



## **CONCESSION DE BOUILLANTE**

### **Dossier de Demande d'Autorisation d'Ouverture de Travaux Miniers pour la réalisation de deux forages (BO-11 et BO-12)**

#### **Partie 4 : Etude d'impact**

Décembre 2018

**Géothermie Bouillante  
Le bourg  
97125 Bouillante**





## PRESENTATION

Ce document constitue la **Partie 4 « Etude d'impact »** d'un Dossier de Demande d'Autorisation d'Ouverture de Travaux Miniers (DAOTM) pour la réalisation de deux forages (BO-11 et BO-12), 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.

Cette demande fait suite à une précédente demande d'Autorisation d'Ouverture de travaux miniers (DAOTM) déposée en janvier 2018 et concernant le forage de deux ou trois nouveaux puits (BO-08, BO-09 et BO-10) implantés sur une parcelle située derrière la centrale, dans le bourg de Bouillante. En complément de ces trois premières implantations, Géothermie Bouillante envisage également la possibilité de forer ces puits sur deux autres sites dénommés BO-11 et BO-12.

Au total, 5 implantations possibles sont donc retenues pour le forage de deux ou trois nouveaux puits. Les implantations définitives de ces nouveaux puits seront décidées au vue des contraintes techniques et des contraintes foncières rencontrées.

Ce document constitue la **Partie 4 « Etude d'Impact »** de ce nouveau dossier de Demande d'Autorisation d'Ouverture de Travaux Miniers dont l'objet est de présenter les informations relatives aux travaux de forage sur ces deux nouveaux sites BO-11 et BO-12.

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

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

**Partie 2** : Un mémoire résumant l'historique de l'exploitation géothermique de Bouillante puis 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

<b>I. INTRODUCTION DE L'ETUDE D'IMPACT .....</b>	<b>16</b>
<b>II. CONTEXTE, PRINCIPE ET JUSTIFICATION DU PROJET .....</b>	<b>18</b>
<b>II.1. Identification du demandeur .....</b>	<b>18</b>
<b>II.2. Cadre juridique.....</b>	<b>18</b>
<b>II.3. Contexte du Projet .....</b>	<b>18</b>
<b>II.4. Principe du Projet.....</b>	<b>19</b>
<b>II.5. Localisation du projet .....</b>	<b>19</b>
<b>II.6. durée prévisionnelle des travaux .....</b>	<b>20</b>
<b>II.7. Justification du projet.....</b>	<b>23</b>
II.7.1 Adéquation avec les politiques énergétiques nationales et locales .....	23
II.7.2 Intérêts économique et stratégique du projet .....	23
II.7.3 Bénéfice environnemental.....	27
II.7.4 Développement local et retombées financières.....	28
<b>II.8. Description et grandeurs caractéristiques.....</b>	<b>30</b>
II.8.1 L'exploitation géothermique de Bouillante en 2018 .....	30
II.8.2 Principe de fonctionnement de la centrale géothermique .....	30
II.8.3 Grandeurs caractéristiques.....	31
<b>III. ANALYSE DE L'ETAT INITIAL DES MILIEUX SUSCEPTIBLES D'ETRE AFFECTES PAR LE PROJET</b>	<b>33</b>
<b>III.1. Présentation géographique des sites de travaux.....</b>	<b>33</b>
III.1.1 Le site du puits BO-11 .....	33
III.1.2 Le site du puits BO-12 .....	35
<b>III.2. Présentation du milieu physique.....</b>	<b>38</b>
III.2.1 Le champ géothermique de Bouillante.....	38
III.2.2 Géologie .....	40
III.2.3 Hydrogéologie et hydrologie.....	43
III.2.4 Le milieu marin.....	47
III.2.5 Climatologie .....	49
III.2.6 Qualité de l'air.....	51
<b>III.3. Les Aléas naturels.....</b>	<b>57</b>
III.3.1 Aléas naturels recensés au niveau du site BO-11 .....	57
III.3.2 Aléas naturels recensés au niveau du site BO-12 .....	61
<b>III.4. Le milieu naturel terrestre .....</b>	<b>65</b>
III.4.1 Contexte naturel du site du puits BO-11.....	65
III.4.2 Contexte naturel du site du puits BO-12.....	66
III.4.3 Inventaires des espaces naturels protégés.....	70
III.4.4 Classement des sites des travaux de forage BO-11 et BO-12.....	73
<b>III.5. Milieu humain et données socio-économiques .....</b>	<b>73</b>
III.5.1 Contexte socio-économique .....	73

III.5.2	Maîtrise foncière du projet et situation cadastrale .....	73
III.5.3	Riverains du projet.....	74
III.5.4	Etablissement recevant du public à proximité.....	77
III.5.5	Servitudes réglementaires .....	77
III.5.6	Servitude d’urbanisme .....	77
III.5.7	Données des bases BASOL et BASIAS.....	78
III.5.8	Voies de communication.....	80
<b>III.6.</b>	<b>Etat initial des nuisances sonores .....</b>	<b>81</b>
III.6.1	Le site du puits BO-11 .....	81
III.6.2	Le site du puits BO-12 .....	83
<b>III.7.</b>	<b>Paysages et Patrimoine.....</b>	<b>86</b>
III.7.1	Paysages.....	86
III.7.2	Patrimoine archéologique.....	88
III.7.3	Patrimoine architectural .....	88
III.7.4	Monuments historiques.....	89
<b>III.8.</b>	<b>Pertinence du Projet.....</b>	<b>90</b>
III.8.1	Critères économiques .....	90
III.8.2	Critères techniques .....	90
III.8.3	Critères environnementaux .....	92
III.8.4	Critères sociaux .....	92
<b>IV.</b>	<b>ANALYSE DES EFFETS DES TRAVAUX DE FORAGE ENVISAGES SUR L’ENVIRONNEMENT... 95</b>	
<b>IV.1.</b>	<b>Les effets potentiels des travaux sur le milieu naturel terrestre .....</b>	<b>95</b>
IV.1.1	Effets potentiels au niveau du site du puits BO-11.....	95
IV.1.2	Effets potentiels au niveau du site du puits BO-12.....	96
IV.1.3	Mesures envisagées.....	97
<b>IV.2.</b>	<b>Les effets potentiels des travaux sur le sol.....</b>	<b>98</b>
IV.2.1	Le site du puits BO-11 .....	98
IV.2.2	Le site du puits BO-12 .....	98
IV.2.3	Mesures envisagées .....	99
<b>IV.3.</b>	<b>Les effets potentiels des travaux de forage sur les eaux de surface .....</b>	<b>99</b>
IV.3.1	Effets identifiés .....	99
IV.3.2	Mesures envisagées.....	100
<b>IV.4.</b>	<b>Les effets potentiels des travaux de forage sur les eaux souterraines et les ressources en eau 103</b>	
IV.4.1	Aquifères concernés.....	103
IV.4.2	Mesures envisagées.....	103
IV.4.3	Conformité des travaux de forage avec le SDAGE de la Guadeloupe.....	103
<b>IV.5.</b>	<b>Les effets potentiels des travaux de forage sur le milieu marin de la baie de Bouillante 105</b>	
IV.5.1	Le site du puits BO-11 .....	105
IV.5.2	Le site du puits BO-12 .....	106
<b>IV.6.</b>	<b>les effets potentiels sur la qualité de l’air .....</b>	<b>106</b>
IV.6.1	Effets identifiés .....	106
IV.6.2	Les émissions de poussières .....	106
IV.6.3	Les émissions de gaz d’échappement.....	106
IV.6.4	Les émissions de gaz présents dans le fluide géothermal de Bouillante.....	106
<b>IV.7.</b>	<b>Les impacts potentiels des travaux en termes de nuisances sonores .....</b>	<b>114</b>

