Bouillante est constitué par un habitat pavillonnaire bas où se combinent bâtis et végétation (cf. Figure 6 et Figure 10).

De par sa position derrière la centrale géothermique, le site n'est pas visible depuis la Route Nationale 2 et le centre du bourg de Bouillante.

III.5.2 Patrimoine archéologique

En 2009, la DRAC n'avait répertoriée aucun site archéologique au niveau du site retenu pour les travaux.

Il est cependant à rappeler que les travaux affectant le sous-sol sur un terrain dont l'emprise est égale ou supérieure à 3 000 m² peuvent donner lieu à la perception d'une redevance d'archéologie préventive en application des articles L.524-1 du Code du Patrimoine.

III.5.3 Patrimoine architectural

Aucun élément architectural remarquable n'est répertorié à proximité du site des travaux.

Toutefois, le site de l'usine géothermique et ses équipements emblématiques (condenseur barométrique de l'unité Bouillante 1 par exemple), peuvent être considérés dans une certaine mesure comme faisant partie du patrimoine architectural industriel.

III.5.4 Monuments historiques

Le monument historique le plus proche du site est l'Habitation Muscade située sur les flancs des Pitons de Bouillante, à environ 1,3 km au sud-est du site des travaux.



III.6. PERTINENCE DU PROJET

Le choix de Géothermie Bouillante de forer de nouveaux puits sur ce site à proximité de la centrale géothermique s'appuie sur un certain nombre de critères techniques, économiques, environnementaux et sociaux, résumés ci-après.

III.6.1 Critères techniques

Le choix d'implanter les puits dans le bourg de Bouillante est dicté par des considérations relatives à l'extension du réservoir en profondeur et son accessibilité par forage. A partir de ce site, les trajectoires des puits permettront d'augmenter le prélèvement de fluide au niveau du réservoir et de le réinjecter à distance de la zone de production pour ne pas risquer de la refroidir, tout en assurant un maintien de la pression au sein du réservoir.

L'accroissement de la production de vapeur permettra de valoriser davantage la ressource géothermale et d'optimiser le fonctionnement des installations existantes.

La proximité des puits avec la centrale facilitera également le transport des fluides délivrés par ces puits et réinjectés dans ces puits.

III.6.2 Critères économiques

La Guadeloupe produit l'essentiel de son électricité à partir d'énergies fossiles importées (cf. §. II.6.2). Avec Bouillante, elle possède un gisement géothermique exceptionnel à 250°C. Le projet consiste à forer de nouveaux puits destinés à augmenter la capacité de production électrique de la centrale géothermique. Il va donc contribuer à réduire la dépendance de la Guadeloupe vis-à-vis des importations de pétrole et de charbon.

De plus, le coût de production de l'électricité géothermique est tout à fait compétitif par rapport à au coût de l'électricité issue des énergies fossiles et autres énergies renouvelables (cf. Figure 4), et ce moyen de production est indépendant des conditions climatiques.

III.6.3 Critères environnementaux

Le choix de développer la production électrique de la centrale géothermique de Bouillante est bénéfique sur le plan environnemental à plusieurs titres :

- ⇒ Il permet de réduire l'émission de gaz à effet de serre responsables du réchauffement climatique. En effet, le taux d'émission en CO₂ des centrales géothermiques par rapport aux centrales utilisant des combustibles fossiles (pétrole, gaz, charbon) est environ vingt fois plus faible (Tableau 4).
- ⇒ Il limite les risques de pollution des sols et des milieux aquatiques dans la mesure où la ressource énergétique est utilisée sur place et que les besoins de transports et de stockages sont limités.
- ⇒ Il préserve également les espaces naturels dans la mesure où les surfaces nécessaires à une exploitation géothermique sont faibles comparées à celles nécessitées par l'exploitation minière ou le traitement des hydrocarbures.



III.6.4 Critère social

Pendant la durée des travaux, ce projet de forage de nouveaux puits à Bouillante va mobiliser de nombreuses entreprises de Bouillante et de la Guadeloupe dans des domaines variés :

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

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

Ces retombées temporaires seront en partie pérennisées puisque la finalité de ces travaux est d'accroître la capacité de production de la centrale de Bouillante. Cet objectif devrait légitimement conduire Géothermie Bouillante à renforcer son équipe d'exploitation et donc créer de nouveaux emplois. En termes de sous-traitance, Géothermie Bouillante devrait également solliciter encore plus les entreprises guadeloupéennes dans le cadre des travaux de maintenance périodiques.

La centrale de Bouillante joue également un rôle important dans la formation des jeunes techniciens et ingénieurs guadeloupéens, en accueillant des stagiaires tout au long de l'année sur des thématiques techniques variées.



IV. ANALYSE DES IMPACTS DES TRAVAUX DE FORAGE SUR L'ENVIRONNEMENT

IV.1. IMPACTS SUR LE MILIEU NATUREL

IV.1.1 Impacts des travaux de forage sur le paysage, la faune et la flore

IV.1.1.1 Impact temporaire durant les travaux

Le périmètre du site de chantier de forage se situe sur les parcelles AO 196, 200, 195 et 354. L'emprise du chantier reste donc limitée à cette zone. Ce secteur renferme une faune et une flore communes des zones fortement anthropisées et donc adaptées au milieu semi-urbain. Cela contribue à limiter l'impact général du projet.

La faune et la flore peuplant les espaces naturels protégés sur l'île sont éloignées du site et ne seront donc pas perturbées par le chantier de forage.

Concernant les nuisances sonores et le risque de dérangement pendant les périodes de nidification ou de migration de certaines espèces, le site n'est initialement pas une zone favorable notamment à la nidation en raison d'un environnement urbain bruyant.

IV.1.1.2 Impact permanent après les travaux

La plateforme de forage est destinée à être pérennisée sous forme d'une plateforme d'exploitation. Les surfaces utilisées durant les travaux seront remises en état par une entreprise spécialisée selon les souhaits du maître d'ouvrage et les contraintes environnementales.

Les installations n'auront pas d'impact sur le paysage. La tête des puits sera dans une cave bétonnée prévue à cet effet et ne devrait pas dépasser 2 mètres de hauteur par rapport au sol.

Le site d'exploitation sera clos et interdit au public.

Une liaison entre les puits et la centrale géothermique sera assurée par une ou plusieurs conduites de transport qui traverseront la rue Vanier. Ses caractéristiques seront définies ultérieurement en fonction du résultat des forages.