IV.7.1	Règlementation.....	114
IV.7.2	Les nuisances sonores générées par des travaux de forage.....	116
IV.7.3	Incidence des travaux de forage sur le bruit autour du site du puits BO-11.....	118
IV.7.4	Incidence des travaux de forage sur le bruit autour du site du puits BO-12.....	122
IV.7.5	Les mesures correctrices envisagées.....	122
<b>IV.8.</b>	<b>Les effets sur la circulation et les infrastructures.....</b>	<b>127</b>
IV.8.1	Les effets sur la circulation routière.....	127
IV.8.2	Accès au chantier de forage du puits BO-11.....	127
IV.8.3	Accès au chantier de forage du puits BO-12.....	128
IV.8.4	Mesures envisagées concernant la circulation.....	128
IV.8.5	Les effets sur les infrastructures.....	129
<b>IV.9.</b>	<b>Les effets sur la sécurité des personnes.....</b>	<b>129</b>
IV.9.1	Information des riverains.....	129
IV.9.2	Protection et accès au site.....	130
IV.9.3	Moyens de secours.....	130
IV.9.4	Sécurité des visiteurs.....	130
IV.9.5	Sécurité civile.....	130
IV.9.6	Protection contre les émanations de vapeur et de gaz.....	131
IV.9.7	Protection contre les risques de pollution.....	131
IV.9.8	Protection contre l'incendie.....	131
<b>IV.10.</b>	<b>Les effets sur les risques naturels.....</b>	<b>131</b>
<b>IV.11.</b>	<b>Les effets des déchets et la propreté des chantiers de forage.....</b>	<b>132</b>
IV.11.1	Impacts potentiels des déchets et effluents.....	132
IV.11.2	Mesures concernant les fluides de forage et déblais.....	132
IV.11.3	Mesures concernant les autres déchets industriels banals.....	133
IV.11.4	Mesures concernant les eaux de ruissellement et eaux usées.....	133
IV.11.5	Mesures concernant le fluide géothermal.....	133
IV.11.6	Mesures concernant les déchets ménagers.....	134
IV.11.7	Mesures concernant les combustibles et lubrifiants.....	134
IV.11.8	Mesures concernant la propreté générale du chantier.....	135
<b>IV.12.</b>	<b>Les Impacts visuels des travaux.....</b>	<b>135</b>
IV.12.1	Principaux impacts attendus.....	135
IV.12.2	Le site de forage du puits BO-11.....	135
IV.12.3	Le site de forage du puits BO-12.....	135
IV.12.4	Mesures concernant l'impact visuel des travaux.....	135
<b>IV.13.</b>	<b>Les effets sur le patrimoine.....</b>	<b>136</b>
<b>IV.14.</b>	<b>Les effets sur les activités socio-économiques locales et régionales.....</b>	<b>136</b>
IV.14.1	Impacts des travaux sur les réseaux existants.....	136
IV.14.2	Impacts des travaux sur les activités socio-économiques de la commune.....	136
IV.14.3	Impacts sur l'activité touristique.....	136
<b>IV.15.</b>	<b>Coûts des mesures destinées à éviter, réduire ou compenser les effets négatifs des travaux.....</b>	<b>141</b>
<b>V.</b>	<b>ANALYSE DES EFFETS CUMULES DU PROJET AVEC D'AUTRES PROJETS CONNUS.....</b>	<b>147</b>
<b>VI.</b>	<b>APPREHENSION DU PROJET DANS SON ENSEMBLE.....</b>	<b>149</b>
<b>VI.1.</b>	<b>Rappel de la réglementation.....</b>	<b>149</b>



<b>VI.2. Les travaux d'exploitation de ces nouveaux puits et les changements à prévoir .....</b>	<b>149</b>
<b>VI.3. rappel concernant les caractéristiques des nouveaux puits .....</b>	<b>150</b>
<b>VI.4. L'aménagement de nouvelles plateformes d'exploitation .....</b>	<b>150</b>
VI.4.1 La plateforme d'exploitation du puits BO-11.....	150
VI.4.2 La plateforme d'exploitation du puits BO-12.....	154
<b>VI.5. La construction de conduites de transport et de ballons séparateurs .....</b>	<b>158</b>
VI.5.1 Le puits de réinjection BO-11.....	158
VI.5.2 Le puits de réinjection BO-12.....	158
<b>VI.6. Les travaux d'exploitation sensu stricto des deux nouveaux puits .....</b>	<b>162</b>
VI.6.1 Le puits d'injection BO-11 .....	162
VI.6.2 Le puits de production BO-12 .....	162
<b>VI.7. L'augmentation de la capacité de production du réservoir et la construction éventuelle d'une nouvelle unité de production électrique .....</b>	<b>165</b>
VI.7.1 Rappel de la situation actuelle.....	165
VI.7.2 L'augmentation de la capacité de production des puits.....	165
VI.7.3 Configuration transitoire de l'exploitation .....	167
VI.7.4 Incidences environnementales de la construction d'une nouvelle unité.....	168
VI.7.5 Incidences environnementales de l'exploitation d'une nouvelle unité.....	171
<b>VI.8. Conclusions .....</b>	<b>171</b>
<b>VII. LES METHODES D'EVALUATION DES IMPACTS ET LES DIFFICULTES RENCONTREES .....</b>	<b>173</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Extrait de la carte topographique de l'IGN au 1/25 000 au niveau du bourg de Bouillante montrant la localisation des deux puits BO-11 et BO-12 faisant l'objet de cette demande et la localisation des trois puits (BO-8, BO-9 et BO-10) ayant fait l'objet d'une demande précédente en janvier 2018 (Coordonnées UTM WGS84).....	20
Figure 2 : Localisation de l'usine (ou centrale géothermique) de Bouillante et des sites déportés de l'exploitation au sein de l'agglomération de Bouillante sur une photographie aérienne (source : Géoportail). .....	21
Figure 3 : Planning prévisionnel des travaux de forage des puits BO-11 et BO-12. ....	21
Figure 4 : Carte montrant les localisations et les trajectoires des puits existants (en bleu), des trois nouveaux puits ayant fait l'objet d'une demande d'autorisation de forage en janvier 2018 (en vert), et des deux puits BO-11 et BO-12 faisant l'objet de cette demande (en rouge). Coordonnées UTM WGS84 en mètres.....	22
Figure 5 : Mix électrique 2014 en Guadeloupe (source : EDF Archipel Guadeloupe, OREC (Observatoire Régional de l'Energie et du Climat)).....	24
Figure 6 : Evolution du mix de production électrique en Guadeloupe entre 1996 et 2014 en MWh (source : OREC).....	24
Figure 7 : Coût de production du MWh électrique dans les Systèmes Electriques Insulaires par type d'énergie (EDF-SEI, 2017).....	26
Figure 8 : Principales composantes du système électrique de la Guadeloupe et leur puissance installée (source : DEAL, OREC, EDF Archipel Guadeloupe) .....	27
Figure 9 : 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.....	29
Figure 10 : Vue d'ensemble de la zone d'implantation de la plateforme de forage du puits BO-11 à l'intérieur de l'enceinte du site de la centrale. ....	33
Figure 11 : Localisation du puits BO-11 et périmètre de la plateforme de forage à l'intérieur de l'enceinte de la centrale géothermique dans le bourg de Bouillante (Coordonnées UTM WGS84).....	34
Figure 12 : Vue de la zone d'implantation de la plateforme de forage du puits BO-11 depuis le portail d'entrée de la centrale.....	35
Figure 13 : Photographie aérienne montrant le périmètre de la plateforme actuelle des puits à Plateau et la position du puits BO-12 implanté sur la parcelle 413 contiguë (source Géoportail, Coordonnées UTM WGS84). ....	36
Figure 14 : Vue de la plateforme des puits actuelle situé à Plateau. Le site de forage du puits BO-12 se situe au fond dans le prolongement de la plateforme. ....	37
Figure 15 : Vue de la parcelle AO 413 depuis le chemin Descoudes. Le chemin bétonné longe l'extérieur du mur d'enceinte de la plateforme actuelle. Le site de forage du puits BO-12 est positionné au bas de ce chemin. ....	37
Figure 16 : 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 (d'après Bouchot et al, 2008 ; Coordonnées UTM WGS84).....	38
Figure 17 : Description du sondage superficiel 64S1 réalisé en 1964 par la SPDEG dans le bourg de Bouillante (voir Figure 11) et qui fournit des indications sur les conditions de température de la nappe superficielle à faible profondeur.....	40
Figure 18 : Log lithologique simplifié, coupe technique du puits et profil de température statique du puits BO-2 réalisé en 2010 (d'après des données de EURAFREP et de CFG Services).....	41

Figure 19 : Log géologique simplifié du puits BO-4 et profil de température (nov. 20015) entre 0 et 350 m de profondeur (d'après des données de EURAFREP et CFG Services). .....	42
Figure 20 : Représentation très simplifiée du réservoir géothermique à l'aplomb du bourg de Bouillante. ....	43
Figure 21 : Extrait de la carte topographique de l'IGN au 1/25 000 montrant les cours d'eau au voisinage des sites des travaux de forage ainsi que les réservoirs AEP (coordonnées UTM WGS84). ....	45
Figure 22 : Carte des masses d'eau côtières de l'Île de Basse-Terre sensibles à l'eutrophisation (SDAGE 2016-2021). ....	48
Figure 23 : Hauteurs de pluies annuelles (mm) sur l'Île de Basse-Terre en 2016 et écarts aux normales 1981-2010 (source : Météo France Guadeloupe). ....	49
Figure 24 : Evolution mensuelle des précipitations enregistrées à Vieux-Habitants en 2016 (d'après Météo France Guadeloupe). ....	50
Figure 25 : 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). ....	51
Figure 26 : Points de mesures et teneurs en H <sub>2</sub> S dans l'atmosphère mesurées en différents points à Bouillante par la méthode des tubes passifs durant la saison pluviale en oct-nov. 2009 (extrait de Gwad'air, 2010). ....	53
Figure 27 : Points de mesures et teneurs en H <sub>2</sub> S dans l'atmosphère mesurées en différents points à Bouillante par la méthode des tubes passifs durant la saison sèche en février-mars 2010 alors que la centrale était à l'arrêt (extrait de Gwad'air, 2010). ....	53
Figure 28 : Profil journalier des teneurs en NO <sub>x</sub> mesurées par le laboratoire mobile de Gwad'air à Bouillante et à Pointe-à-Pitre qui montre une relation claire avec le trafic routier (Gwad'air, 2010). ....	54
Figure 29 : Evolution de l'indice de la qualité de l'air en saison pluviale à Bouillante et à Pointe-à-Pitre du 10 septembre au 7 novembre 2010 (Gwad'air, 2010). ....	56
Figure 30 : Evolution de l'indice de la qualité de l'air en saison sèche à Bouillante et à Pointe-à-Pitre du 2 mars au 21 mars 2010 (Gwad'air, 2010). ....	56
Figure 31 : Cartographie de l'aléa mouvement de terrain au niveau du site du puits BO-11, extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante (source : BRGM, 2018). ....	58
Figure 32 : Cartographie de l'aléa sismique au niveau du site du puits BO-11 extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) de Bouillante (BRGM, 2018). ....	58
Figure 33 : Cartographie de l'aléa inondation au niveau du site du puits BO-11 extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) de Bouillante (source : BRGM 2018). ....	60
Figure 34 : Cartographie de l'aléa cyclonique au niveau du site du puits BO-11 extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante (source : BRGM, 2018). ....	60
Figure 35 : Zonage réglementaire au niveau du site du puits BO-11 extrait du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante (source : BRGM, 2018). ....	61
Figure 36 : Cartographie de l'aléa mouvement de terrain au niveau du site du puits BO-12 sur les parcelles AO 412 et AO 413, extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante. ....	62
Figure 37 : Cartographie de l'aléa liquéfaction au niveau du site du puits BO-12 sur les parcelles AO 412 et AO 413, extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante. ....	63

Figure 38 : Cartographie de l'aléa zonage de faille au niveau du site du puits BO-12 sur les parcelles AO 412 et AO 413, extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante. ....	63
Figure 39 : Cartographie de l'aléa inondation au niveau du site du puits BO-12 sur les parcelles AO 412 et AO 413, extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante. ....	64
Figure 40 : Cartographie de l'aléa cyclonique au niveau du site du puits BO-12 sur les parcelles AO 412 et AO 413, extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante. ....	64
Figure 41 : Zonage réglementaire au niveau du site des travaux de forage du puits BO-12 sur les parcelles AO 413 et AO 412, extrait du Plan de Prévention des Risques Naturels majeurs (PPRN) de la commune de Bouillante. ....	65
Figure 42 : Illustration de la végétation de type Habitat 1 au niveau de la parcelle AO 413 qui sera concernée par les travaux de forage du puits BO-12. ....	66
Figure 43 : Cartographie des habitats au sein de la parcelle AO 413 (d'après Caraïbes Environnement, 2018) superposée au périmètre de la zone qui sera concernée par les travaux de forage du puits BO-12. ....	68
Figure 44 : Cartographie des espaces naturels protégés recensés sur la commune de Bouillante. (d'après l'application Cartelie de la DEAL Guadeloupe). ....	71
Figure 45 : Localisation de la ZNIEFF marine de type 1 de la Pointe à Léopard (d'après l'application Cartelie de la DEAL Guadeloupe). ....	72
Figure 46 : Localisation et nombre de riverains situés à des distances de moins de 50 m et moins de 100 m par rapport à la machine de forage lors de la réalisation du puits BO-11 localisé dans l'enceinte de la centrale (cordonnées UTM WGS84). ....	75
Figure 47 : Localisation et nombre de riverains situés à des distances de moins de 50 m et moins de 100 m par rapport à la machine de forage lors de la réalisation du puits BO-12. ....	76
Figure 48 : Carte de localisation des 6 établissements de la commune de Bouillante répertoriés dans la base BASIAS. ....	80
Figure 49 : Plan des voies d'accès au chantier de forage du puits BO-12. ....	81
Figure 50 : Localisation des points de mesures acoustiques réalisées autour du site de forage du puits BO-11 par le bureau d'Etudes AEC en octobre 2018. ....	82
Figure 51 : Résultats des mesures acoustiques réalisées autour du site du puits BO-11 en périodes diurne et nocturne par le bureau d'études AEC en octobre 2018 alors que la centrale était en fonctionnement. ....	83
Figure 52 : Localisation des points de mesures acoustiques réalisées autour du site de forage du puits BO-12 par le bureau d'Etudes AEC en octobre 2018. ....	84
Figure 53 : Résultats des mesures acoustiques réalisées autour du site du puits BO-12 en périodes diurne et nocturne par le bureau d'études AEC en octobre 2018 alors que la centrale était en fonctionnement. ....	85
Figure 54 : Vue distale du bourg de Bouillante depuis le point de vue de Falaise, où l'on distingue les installations de la centrale géothermique comme élément marquant du paysage. ....	87
Figure 55 : Vue du condenseur barométrique de l'unité Bouillante 1 depuis la rue Vanier. ....	87
Figure 56 : Exemple de végétation arborée en bordure du site de la centrale qui constitue un écran paysager efficace au niveau du site de forage du puits BO-11. ....	87
Figure 57 : Vue de la végétation semi-arbustive qui occupe la parcelle AO413 sur laquelle sera implanté le puits BO-12. ....	88
Figure 58 : Localisation des édifices de l'Habitation Muscade et de l'Habitation Massieux classés comme Monument historique. ....	89

Figure 59 : Trajectoires des puits existants et des nouveaux puits BO-11 et BO-12 conduisant à une configuration d'exploitation du réservoir optimisée. ....	91
Figure 60 : Représentation schématique de la future configuration d'exploitation du réservoir géothermique de Bouillante envisagée à la suite du forage des puits BO-11 et BO-12. ....	91
Figure 61 : Jeunes ingénieurs guadeloupéen et haïtien en stage à la centrale de Bouillante (août 2018). ....	93
Figure 62 : Coupe technique prévisionnelle des puits, avec un détail de la partie supérieure des ouvrages (0-150 m) montrant les trois tubages emboîtés avec cimentation des annulaires. ....	101
Figure 63 : Bassin de rétention bétonné sur la plateforme des puits actuelle destiné à recueillir le fluide géothermal déchargé durant les phases transitoires d'ouverture et de chauffe des puits, et de maintien en température. ....	102
Figure 64 : Schéma de la ligne d'essai utilisée pour les essais de production des puits BO-11 et BO-12 montrant le dispositif d'injection de soude pour neutraliser le gaz H <sub>2</sub> S si nécessaire (d'après un document de Ormat).....	112
Figure 65 : Représentation des niveaux de bruit générés par la machine de forage en fonction de la distance autour du site du puits BO-11, en <b><i>l'absence de mesures correctrices</i></b> (Document Ormat). ....	117
Figure 66 : Echelle du bruit en dB(A) (source ADEME).....	118
Figure 67 : Estimation des niveaux d'émergences sonores lors des travaux de forage autour du site du puits BO-11 en période diurne (gauche) et nocturne (droite), <b><i>avant application de mesures correctrices</i></b> . ....	120
Figure 68 : Estimation des niveaux d'émergences sonores lors des travaux de forage autour du site du puits BO-12 en périodes diurne et nocturne, <b><i>avant application de mesures correctrices</i></b> . ....	121
Figure 69 : Exemple de mur anti-bruit mis en place au niveau de la clôture du site de la centrale dans la rue Vanier et qui pourrait être installé en périphérie du chantier de forage pour réduire ses nuisances sonores. ....	125
Figure 70 : Entrée de la centrale de Bouillante depuis la RN2 qui constituera également l'accès au chantier de forage du puits BO-11. ....	127
Figure 71 : Vue du Chemin Descoudes qui est la voie d'accès au chantier de forage du puits BO-12. ....	128
Figure 72 : Exemple d'un panneau d'information relatif à un chantier de forage géothermique. ....	130
Figure 73 : Illustration du tri des déchets industriels banals tel qu'il est appliqué sur le site de la centrale et qu'il sera appliqué sur les chantiers de forage. ....	133
Figure 74 : Bacs de rétention et stockage d'huile sur un chantier. ....	134
Figure 75 : Vue générale de la plateforme actuelle de Plateau illustrant une plateforme d'exploitation de puits géothermiques. A noter que cette plateforme comporte 4 têtes de puits (BO-4, BO-5, BO-6, BO-7) alors que les nouvelles plateformes des puits BO-11 et BO-12 ne comporteront qu'un seul puits. ....	151
Figure 76 : Périmètre de la plateforme d'exploitation du puits BO-11 et implantation envisagée des équipements de réinjection. ....	152
Figure 77 : Périmètre envisagé pour la future plateforme d'exploitation des puits incluant BO-12 et le tracé envisagé pour la conduite de liaison qui raccordera le puits BO-12 à la conduite de transport diphasique qui relie les puits à la centrale via le séparateur HP. ....	153
Figure 78 : Vue du puits BO-6 sur la plateforme de Plateau illustrant la tête d'un puits géothermique placée dans une cave bétonnée, munie de vannes d'isolement et connectée à une conduite de transport des fluides calorifugée. La cave est entourée d'une barrière de sécurité. La tête de puits est maintenue par des traverses	