IV.1.2 Impacts des travaux de forage sur le sol

IV.1.2.1 Impact temporaire

La mise en place d'une semelle en béton imperméable au niveau de la plate-forme de forage, les déblaiements au niveau du bassin (bourbier) et des caves des têtes de puits, le passage d'engins lourds sur le chemin d'accès, correspondent à des changements de fonction et d'usage du sol et à ce titre sont à l'origine d'impacts.

IV.1.2.2 Impact permanent

Outre la mise en place de caves étanches, maçonnées, de 3 mètres de côté environ, et la semelle en béton au niveau de la plateforme, aucun impact permanent sur le sol n'est identifié.



IV.1.3 Impacts des travaux de forage sur les ressources en eau et sur le milieu aquatique

La zone des travaux de forage est dépourvue de ressource en eau exploitable pour l'alimentation en eau potable ou l'irrigation.

De plus, le site des travaux de forage est situé à l'écart de cours d'eau pérenne ou intermittent et le captage en eau potable le plus proche est situé à environ 3 km.

Par conséquent, les travaux de forage envisagés par Géothermie Bouillante sur la parcelle AO196 à proximité de la centrale géothermique n'auront pas d'incidence sur la ressource en eau.

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) de la Guadeloupe s'est fixé six orientations fondamentales dans le domaine de l'eau :

- 1- Satisfaire les besoins en eau potable, d'irrigation et industrielle par une gestion saine et économe et par la mobilisation et le stockage d'une ressource adaptée et suffisante ;
- 2- Sécuriser l'alimentation en eau potable ;
- 3- Engager des efforts importants de lutte contre les pollutions ponctuelles et diffuses en privilégiant les sites les plus sensibles ;
- 4- Restaurer le fonctionnement biologique des milieux aquifères ;
- 5- Assurer la protection des personnes et des biens ;
- 6- Se doter de moyens permettant d'assurer la connaissance, la concertation et l'information pour gérer l'eau de façon durable en Guadeloupe.

Orientation n°1 : Satisfaction des besoins en eau ...

Orientation n°2 : Sécurisation de l'alimentation en eau potable ...

Le site des travaux est implanté dans une zone à l'écart de tout ouvrage (captage, forage) de production d'eau potable, d'irrigation et industrielle. Les aquifères superficiels présents sont réchauffés et contaminés par des remontées de fluide géothermal profond ainsi que par des invasions marines ; ce qui les rend impropres à toute utilisation entrant dans le cadre du SDAGE.

Le point de captage AEP le plus proche est celui de Trou à Diable dans la Rivière Bourceau, situé à 370 m d'altitude et à environ 3 km au nord-est et en amont hydraulique de la zone des travaux (Figure 14). Il n'y a donc aucun risque de contamination de ce captage et de la rivière qui l'alimente par les travaux de forage.

Les travaux n'interféreront donc en aucune manière avec ces orientations du SDAGE.

Orientation n°3 : Lutte contre les pollutions ponctuelles et diffuses ...

Les différentes mesures présentées dans les chapitres précédents pour limiter l'impact des travaux de forage sur l'environnement et en particulier sur les aquifères terrestres et marins répondent à cette préoccupation du SDAGE.

Tout d'abord, il faut rappeler qu'il s'agit de travaux temporaires dont la durée est estimée à environ 6 mois.



La préoccupation de lutter contre les pollutions ponctuelles et diffuses des aquifères est prise en compte à différents niveaux lors des travaux :

- au niveau de la gestion des effluents sur la plateforme de forage (eaux pluviales, huiles, boues de forage) ;
- au niveau des pertes de boues et pertes en eau dans les terrains traversés lors des phases de forage ;
- au niveau de la gestion du fluide géothermal qui sera déchargé lors des essais de production ;
- au niveau de la protection des aquifères superficiels vis-à-vis d'une éventuelle connexion par les puits au réservoir géothermal profond à haute température.

Orientation n°4 : Restaurer le fonctionnement biologique des aquifères ...

Les travaux de forage n'interféreront en aucune manière avec cette orientation du SDAGE.

Orientation n°5 : assurer la protection des personnes et des biens ...

Les travaux de forage n'auront aucune incidence sur les risques d'inondation, de crue ou de houle cyclonique.

Orientation n°6 : se doter des moyens permettant d'assurer la connaissance...

Les travaux de forage ne sont pas concernés par cette orientation du SDAGE.

Les travaux de forage de ces nouveaux puits sont compatibles avec les orientations du SDAGE de la Guadeloupe.

IV.1.4 Impacts des travaux de forage sur le milieu marin

Le site des travaux de forage est situé à environ 250 mètres du bord de mer (voir Figure 8 par exemple). Les travaux de forage n'auront donc pas d'interférence directe avec le milieu marin.

Les tests de production de courte durée (2 jours pour chaque puits) qui seront réalisés à la fin du forage pourront interférer de façon indirecte avec le milieu marin. Ils délivreront du fluide géothermal qui sera stocké dans le bassin étanche (bourbier) pour être ensuite réinjecté, ou éventuellement évacué vers les installations existantes de la centrale (bassin du condenseur atmosphérique). Dans ce dernier cas, il sera mélangé avec les effluents de la centrale qui sont rejetés dans la baie de Bouillante. Toutefois, la quantité de fluide géothermal qui sera ainsi déchargé durant ces essais (100 à 200 t/h) durant 2 jours restera faible par rapport au débit actuel de fluide géothermal (environ 500 t/h) et au débit actuel d'eau de mer utilisé pour le refroidissement (8 380 m³/h ; Tableau 6) qui sont mélangés et rejetés quotidiennement par la centrale dans la baie de Bouillante.

L'impact chimique sera nul puisque ce fluide aura la même composition chimique que le fluide géothermal exploité actuellement. Son impact thermique sera également nul puisque Géothermie Bouillante veillera à ne pas dépasser la température maximale de rejet fixée à 45°C par l'arrêté préfectoral n°2012-965. L'effet sur le milieu marin de ce fluide géothermal qui sera déchargé lors des tests de courte durée des nouveaux puits sera donc insignifiant.



Les essais de production de longue durée de ces nouveaux puits n'auront pas d'interférence sur le milieu marin. La phase vapeur qui sera délivrée par le puits en cours de test sera valorisée au niveau de la turbine de l'unité Bouillante 1 ou Bouillante 2, en substitution à de la vapeur fournie habituellement par les puits producteurs BO-5 et BO-6. La phase eau séparée sera réinjectée directement dans le réservoir.