métalliques prenant appui sur les murs de la cave pour limiter ses mouvements en cas de séisme.....	155
Figure 79 : Tronçon de la conduite diphasique qui transportera le fluide délivré actuellement par les puits BO-5 et BO-6 et par le futur puits BO-12 de la plateforme des puits jusqu'au ballon séparateur eau/vapeur HP. ....	158
Figure 80 : Vue du ballon séparateur eau/vapeur HP existant qui sera remplacé par un ballon séparateur plus grand pour prendre en compte le surcroît de fluide qui sera apporté par le puits BO-12.....	160
Figure 81 : Photographie aérienne (@géoportail) montrant les limites cadastrales de la parcelle AO584 sur laquelle est implanté le ballon séparateur HP existant.....	160
Figure 82 : Vue du bâtiment de couleur beige de l'unité Bouillante 1 abritant le groupe turbo-alternateur de 4,5 MW (à gauche) et du bâtiment de couleur bleu ciel de l'unité Bouillante 2 abritant le groupe turbo-alternateur de 11 MW (au fond à droite). ....	166
Figure 83 : Représentation schématique de la configuration d'exploitation actuelle des deux unités Bouillante 1 et 2 (en noir) et des modifications éventuelles engendrées par le forage du nouveau puits de production BO-12 (en rouge). ....	167

## 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). ....	25
Tableau 2 : Données concernant la production électrique en Guadeloupe en 2016 (source : OREC, 2017). ....	25
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).....	26
Tableau 4 : Taux d'émissions gazeuses de différents types de centrales électriques (en tonne/jour par MWe). ....	28
Tableau 5 : Bilan 2015 des émissions de gaz à effet de serre liées à la production d'électricité en Guadeloupe (source : OREC, 2017). ....	28
Tableau 6 : Grandeurs caractéristiques des deux unités Bouillante 1 et Bouillante 2 de la centrale géothermique de Bouillante (données de conception). ....	32
Tableau 7 : Tableau récapitulatif des caractéristiques principales des 5 puits existants dont 2 puits verticaux forés par EURAFREP entre 1969 et 1977 et 3 puits directionnels forés par Géothermie Bouillante en 2000-01.....	32
Tableau 8 : Compositions chimiques représentatives des fluides délivrés par les puits BO-4, BO-5 et BO-6 et par deux sources thermales du bourg de Bouillante, et composition de l'eau de mer (Analyses BRGM).....	39
Tableau 9 : Etats écologique et chimique de la Rivière Lostau et de la Rivière de Beaugendre en 2013 (d'après SDAGE 2016-2021). ....	46
Tableau 10 : 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). ....	48
Tableau 11 : Températures mensuelles moyennes diurnes et nocturnes relevées à la station du Raizet, Guadeloupe, en 2016 (d'après Météo France Guadeloupe). ....	50
Tableau 12 : Durée moyenne d'ensoleillement (en heures par jour) au Raizet de 1996 à 2010 (source : Météo France Guadeloupe). ....	51

Tableau 13 : Tableau comparatif des concentrations moyennes en polluants mesurées par le laboratoire mobile de Gwad'air en saison pluviale (oct. – nov. 2009) à Bouillante et à Pointe-à-Pitre (Gwad'air, 2010). .....	54
Tableau 14 : Tableau comparatif des concentrations moyennes en polluants mesurées par le laboratoire mobile de Gwad'air en saison sèche (février-mars 2010) à Bouillante et à Pointe-à-Pitre (Gwad'air, 2010). .....	54
Tableau 15 : Récapitulatif des niveaux d'aléas naturels recensés au niveau des sites retenus pour implanter les puits BO-11 et BO-12.....	65
Tableau 16 : Liste des espèces animales rencontrées sur la parcelle AO413 (Caraïbes Environnement, 2018).....	69
Tableau 17 : Liste des habitations riveraines repérées autour du site de forage du puits BO-11 sur la Figure 46. ....	75
Tableau 18 : Tableau extrait de la Base BASIAS listant les anciens sites industriels et activités de service répertoriés sur la commune de Bouillante. ....	79
Tableau 19 : Résultats des mesures acoustiques réalisées par le bureau d'études AEC en octobre 2018 autour du site de forage du puits BO-11 (voir Figure 50).....	81
Tableau 20 : Résultats des mesures acoustiques réalisées par le bureau d'études AEC en octobre 2018 autour du site de forage du puits BO-12 (voir Figure 52).....	86
Tableau 21 : Caractéristiques des deux édifices de Bouillante inscrits aux Monuments historiques et situés dans un rayon de 1 km autour des sites de travaux (d'après la DAC Guadeloupe).....	89
Tableau 22 : Concentration des gaz incondensables présents dans la phase vapeur délivrée par les puits BO-5 et BO-6 à la sortie du séparateur HP à une pression de 6,5 bars-a le 06/02/2018 (Prélèvement et analyse par ISOR).....	107
Tableau 23 : Relation dose/effets sur l'homme pour l'hydrogène sulfuré (INERIS, 2011).....	108
Tableau 24 : Seuils de toxicité aiguë pour les émissions accidentelles d'hydrogène sulfuré en fonction de la dose et du temps d'exposition d'après l'INERIS.....	108
Tableau 25 : Valeurs limites d'exposition professionnelle à l'hydrogène sulfuré dans différents pays. ....	109
Tableau 26 : Valeurs toxicologiques de références considérées par l'INERIS (2011).....	110
Tableau 27 : Valeurs toxicologiques pour l'exposition humaine à l'hydrogène sulfuré retenues par l'INERIS dans sa mise à jour de 2011.....	111
Tableau 28 : Valeurs d'émergences maximales admissibles. ....	115
Tableau 29 : Niveaux d'émergence sonore en périodes diurne et nocturne autour du site de forage du puits BO-11 avant application de mesures correctrices, évalués d'après les mesures de bruits ambiant réalisées en octobre 2018 et la carte des niveaux de bruit de l'appareil de forage. ....	119
Tableau 30 : Niveaux d'émergence sonore en périodes diurne et nocturne autour du site de forage du puits BO-12 avant application de mesures correctrices, évalués d'après les mesures de bruits ambiant réalisées en octobre 2018 et la carte des niveaux de bruit de l'appareil de forage. ....	123
Tableau 31 : Situation actuelle et situation future des effluents de la centrale de Bouillante rejetés dans la baie de Bouillante. ....	140
Tableau 32 : Tableaux récapitulant les mesures destinées à éviter, réduire ou compenser les effets négatifs du projet sur l'environnement et leurs coûts estimés. ....	141
Tableau 33 : Informations préliminaires sur les incidences environnementales des <b>travaux de construction</b> des nouvelles plateformes des puits BO-11 et BO-12 et sur les mesures correctrices qui pourront être appliquées et le niveau estimé des impacts résiduels après application de ces mesures. ....	156

Tableau 34 : Informations préliminaires sur les incidences environnementales des <b>travaux d'exploitation</b> des nouvelles plateformes des puits BO-11 et BO-12 et sur les mesures correctrices qui pourront être appliquées et le niveau estimé des impacts résiduels après application de ces mesures. ....	157
Tableau 35 : Informations préliminaires sur les incidences environnementales des travaux d'exploitation des nouvelles plateformes des puits BO-11 et BO-12 et sur les mesures correctrices qui pourront être appliquées et le niveau estimé des impacts résiduels après application de ces mesures. ....	161
Tableau 36 : Informations préliminaires sur les incidences environnementales de l'exploitation des deux nouveaux puits BO-11 et BO-12 et sur les mesures correctrices qui pourront être appliquées et le niveau estimé des impacts résiduels après application de ces mesures. ....	164
Tableau 37 : Débit de fluide extrait du réservoir actuellement (nov. 2018) et dans la perspective de la mise en exploitation du puits BO-12 et leur équivalence en termes de capacité de production électrique brute. ....	165
Tableau 38 : Chronogramme indicatif d'un projet incluant le forage des nouveaux puits BO-8 et BO-9 et la construction d'une nouvelle unité de production électrique à Bouillante. ....	167
Tableau 39 : Informations préliminaires sur les incidences environnementales des <b>travaux de construction</b> d'une nouvelle unité de production électrique et sur les mesures correctrices qui pourront être appliquées et le niveau estimé des impacts résiduels après application de ces mesures. ....	169
Tableau 40 : Informations préliminaires sur les incidences environnementales des <b>travaux d'exploitation</b> d'une nouvelle unité de production et sur les mesures correctrices qui pourront être appliquées et le niveau estimé des impacts résiduels après application de ces mesures. ....	170

## LISTE DES ANNEXES

<b>Annexe 1</b> : Plans cadastraux des parcelles AO 612 et AO 413 sur lesquelles sont implantés les puits BO-11 et BO-12. ....	175
<b>Annexe 2</b> : Rapport du BRGM sur l'évaluation et le zonage des risques naturels. ....	175
<b>Annexe 3</b> : Préfecture de la Région Guadeloupe. Commune de Bouillante – Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles. Règlement. Mai 2007. ....	175
<b>Annexe 4</b> : Rapport de Caraïbes Environnement Développement sur L'Etude faunistique et floristique de la parcelle AO413 de Bouillante et de sa proche périphérie ....	175
<b>Annexe 5</b> : Etude Acoustique – Centrale de Bouillante. Rapport de la société AEC, novembre 2018. ....	175
<b>Annexe 6</b> : Fiches de Données de Sécurité des principaux produits utilisés pour la fabrication du fluide de forage (Bentonite, baryte, carbonate de calcium, IDOS 130A). ....	175
<b>Annexe 7</b> : INERIS – Fiche de données toxicologiques et environnementales de l'Hydrogène sulfuré. Mise à jour : 29/09/2011. ....	175

## I. INTRODUCTION 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<sup>er</sup> 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.

***Ce document présente l'étude d'impact environnemental relative aux travaux de forage des deux puits géothermiques BO-11 et BO-12 envisagés par la société Géothermie Bouillante, en s'attachant à :***

- décrire l'état initial des sites d'implantation des travaux et de leur environnement ;
- recenser les impacts des travaux de forage sur l'environnement afin de définir l'organisation de chantier générant le moins d'impacts possibles, 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 », en incluant :

- une description succincte du projet comportant des informations relatives à sa conception et à ses dimensions ;
- une analyse de l'état initial des sites concernés 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 (RNT) afin de faciliter la prise de connaissance par le public des informations contenues dans l'étude.



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

Dans le cadre d'une demande précédente déposée en janvier 2018, Géothermie Bouillante avait sélectionné un terrain situé dans le bourg de Bouillante, derrière la centrale géothermique, pour y implanter ces deux (ou trois) nouveaux puits répertoriés BO-8, BO-9 et BO-10. Dans le cadre de la présente demande, Géothermie Bouillante envisage également la possibilité de forer ces nouveaux puits sur deux autres sites répertoriés BO-11 et BO-12.

Au total, 5 implantations possibles sont donc retenues pour le forage de ces nouveaux puits. Les implantations définitives seront décidées au vue des contraintes techniques et des contraintes foncières rencontrées.

***Cette étude d'impact concerne les travaux de forage qui seraient réalisés sur les sites BO-11 et BO-12.***

#### II.5. LOCALISATION DU PROJET

La Figure 1 montre la localisation géographique des deux sites qui ont été retenus pour implanter ces nouveaux puits. Ils se situent dans ou à proximité du bourg de Bouillante.

- ✓ Le site BO-11 est localisé dans l'enceinte de la centrale géothermique ;
- ✓ Le site BO-12 est localisé sur une extension de la plateforme actuelle des puits située à Plateau, à environ 600 mètres à vol d'oiseau au sud-est de la centrale.

Les terrains sur lesquels sont implantés ces deux sites appartiennent à Géothermie Bouillante.

La Figure 2 montre la localisation de ces deux sites par rapport aux installations existantes de la centrale géothermique. Ils sont implantés à l'intérieur ou à proximité immédiate de ces installations de façon à faciliter le raccordement des puits et à minimiser leurs impacts environnementaux.

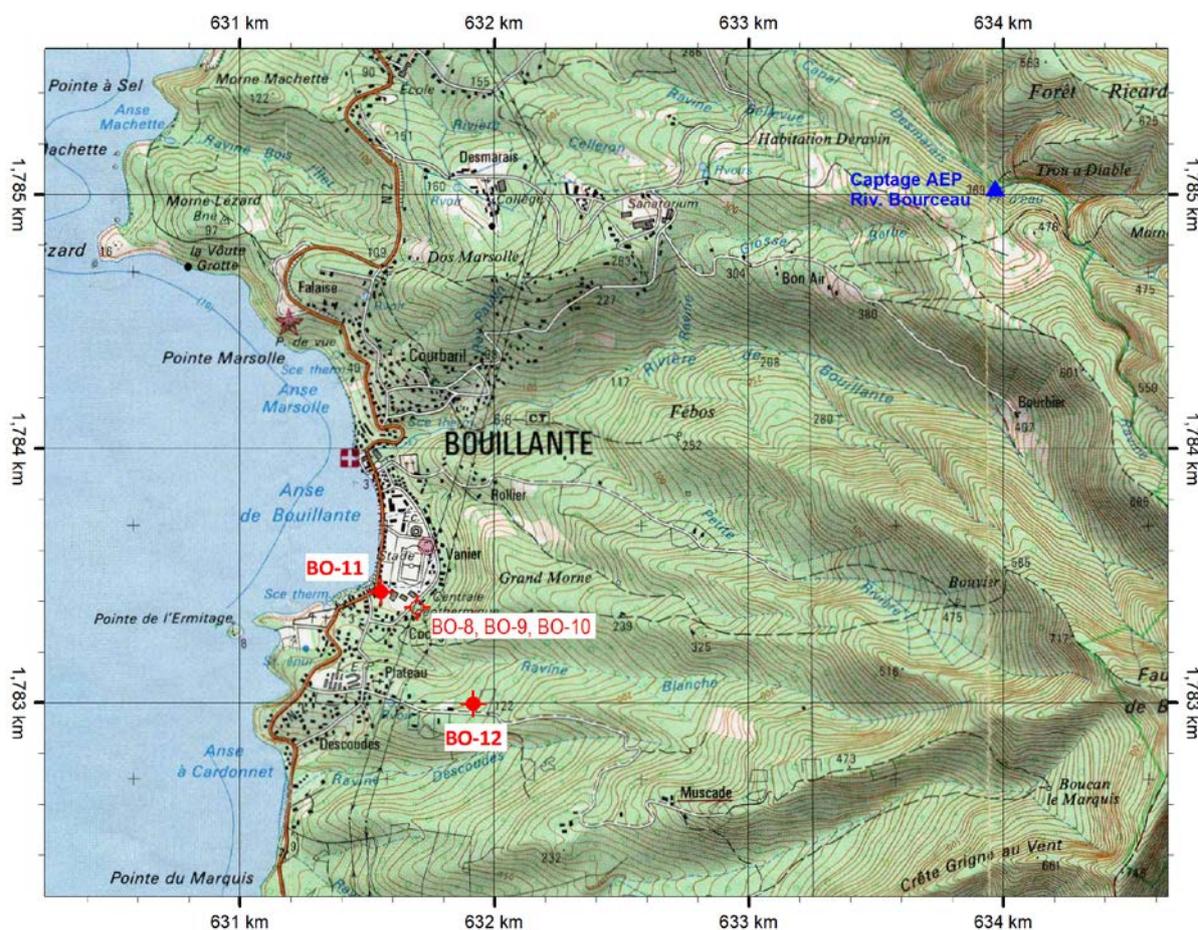


Figure 1 : Extrait de la carte topographique de l'IGN au 1/25 000 au niveau du bourg de Bouillante montrant la localisation des deux puits BO-11 et BO-12 faisant l'objet de cette demande et la localisation des trois puits (BO-8, BO-9 et BO-10) ayant fait l'objet d'une demande précédente en janvier 2018 (Coordonnées UTM WGS84).