IV.2. IMPACTS VISUELS DES TRAVAUX DE FORAGE

IV.2.1 Impacts temporaires

Le chantier de forage prend place dans l'enceinte clôturée de la plate-forme aménagée pour les travaux.

Une clôture provisoire supplémentaire, de couleur neutre, pourra être installée aux abords des accès au site.

Ces protections limiteront l'accès au chantier et atténueront l'impact visuel lié à la présence d'engins et des équipements de forage.

Pour des raisons de sécurité, l'aire de chantier sera éclairée la nuit.

Pendant la durée des travaux, l'impact visuel sera surtout le fait du mât de forage qui aura une hauteur de l'ordre de 36 mètres. Le mât attirera l'œil d'un observateur sans pour autant choquer outre mesure. Une balise lumineuse de faible puissance signalera la position du mât la nuit pour des raisons de sécurité aérienne.

Pour les usagers de la RN2 et du centre bourg de Bouillante, le mât de forage sera en partie masqué par les installations de l'unité Bouillante 2 qui culmine à 15 m de hauteur. Ceci devrait contribuer à limiter son impact visuel.

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

IV.2.2 Impact permanent

A l'issue des travaux, le site des travaux de forage sera pérennisé sous forme de plateforme d'exploitation des puits.

Les têtes de puits auront une hauteur maximale de l'ordre de 2 mètres au-dessus du sol et ne devraient pas constituer une intrusion visuelle dans le paysage. Si d'autres équipements devaient être installés sur cette plateforme d'exploitation, leur intégration dans le paysage sera recherchée.

IV.2.2.1 Mesures pour réduire l'impact visuel

Ces mesures concernent essentiellement le panache de vapeur généré pendant les tests de production de courte durée.

Pour supprimer ce panache de vapeur à la sortie de la cheminée du séparateur, un système d'aspersion à l'eau de mer sera mis en place afin de condenser la phase vapeur (Figure 28) ; ce qui aura également pour effet de réduire le bruit.

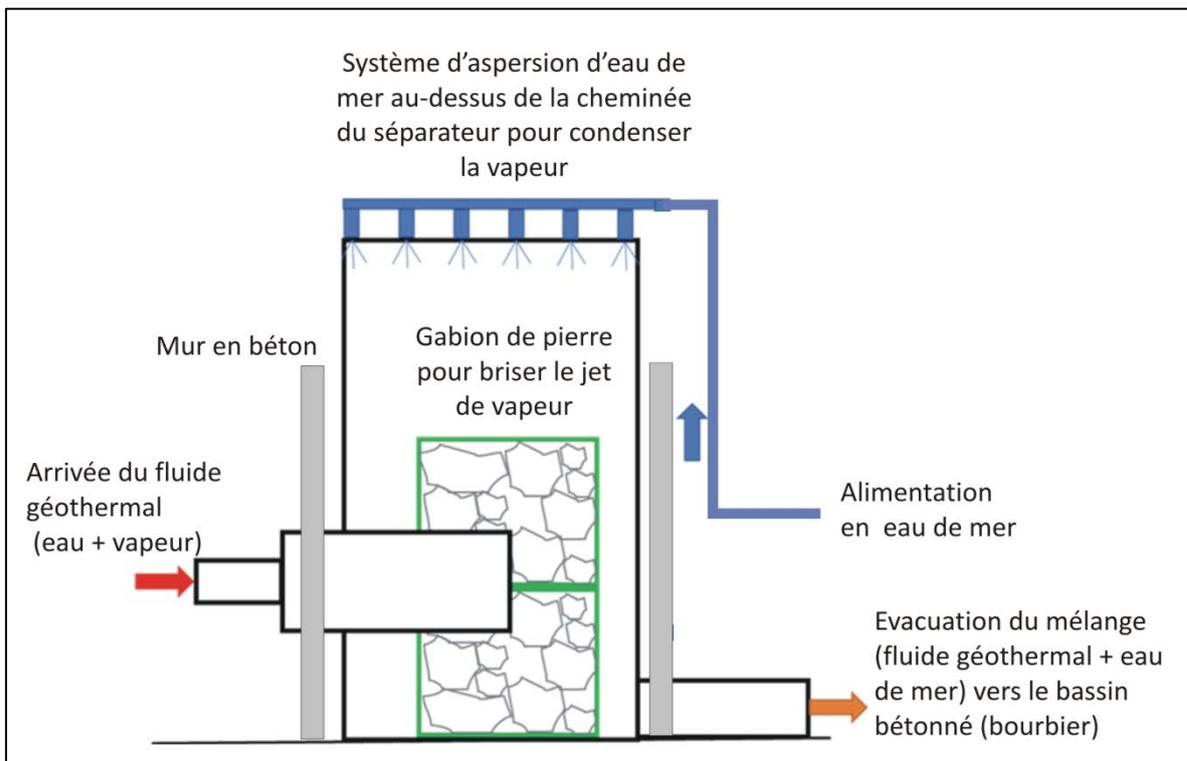


Figure 28 : Schéma de principe du séparateur cyclonique atmosphérique qui sera mis en place sur la plateforme de forage pour réaliser le dégorgeage et une mise en production de courte durée des puits.

IV.3. IMPACTS DES TRAVAUX DE FORAGE SUR LA QUALITE DE L'AIR

Les principaux rejets atmosphériques susceptibles d'altérer la qualité de l'air sont les suivants :

- les poussières ;
- les gaz d'échappement des moteurs thermiques ;
- les gaz présents dans le fluide géothermique.

IV.3.1 Les 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 envois de poussières seront tributaires des conditions météorologiques : un temps calme et pluvieux sera plus favorable qu'un temps sec et venteux. L'arrosage de la plateforme de forage pourra être réalisé lors des périodes sèches et ventées pour limiter l'émission et la dispersion des poussières.

IV.3.2 Rejets des gaz de combustion des moteurs

Les principaux rejets concerneront les gaz de combustion des carburants (engins de chantier et 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 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.

Pour réduire les nuisances liées au gaz de combustion des moteurs, les engins de chantier répondront à la réglementation concernant les émissions de gaz d'échappement.

IV.3.3 Les gaz présents dans le fluide géothermal

Parmi les gaz incondensables présents dans le fluide géothermal, seul le sulfure d'hydrogène H₂S présente une toxicité vis-à-vis de l'organisme humain. C'est la raison pour laquelle il fait l'objet d'un chapitre particulier dans la Partie V du document principal, relatif à la protection contre le sulfure d'hydrogène (H₂S).

IV.3.3.1 Mesures vis-à-vis des impacts temporaires

Pour mémoire, les émissions de gaz lors du forage et des tests des sept puits existants à Bouillante n'ont eu aucun effet notable sur l'environnement répertorié.

Dans le cadre de ces travaux de forage, des mesures seront mises en place pour limiter les émissions de gaz H₂S dans l'atmosphère :

- ⇒ Un réseau de capteur de surveillance sera mis en place au niveau du chantier et en périphérie pour contrôler les concentrations en H₂S dans l'atmosphère.
- ⇒ Un contrôle de l'artésianisme du puits et un dispositif de fermeture du puits en urgence (Bloc d'Obturation de Puits ; BOP) seront mis en œuvre pour contrôler toute venue de fluide éruptive pouvant conduire à un dépassement des seuils autorisés ;
- ⇒ Lors du dégorgeage et de l'essai de production de courte durée des puits, un système de traitement du gaz H₂S sera mis en place à titre préventif, permettant si nécessaire l'injection de soude caustique (ou de tout autre oxydant puissant) dans la conduite de décharge pour neutraliser ce gaz avant la décharge du fluide géothermal à l'atmosphère.

IV.3.3.2 Mesures vis-à-vis des impacts permanents

Lorsque les travaux de forage seront terminés, les puits seront équipés d'une tête de puits avec une vanne maîtresse pour assurer la fermeture des puits. Il n'y aura aucune émission de gaz au niveau du site.

Lorsque l'un des puits sera exploité en tant que puits producteur, le fluide géothermal sera transporté par conduite vers la centrale. Le gaz H₂S présent dans la phase vapeur sera traité par les installations de traitement du gaz H₂S existantes, conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral n°2015-079.

Lorsque l'un des puits sera exploité en tant que puits injecteur, cela n'indira aucune émission de gaz à l'atmosphère au niveau de ce puits.



IV.4. NUISANCES SONORES

IV.4.1 Impact temporaire pendant les travaux

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

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).

La circulation des véhicules lourds constitue également une nuisance sonore ponctuelle au niveau des voies d'accès au chantier.

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

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

IV.4.2 Populations concernées

Les populations concernées comprennent :

- 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 visiteurs occasionnels ainsi que les piétons ;
- les riverains proches.

IV.4.3 Réglementations

IV.4.3.1 Réglementation relative au personnel du chantier

L'article 3 du Titre : bruit BR-1-R du Règlement Général des Industries Extractives (RGIE) indique que l'exposition au bruit doit demeurer à un niveau compatible avec la santé des personnes, notamment avec la protection de l'ouïe.

Les niveaux sonores à partir desquels des dispositions particulières doivent être prises sont respectivement de :

- 85 dB(A) pour le niveau d'exposition sonore quotidienne ;
- 135 dB(A) pour le niveau de pression acoustique de crête.

L'article 8 de ce même titre indique que lorsque l'exposition sonore quotidienne dépasse le niveau de 85 dB(A) ou lorsque la pression acoustique de crête dépasse le niveau de 135 dB(A), le personnel doit être informé, avec le concours du médecin du travail. Cette information est donnée soit au moyen d'une notice distribuée périodiquement, soit à l'occasion de séances d'information organisées à cette fin portant sur :

- les risques résultant, pour l'ouïe, de l'exposition au bruit ;



- les moyens pouvant être mis en œuvre pour lutter contre le bruit et contre ses effets ;
- le rôle de la surveillance médicale de la fonction auditive.

L'article 12 indique que lorsque l'exposition sonore quotidienne subie par une personne dépasse le niveau de 85 dB(A) ou lorsque la pression acoustique de crête dépasse le niveau de 135 dB(A), des protecteurs individuels doivent être mis à sa disposition.

Cet article précise également que lorsque l'exposition sonore quotidienne subie par la personne dépasse le niveau de 90 dB(A) ou lorsque la pression acoustique de crête dépasse le niveau de 140 dB(A), l'exploitant prend toutes les dispositions pour que les protecteurs individuels soient utilisés.

IV.4.3.2 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).

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 l'installation est en fonctionnement) et le niveau de bruit de fond résiduel (état initial avant présence de l'installation). L'indicateur de niveau de bruit retenu est le L_{Aeq} évalué sur une durée d'au moins trente minutes. Les mesures doivent se conformer à la norme NFS31-010 remise à jour en décembre 1996. 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).

Ce décret donne des valeurs maximales admises pour l'émergence (bruit de voisinage) dès que le niveau de bruit ambiant est supérieur à 30 dB(A) (Cf. Tableau 13). Pour les valeurs inférieures à 30 dB(A), l'émergence sonore ne sera pas recherchée.

Niveau de bruit ambiant	Emergence admissible de 7h à 22h	Emergence admissible de 22h à 7h
Supérieur ou égal à 30 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

Tableau 13 : Valeurs d'émergences maximale admissible.

L'article R. 1334-33 précise que l'émergence sonore pourra être majorée selon la durée d'apparition du bruit de chantier. La majoration ne pourra cependant excéder 5 dB(A).

L'article R.1334-36 et l'article 2 du paragraphe 3 précise que si le bruit (...) a pour origine un chantier de travaux public ou privé (...), l'atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme est caractérisée par l'une des circonstances suivantes :

- le non-respect des conditions fixées par les autorités compétentes (...);
- l'insuffisance des précautions appropriées pour limiter ce bruit ;
- un comportement anormalement bruyant.

Est puni de la peine d'amende prévue pour les contraventions de 5^{ème} classe : (...)

- le fait (...) de ne pas respecter les conditions de leur réalisation (...) fixées par les autorités compétentes, de ne pas prendre les précautions appropriées pour limiter le bruit (...).

Le matériel mis en œuvre pour le forage devra être conforme aux normes et en particulier :

- à la réglementation du bruit de matériels et engins de chantier (Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie – Service de l'Environnement Industriel- février 1980) ;
- aux consignes de sécurité d'un forage de la Chambre Syndicale de la Recherche et de la Production en Pétrole et Gaz Naturel.