La Figure 4 montre les trajectoires de ces deux puits BO-11 et BO-12 à côté des trajectoires des puits existants (BO-2, BO-4, BO-5, BO-6, BO-7), et des trois nouveaux puits BO-8, BO-9 et BO-10 pour lesquels une précédente demande d'ouverture de travaux a été déposée en janvier 2018.

Les deux puits BO-11 et BO-12 sont des puits directionnels, comme les puits BO-5, BO-6 et BO-7.

## II.6. DUREE PREVISIONNELLE DES TRAVAUX

Le planning prévisionnel des travaux de forage est indiqué sur la Figure 3. Il est prévu environ 1 mois de travaux (génie civil essentiellement) pour la préparation des plateformes de forage des puits BO-11 et BO-12 et de leur accès. Le montage de la machine de forage et de ses équipements annexes sur le premier puits devrait durer environ 10 jours. Ensuite, le forage du premier puits démarrera. Le choix entre BO-11 et BO-12 sera défini au dernier moment.

Lorsque le premier puits sera terminé au bout de 50 jours environ, il est prévu 5 jours de tests de courte durée.

Le transfert de la machine de forage sur le second puits nécessitera environ 7 jours. Le nettoyage et la remise en état du site durera 10 jours environ.

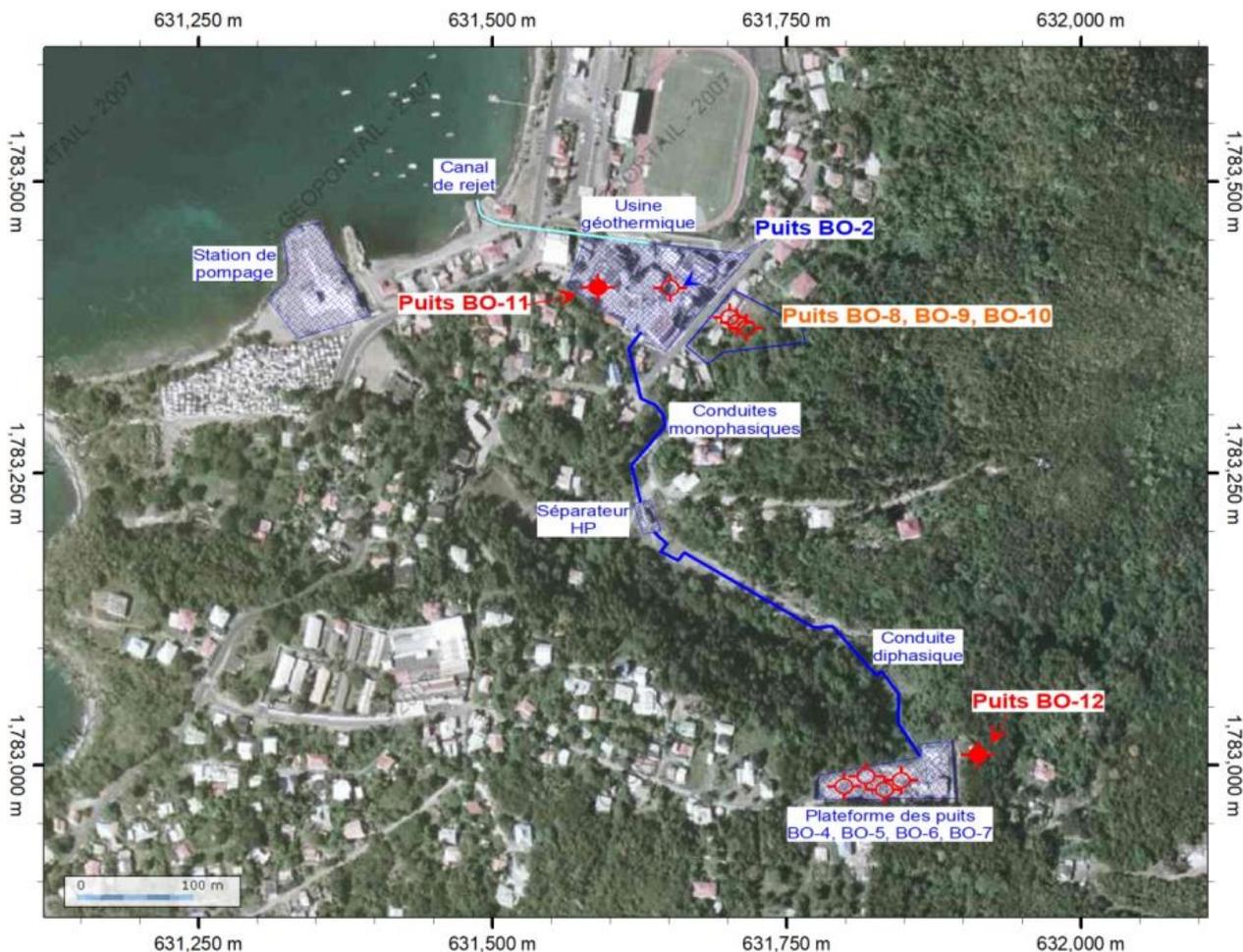


Figure 2 : Localisation de l’usine (ou centrale géothermique) de Bouillante et des sites déportés de l’exploitation au sein de l’agglomération de Bouillante sur une photographie aérienne (source : Géoportail).

Les sites des nouveaux forages envisagés (BO-8, BO-9, BO-10, BO-11 et BO-12) ont également été reportés.

	Durée (jours)	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6	Mois 7
Préparation des deux plateformes	30							
Montage de la machine de forage	10							
Forage du premier puits	50							
Tests du premier puits	5							
Transfert de la machine sur 2nd puits	7							
Nettoyage et remise en état du site	10							
Forage du second puits	50							
Tests du second puits	5							
Démobilisation machine de forage	10							
Nettoyage et remise en état du site	10							

Figure 3 : Planning prévisionnel des travaux de forage des puits BO-11 et BO-12.

Le forage du second puits durera 50 jours également. Lorsqu'il sera terminé, il fera l'objet d'un test de courte durée (5 jours). Puis la machine de forage sera démobilisée (10 jours). Le site sera nettoyé puis remis en état (10 jours).

Au total, la durée prévue des travaux de forage et de tests de courte durée des deux puits sera de l'ordre de 6 mois.

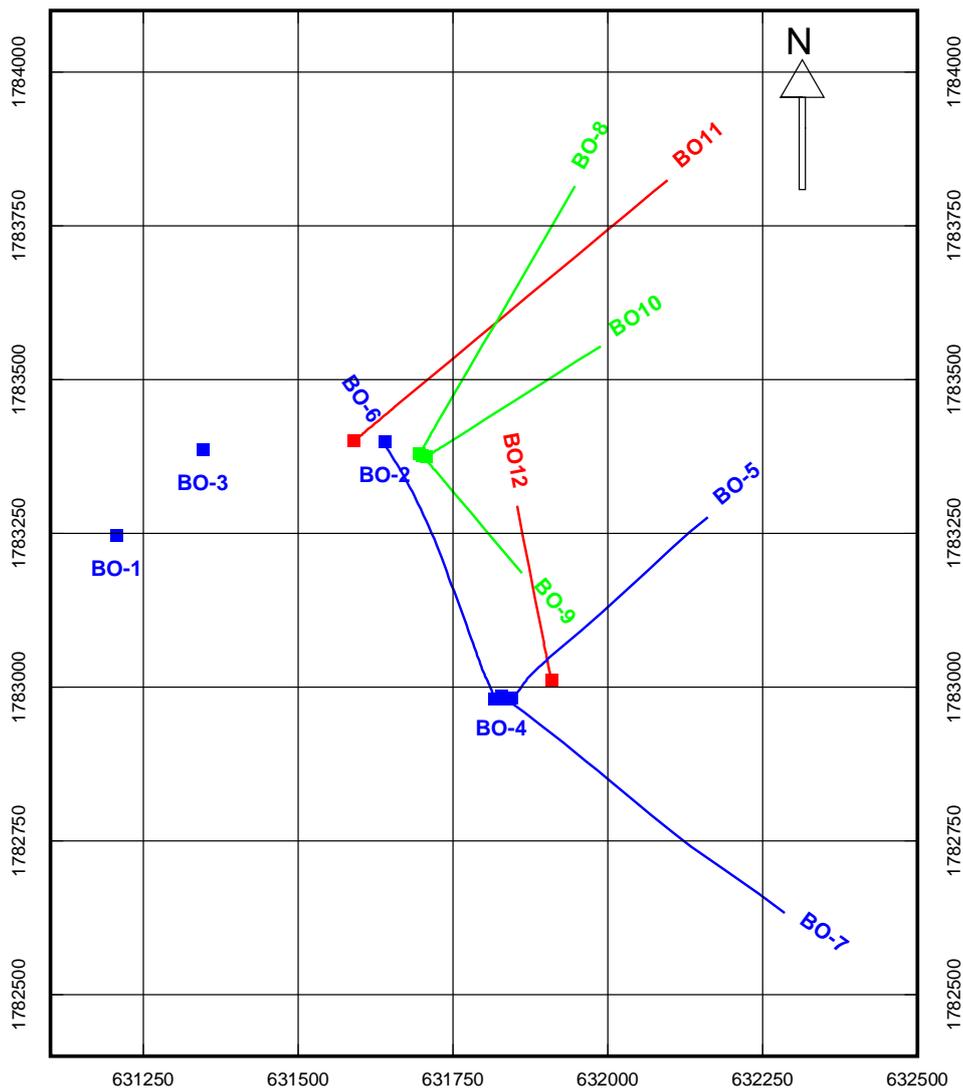


Figure 4 : Carte montrant les localisations et les trajectoires des puits existants (en bleu), des trois nouveaux puits ayant fait l'objet d'une demande d'autorisation de forage en janvier 2018 (en vert), et des deux puits BO-11 et BO-12 faisant l'objet de cette demande (en rouge). Coordonnées UTM WGS84 en mètres.

*(Les têtes de puits sont repérées par des carrés. Les puits BO-1 et BO-3 sont abandonnés et bouchés. La trajectoire des puits directionnels est représentée par un trait).*



## II.7. JUSTIFICATION DU PROJET

### II.7.1 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.7.2 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 5). Par ailleurs, la demande en électricité a quasiment doublé entre 1996 et 2016 (Figure 6).

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 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.

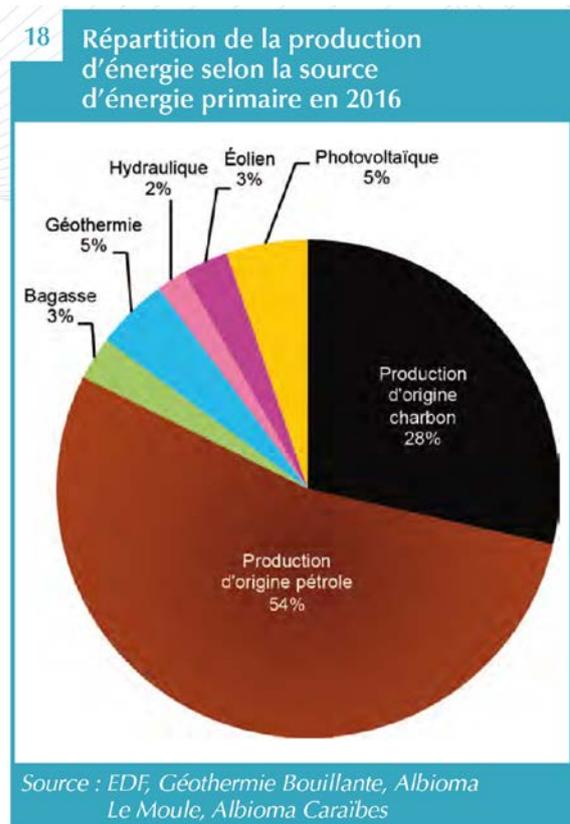


Figure 5 : Mix électrique 2014 en Guadeloupe (source : EDF Archipel Guadeloupe, OREC (Observatoire Régional de l'Énergie et du Climat)).

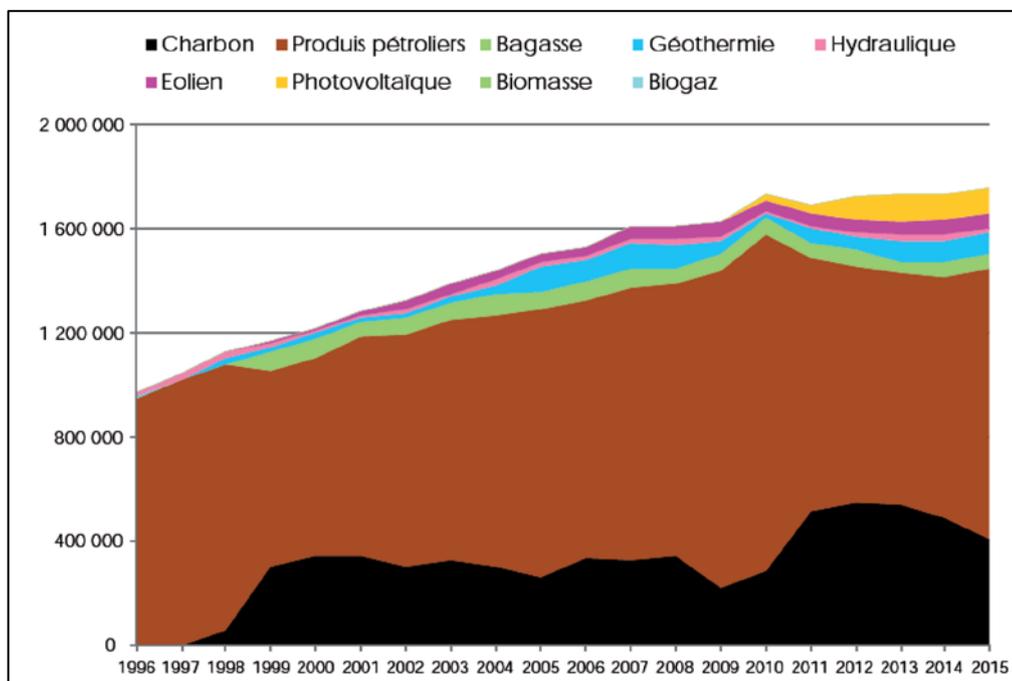


Figure 6 : Evolution du mix de production électrique en Guadeloupe entre 1996 et 2014 en MWh (source : OREC).



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 7 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.

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
2017	112,2	1757

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	<b>84,1 GWh</b>	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	<b>19 000 habitants</b>	

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).

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 8), la centrale de Bouillante contribue à la stabilité du réseau au niveau de l’île de Basse-Terre comme le souligne EDF.

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.

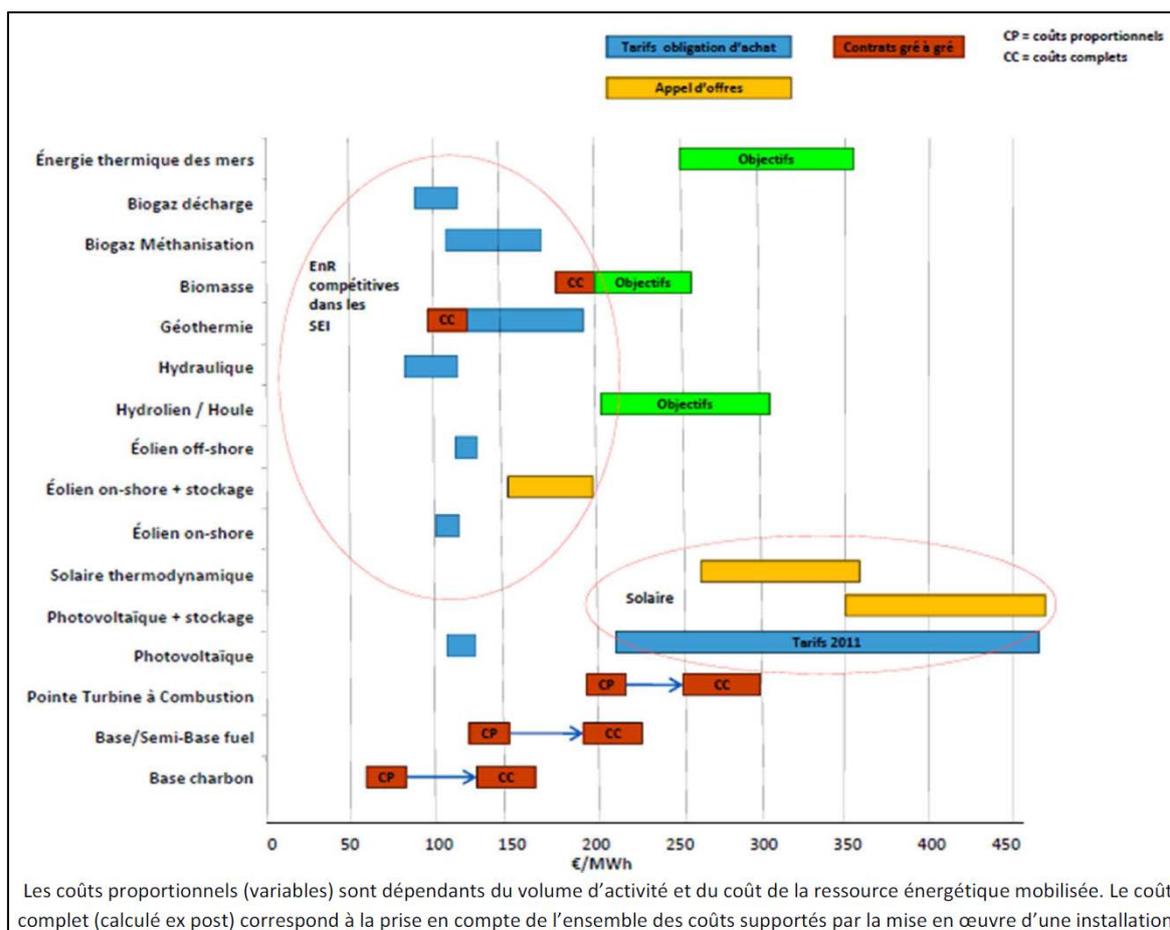


Figure 7 : Coût de production du MWh électrique dans les Systèmes Electriques Insulaires par type d’énergie (EDF-SEI, 2017).