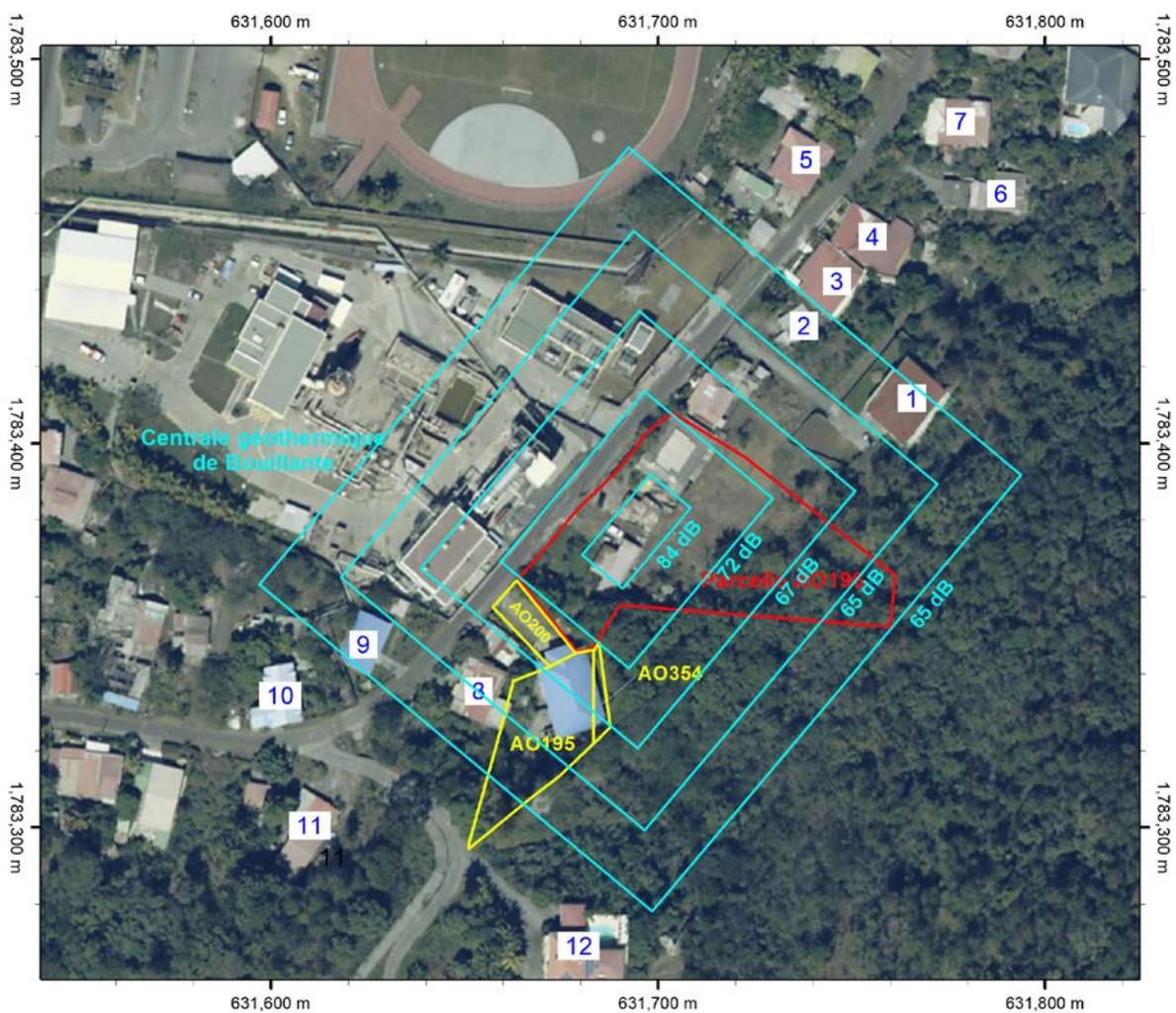


Figure 29 : Représentation des niveaux de bruit générés par la machine de forage qui sera utilisée en fonction de la distance (Document Ormat).

IV.4.4 Evaluation du niveau de bruit généré par l'appareil de forage

La Figure 29 illustre les niveaux de bruits générés par la machine de forage qui sera utilisée en fonction de la distance :

- 84 dB(A) au niveau de la machine de forage ;
- 72 dB(A) à une distance de 15 mètres ;
- 67 dB(A) à une distance de 30 mètres ;
- 65 dB(A) à une distance de 45 mètres et 60 mètres.

Ces niveaux de bruits ont été reportés sur une photographie aérienne du site afin de visualiser l'impact au niveau des riverains. On constate ainsi qu'un certain nombre de riverains devraient être exposés à un niveau de bruit de l'ordre de 65 dB.

A titre de comparaison, un niveau sonore de 65 dB correspond selon l'Ademe au bruit d'une salle de classe (Figure 30).

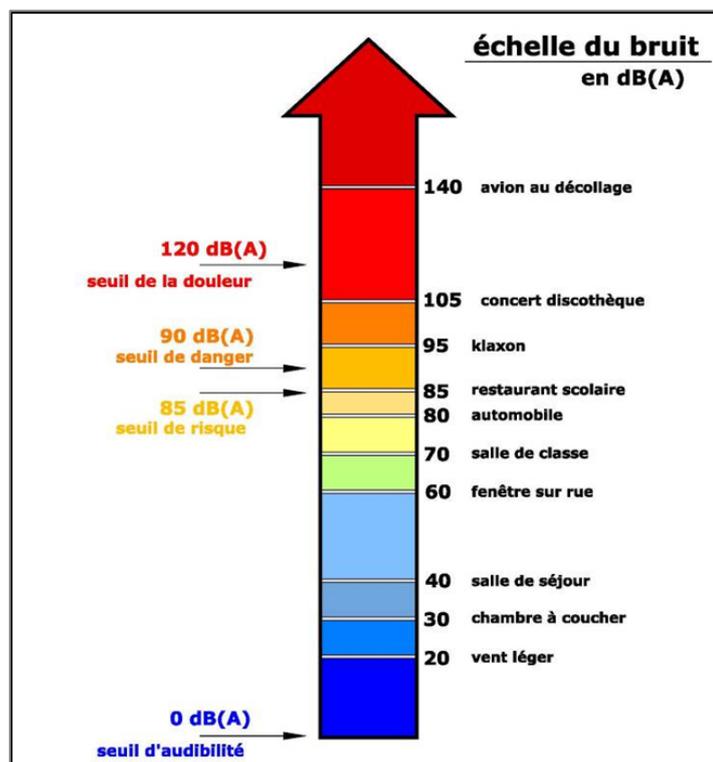


Figure 30 : Echelle du bruit en dB(A) (source ADEME)

IV.4.5 Mesures pour limiter le bruit et les émergences sonores

Géothermie Bouillante a déjà entamé une concertation avec les riverains qui seraient concernés par les effets sonores des travaux (cf. Figure 29), afin d'étudier avec eux les mesures compensatoires appropriées qui pourraient être mises en place pour limiter les nuisances sonores.



D'un point de vue technique, les mesures destinées à limiter le bruit qu'il conviendra d'appliquer avant et pendant les travaux de forage sont les suivantes :

- implanter de manière optimale la machine de forage en orientant les moteurs le plus loin possible des habitations ;
- systématiser le capotage des moteurs ;
- pour limiter l'impact sonore du chantier la nuit, les activités les plus bruyantes seront réalisées uniquement le jour dans la mesure du possible (pose des casings, évacuation des déchets...) ;
- envisager éventuellement l'installation d'écrans sonores ou murs anti-bruits aux abords du site.

D'autre part, Il est recommandé de réaliser 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) par un organisme de contrôle agréé, afin d'évaluer correctement l'impact des travaux.

IV.4.6 Mesures lors du dégorgeement et des tests de production de courte durée des puits

Pour limiter le bruit de la décharge du fluide géothermal diphasique (eau + vapeur) au niveau du séparateur atmosphérique, plusieurs aménagements seront faits (Figure 28):

- 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.

IV.4.7 Impact permanent après les travaux de forage

L'exploitation des puits ne devrait pas donner lieu à des niveaux de bruit importants. Les bruits issus de la circulation des fluides dans les conduites seront atténués par le calorifuge. De même, si une installation de séparation des fluides est mise en place, le ballon séparateur sera calorifugé.

Des travaux de maintenance sur les puits seront réalisés régulièrement. Les bruits seront ceux des compresseurs, des moteurs thermiques, des camions et les bruits de chocs entre les outils utilisés par les intervenants et les composants métalliques. L'ensemble de ces engins et outils seront conformes à la réglementation sur les émissions sonores.

Il est à noter que les horaires d'intervention seront conformes à la réglementation en vigueur.

IV.5. IMPACTS SUR LES ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES DE LA COMMUNE

IV.5.1 Impacts sur les réseaux existants

IV.5.1.1 Impact temporaire

Lors des travaux, les réseaux d'alimentation en eau potable et d'assainissement seront sollicités avec l'accord des concessionnaires respectifs.



IV.5.1.2 Impact permanent

Pendant l'exploitation, des conduites de transport du fluide géothermal relieront les têtes de puits à la centrale située de l'autre côté de la rue Vanier. L'intégration paysagère de ces conduites sera recherchée, au même titre que les conduites actuelles qui relient la plateforme des puits située à Plateau à la centrale.

IV.5.2 Impacts sur le contexte socio-économique de la commune

IV.5.2.1 Impact temporaire

La présence permanente d'équipes de forages, de supervision et de travaux de surface aura un effet positif sur l'hôtellerie et la restauration locale.

Les autres retombées locales sont décrites au paragraphe « Développement local et retombées financières », page 23, et au paragraphe III.6.4 « Critère social », page 58.

IV.5.2.2 Impact permanent

Les retombées temporaires des travaux de forage seront pérennisées puisque leur finalité est d'accroître la capacité de production de la centrale de Bouillante. Cet objectif devrait légitimement conduire Géothermie Bouillante à renforcer son équipe d'exploitation et donc créer de nouveaux emplois. En termes de sous-traitances, Géothermie Bouillante devrait également solliciter encore plus les entreprises guadeloupéennes dans le cadre des travaux de maintenance périodiques.

Ce projet de nouveaux forages aura pour bénéfice de développer une énergie locale et renouvelable, qui émet peu de gaz à effet de serre. Il renforcera encore l'image écologique de la commune de Bouillante.

IV.5.3 Impacts sur la circulation et les infrastructures

IV.5.3.1 Impact temporaire

Compte tenu des dangers que peuvent représenter la circulation et la manœuvre d'engins lourds à l'accès et aux abords du site, cet aspect est traité dans la Partie VI du dossier consacrée à la sécurité du chantier.

Dans le cadre des mesures destinées à atténuer l'impact du projet, Géothermie Bouillante veillera à organiser les travaux de façon à perturber le moins possible la circulation. Des mesures visant à réglementer la circulation aux abords du chantier seront prises afin d'assurer la sécurité des usagers et d'éviter la gêne des véhicules liés au chantier. La circulation habituelle sera donc organisée en fonction des phases du chantier, ce qui permettra de réduire les risques d'accident.

Les nuisances indirectes seront liées, à plus grande distance, au trafic engendré par le chantier et le va-et-vient de camions pour l'apport de matériaux en particulier.

L'aménagement routier et l'accès actuel permettent à des véhicules du gabarit d'une grue de 20 tonnes, d'un semi-remorque et de poids lourds, d'accéder au site de chantier de forage.

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.



Une communication destinée aux usagers des voies empruntées par les véhicules du chantier sera mise en place afin de :

- Les informer sur la durée, l'avancée des travaux et l'évolution des accès ;
- Leur signaler le chantier par des panneaux de signalisation de façon à ne pas générer de problèmes majeurs de circulation.

IV.5.3.2 Impact permanent

Hormis les rares périodes où des travaux importants de maintenance devront être menés sur les puits, le projet n'aura pas d'impact sur la circulation dans la rue Vanier.

Ces travaux de maintenance impacteront de façon limitée le trafic sur la rue Vanier. Au niveau de la plateforme des puits, il faudra prévoir une aire de circulation et de stationnement pour les véhicules.

IV.5.4 Impacts sur la sécurité des personnes

IV.5.4.1 Impact temporaire

Le périmètre des travaux, les cheminements piétons, les accès pour les véhicules légers seront entièrement sécurisés. En outre, l'accès au chantier sera interdit au public.

Dans le cadre des mesures destinées à renforcer la sécurité des usagers, le chantier sera entièrement entouré d'une clôture disposant d'une signalétique appropriée pour que les piétons et les automobilistes soient correctement avertis de la présence de travaux.

Pour les salariés du site, il est à prévoir la mise en place de :

- Cheminements piétonniers, balisés, éclairés et sécurisés ;
- Accès pour les véhicules utilitaires ;
- Accès pour les véhicules de sécurité (pompiers, ambulances, police, ...) jour et nuit 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.

Géothermie Bouillante aura la charge d'informer et de faire respecter les consignes de sécurité et de veiller au bon déroulement des travaux effectués par les entreprises extérieures. Les entreprises qui travailleront sur site, conformément à la législation, déclareront leurs travaux et établiront un Plan Particulier de Sécurité de Prévention et de Santé (P.P.S.P.S) listant les dangers et les moyens de prévention ; plans qui seront intégrés dans le Plan Général de Coordination (PGC) relatif à la sécurité, à la santé et à son organisation sur le site. Il comprendra d'importants volets de prévention de risques.

La sécurité sur le chantier est développée dans la partie relative au document de sécurité et de santé (Partie V du Dossier).

IV.5.4.2 Impact permanent

L'accès à la plateforme des puits sera interdit au public.



IV.6. IMPACTS SUR L'HYGIENE, LA SECURITE ET LA SALUBRITE PUBLIQUE

IV.6.1 Impact du projet sur la circulation routière

Dans le contexte du chantier, toutes les mesures seront prises pour protéger la sécurité et la santé des riverains et des visiteurs lors de la réalisation du projet. Les visiteurs ne pourront se déplacer que dans les secteurs autorisés. Les riverains seront exposés à des risques liés à une augmentation du trafic routier plus particulièrement due aux véhicules lourds accédant au chantier.

L'amenee et le repli de l'appareil de forage s'effectueront par convois exceptionnels. 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 (livraison des tubages, cimentation, évacuation des déblais, etc.). Dans le cadre des mesures destinées à atténuer l'impact du projet, le maître d'œuvre veillera à organiser les travaux de façon à perturber le moins possible la circulation. Des mesures visant à réglementer la circulation aux abords du chantier seront prises afin d'assurer la sécurité des usagers et d'éviter la gêne des véhicules liés au chantier.

Le parking des véhicules sera organisé en concertation avec la Municipalité de Bouillante, de façon à ne pas créer de gênes ou de risques pour les riverains et l'ensemble des usagers des voies de circulation concernées.

IV.6.2 La qualité de l'air

Les principaux rejets atmosphériques susceptibles d'altérer la qualité de l'air lors des travaux sont décrits dans le paragraphe IV.3.

IV.6.3 Les nuisances sonores

Les nuisances sonores générées par le chantier ont été abordées dans le paragraphe IV.4.

IV.7. IMPACTS DES DECHETS ET EFFLUENTS DE FORAGE

IV.7.1 Nature des déchets et effluents

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

- résidus de boue de forage et déblais de forage (cuttings) ;
- déchets industriels banals (D.I.B) et déchets métalliques ;
- fluide géothermal ;
- eaux de ruissellement ;
- eaux usés ;
- déchets ménagers et assimilés ;
- déchets spéciaux (hydrocarbures...).

IV.7.2 Impacts des déchets sur la santé

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 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 le contexte tel qu'il est prévu, le risque d'atteinte à la santé des travailleurs par les déchets des chantiers apparaît très peu probable.

De même, le risque d'atteinte à la santé des riverains par les déchets de chantier apparaît très peu probable. Géothermie Bouillante veillera néanmoins à la salubrité du site durant la période des travaux et au cours de son exploitation.

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).



Figure 31 : Signalisation sur chantier

IV.7.3 Boue de forage et déblais

Bien que potentiellement peu polluants, les fluides de forage (boue) qui serviront 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.

La boue de forage sera composée d'eau du réseau d'eau de ville, 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 vibreurs et des bacs à boue. Ils pourront également être stockés dans un bassin (bourbier) étanche.

Lorsqu'elles ne seront plus utilisées, les boues subiront sur site un traitement physico-chimique par centrifugation et coagulation. Les phases liquide et solide seront séparées :



- La phase solide (déblais) sera évacuée par camion et traitée dans un centre de traitement agréé ;
- La phase liquide sera mise en citerne puis envoyée vers un centre de traitement.

Le borbier étanche pourra être utilisé pendant des phases particulières de travaux pendant lesquelles les effluents ne pourraient être traités.

IV.7.4 Autres déchets industriels banals

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

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.

IV.7.5 Eaux de ruissellement et eaux usées

La plateforme sera équipée d'un réseau de collecte et d'évacuation des eaux de pluies muni de dispositifs déboureur/déshuileur, de sorte que les eaux pluviales ne puissent entraîner dans le milieu naturel les éventuelles pollutions présentes sur la plate-forme.

Une demande d'autorisation de déversement provisoire dans le réseau public d'assainissement des eaux pluviales et des eaux usées, autres que domestiques, sera faite auprès du service gestionnaire de ce réseau. Les eaux devront respecter le règlement des services d'assainissement de la Commune de Bouillante en particulier sur les valeurs limites de rejet.

IV.7.6 Fluide géothermal

Comme cela a été précédemment mentionné, la quantité de fluide géothermal qui sera déchargée en surface lors des tests de production de courte durée des puits (2 jours) sera limitée. En fonction du volume, ce fluide sera soit stocké dans le bassin (borbier) étanche puis réinjecté dans le réservoir, soit évacué vers les installations de la centrale et intégré au rejet des effluents de cette dernière dans la baie de Bouillante (cf. paragraphe IV.1.4).

IV.7.7 Déchets ménagers

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 et transportés régulièrement vers la déchetterie la plus proche. Le volume concerné sera faible et un tri sélectif (papiers et cartons, verre et bouteilles plastiques) sera réalisé.

Aucun rejet d'eaux usées issues des sanitaires ne sera effectué directement dans le milieu naturel. Les sanitaires seront reliés au réseau d'assainissement ou à des dispositifs autonomes étanches dont la vidange sera réalisée autant de fois que nécessaire en cours de chantier.



Figure 32 : Stockage des déchets sur un site



Figure 33 : Bacs de rétention et stockage d'huile sur un chantier

IV.7.8 Combustibles et lubrifiants

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

IV.7.9 Propreté générale du chantier

Les installations de chantier et les abords du chantier et sa voirie seront tenus parfaitement propres.

Les roues des camions seront si besoin nettoyées de toute boue et de terre en sortie du chantier.

IV.8. IMPACT SUR LA PROTECTION DU PATRIMOINE

Comme évoqué dans le paragraphe III.5, le site n'est soumis à aucune servitude liée à la protection du patrimoine de par sa localisation.



V. SYNTHÈSE DES MESURES DESTINÉES À SUPPRIMER, ATTENUER OU COMPENSER LES IMPACTS NÉGATIFS DU PROJET

La géothermie présente de nombreux atouts, notamment sur le plan économique et sur le plan environnemental.

Toutefois, comme tout chantier industriel, l'ensemble des activités nécessaires aux travaux de forage de puits géothermiques (préparation de la plate-forme, installation de la machine, forage, ripage et repli machine) peuvent générer des impacts environnementaux.

Les principaux impacts potentiels recensés au cours de cette étude sont repris dans les tableaux ci-après, ainsi que les mesures techniques et organisationnelles que Géothermie Bouillante mettra en œuvre pour supprimer, réduire ou compenser l'impact des travaux au voisinage du site.

Ces mesures font partie des règles de l'art des travaux de forage en géothermie et sont intégrés dans le montant global du programme de travaux de forage.



A. Impacts sur les sols et les eaux de surface

1/ Aménagement du site

- Mise en place d'une semelle en béton imperméable au niveau de la plate-forme de forage.
- Création de bassin(s) de stockage des effluents étanches, bétonnés ou avec bâche géotextile imperméable.
- Réseau de caniveaux pour collecte des eaux de pluies pouvant entraîner des polluants jusqu'au bassin de décantation par l'intermédiaire d'un bac déshuileur - débourbeur destiné à recueillir les traces d'hydrocarbures qui auraient pu s'échapper accidentellement des organes moteurs de l'appareil de forage.
- Nettoyage et remise en état du site.

2/ Stockage d'hydrocarbures et de boue - Stockage de produits divers

- Création d'une aire de stockage, avec bacs de rétention pour les produits inflammables ou potentiellement polluants, délimitée en lieu sûr, avec signalisation appropriée.
- Mise en place de bacs de rétention sous tous les contenants de liquides potentiellement polluants.
- Récupération et évacuation (par des organismes spécialisés) suivant filière réglementaire des carburants et huiles de vidange des moteurs. Contrôle de la qualité du traitement effectué pour vérifier la compatibilité avec les contraintes chimiques.
- Dépotage effectué selon les besoins du chantier dans le respect des normes de sécurité (sonde de trop-plein, raccords antistatiques et antidéflagrants, rétention...); vidange à fréquence régulière de tous les dispositifs de rétention d'hydrocarbures, fréquence augmentée en période de fortes pluies.
- Fluides de forage ("boues") élaborés à partir d'eau douce additionnée de bentonite (argile naturelle) et de polymères biodégradables.
- Récupération des déblais et effluents solides dans un corral dont l'étanchéité est assurée par une bâche ou/et coulage dallage en béton armé de 15 cm d'épaisseur.

3/ Production de fluide et de gaz géothermaux, détection des venues éruptives de fluide

- Tête de puits équipée en permanence d'obturateurs de sécurité (BOP ou Bloc d'Obturation de Puits) pendant le forage des niveaux aquifères et permettant une fermeture d'urgence.
- Contrôle des volumes des bacs à boue en permanence et installation de détecteurs de gaz sur le circuit de boue à la sortie du puits pour identifier immédiatement toute venue de gaz.



B. Impacts sur les eaux souterraines

Il n'est a priori pas nécessaire d'envisager des mesures compensatoires spécifiques vis-à-vis des ressources en eau dans le cadre de ces travaux de forage dans la mesure où aucun aquifère exploitable pour l'alimentation en eau potable ou l'irrigation n'a été mis en évidence dans la zone du projet.

Toutefois, les mesures compensatoires qui sont habituellement mise en œuvre pour protéger les ressources en eau, resteront appliquées :

- Les puits seront équipés de tubages 30"3/8, 20" et 13"5/8 cimentés sur toute leur hauteur (qui constitueront des barrières étanches et qui les isoleront parfaitement des aquifères superficiels ;
- Les eaux pluviales de la plateforme 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 avec des bacs de rétention pour éviter toute pollution par suintement ou déversement ;
- Le fluide géothermal qui sera déchargé lors des essais sera réinjecté, ou évacué vers un bassin étanche sur la plateforme de forage, ou évacué au niveau de la centrale puis rejeté en mer avec les effluents de la centrale par l'intermédiaire du canal de rejet bétonné ;
- En cas d'abandon des puits, la mise en place de bouchons de ciment isolera parfaitement le réservoir géothermal profond des aquifères superficiels.

C. Impact visuel du chantier de forage

- Clôture ou bardage périphérique.

D. Impacts sur la qualité de l'air

- Arrosage éventuel de la plate-forme de forage lors des périodes sèches pour limiter l'émission et la dispersion des poussières.
- Contrôle continu de la concentration en H₂S dans l'air ambiant en 3 endroits de la plate-forme de forage (alarmes sonore et visuelle réglées sur 10 ppm) - Mise en place en un lieu visible de tous les points du chantier d'une manche à air. Information du personnel et des riverains au début des travaux des risques afférents à l'H₂S et à la conduite à tenir en cas de venues de vapeur d'eau ou d'H₂S.



E. Impacts sur la circulation autour du site

- Information des usagers de la route par des panneaux routiers de chantier de la sortie d'engins de chantier au niveau des voies d'accès au chantier.
- Contrôle du stationnement des véhicules aux abords du chantier de manière à ne pas créer d'entrave à la circulation sur les voies d'accès.
- Aire spécifique dans l'enceinte du chantier réservée à la manœuvre des véhicules leur permettant de faire demi-tour pour ré-emprunter l'accès sans entrave à la circulation.
- Aménagement de parking(s) temporaire(s) à l'extérieur du site en concertation avec la municipalité de Bouillante pour limiter la gêne et améliorer la sécurité au niveau des voies d'accès.
- Le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre veilleront à organiser les travaux de façon à perturber le moins possible la circulation. Des mesures visant à réglementer la circulation aux abords du chantier seront prises afin d'assurer la sécurité des usagers et d'éviter la gêne des véhicules liés au chantier. La circulation habituelle sera donc organisée en fonction des phases du chantier, ce qui permettra de réduire les risques d'accident.

F. Impact sonore

- Insonorisation, isolation des moteurs des groupes électrogènes et des moteurs sources de bruits (mise aux normes).
- Réalisation des opérations particulièrement bruyantes de préférence en journée.
- Concertation sur les mesures compensatoires envisageables avec les riverains qui seraient impactés par le bruit du chantier.



VI. ANALYSE DES EFFETS CUMULES DU PROJET AVEC D'AUTRES PROJETS CONNUS

Il n'y a pas d'autre projet connu à proximité du site des nouveaux forages qui pourrait interférer avec ces travaux.



ANNEXES

Plan cadastral des parcelles concernées par les travaux

Fiches de Données Sécurité

Rapport du BRGM sur l'évaluation des aléas naturels

Rapport de Caraïbe Environnement sur les Inventaires faunistique et floristique