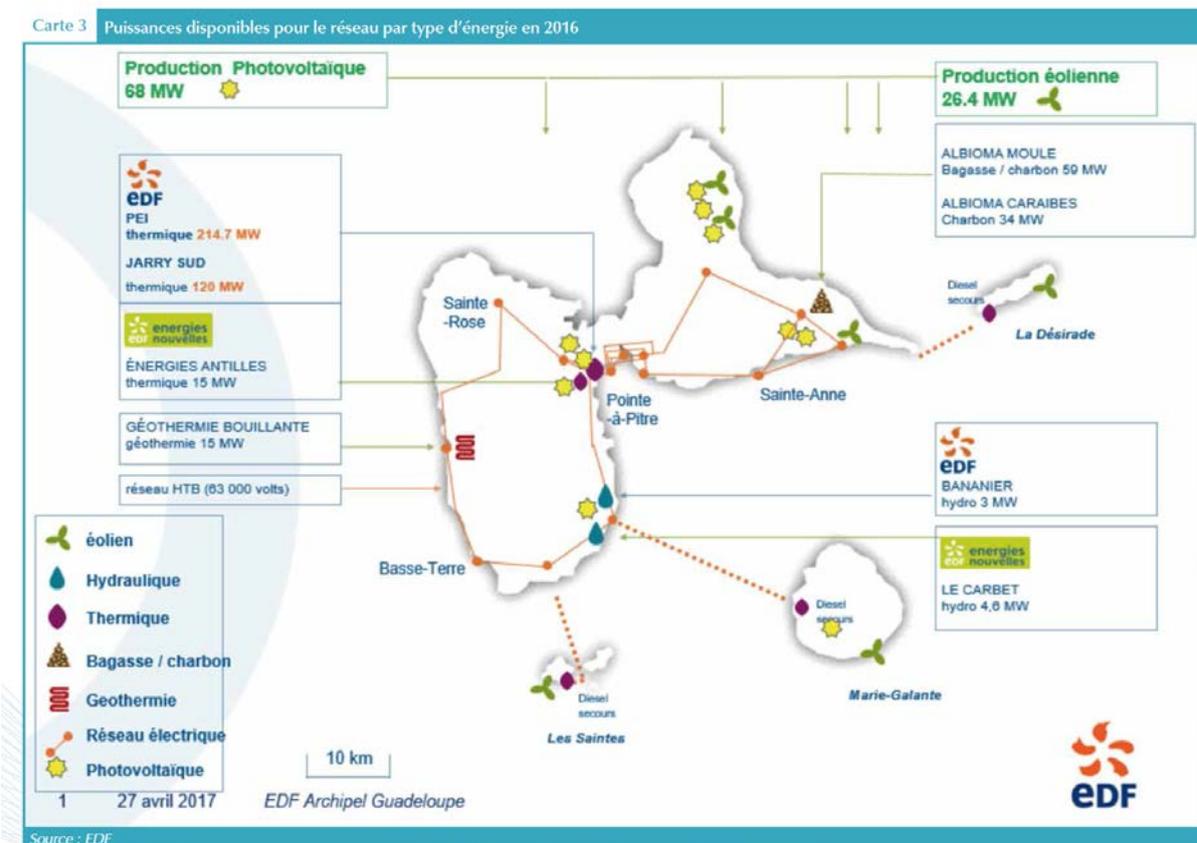


Figure 8 : Principales composantes du système électrique de la Guadeloupe et leur puissance installée (source : DEAL, OREC, EDF Archipel Guadeloupe)

### II.7.3 Bénéfice environnemental

D'après l'OREC (Observatoire Régional de l'Energie et du Climat), les émissions de gaz à effet de serre de la Guadeloupe ont quasiment doublé depuis 1990 et ont atteint 3 637 ktCO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> ;
- 0,0202 t de SO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>.

En 2015, la géothermie a donc permis d'éviter les émissions de 61,1 kTCO<sub>2</sub> et de 1,7 kTSO<sub>2</sub>-NO<sub>x</sub> (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 kTCO<sub>2</sub>. La contribution de la géothermie a ainsi permis de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> liées à la production électrique y sont 10 fois supérieures.

Types de centrale	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	H <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> liées à la production électrique en Guadeloupe	1 339 kTCO <sub>2</sub>
Emissions de CO <sub>2</sub> évitées grâce à la géothermie	61,14 kTCO <sub>2</sub> (soit 4,5%)
Emissions de SO <sub>2</sub> et NO <sub>x</sub> évitées grâce à la géothermie	1,7 kTSO <sub>2</sub> -NO <sub>x</sub>
Contenu moyen en carbone du kWh électrique produit en Guadeloupe	761 gCO <sub>2</sub> /kWh
Contenu moyen en carbone du kWh électrique produit en Métropole	83 gCO <sub>2</sub> /kWh
Emissions de CO <sub>2</sub> électrique par habitant en Guadeloupe	3,33 tCO <sub>2</sub> /habitant
Emissions de CO <sub>2</sub> électrique par habitant en Métropole	0,26 tCO <sub>2</sub> /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.7.4 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 9 : 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. L'étoile rouge indique la position approchée du puits BO-11.



## **II.8. DESCRIPTION ET GRANDEURS CARACTERISTIQUES**

### **II.8.1 L'exploitation géothermique de Bouillante en 2018**

L'exploitation géothermique de Bouillante comporte un site principal (le site de l'usine ; Figure 9) et quatre sites déportés (Figure 2) : 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 bruts a été mise en service en 2005 ;
- ⇒ La plateforme des puits située à Plateau, à 600 m à vol d'oiseau au sud-est de la centrale, comporte 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 HP ;
- ⇒ La station de pompage en eau de mer, située en bord de mer, comportant un canal d'aménée 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.8.2 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.8.3 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 brute 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 à la pression de séparation (6,5 bars-a)	t/h	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 la condensation et le refroidissement du fluide géothermal	m <sup>3</sup> /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 H2S	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
Opérateur/Exploitant	EURAFREP	EURAFREP	Géothermie Bouillante	Géothermie Bouillante	Géothermie Bouillante
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 <sup>5/8</sup>	9 <sup>5/8</sup>	9 <sup>5/8</sup>	9 <sup>5/8</sup>
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 5 puits existants dont 2 puits verticaux forés par EURAFREP entre 1969 et 1977 et 3 puits directionnels forés par Géothermie Bouillante en 2000-01.

### III. ANALYSE DE L'ETAT INITIAL DES MILIEUX SUSCEPTIBLES D'ETRE AFFECTES PAR LE PROJET

#### III.1. PRESENTATION GEOGRAPHIQUE DES SITES DE TRAVAUX

Les travaux de forage envisagés sont situés sur la commune de Bouillante et plus précisément au niveau du bourg de Bouillante. La Figure 1 permet de localiser les deux sites des puits BO-11 et BO-12 au niveau de la carte topographique au 1/25 000ème. La Figure 2 permet de les localiser par rapport aux installations existantes.

##### III.1.1 Le site du puits BO-11

Le site retenu pour implanter le puits BO-11 se situe dans l'enceinte même de la centrale géothermique (Figure 11), sur la parcelle 612 de la feuille cadastrale AO de la commune de Bouillante (**Annexe 1**). Cette implantation a été dictée par des considérations techniques et environnementales. Le puits BO-11 est destiné à être un puits injecteur et sa proximité avec les installations existantes facilitera son raccordement avec le circuit d'eau séparée et évitera des trajets de conduite dans le bourg de Bouillante. De même, les travaux de forage et les essais de production du puits réalisés à la fin du forage bénéficieront de ces installations.

La plateforme de forage sera positionnée au coin sud-ouest de l'usine (Figure 10). Il s'agit d'un espace pour partie en pelouse avec un flamboyant et une rangée de cocotier le long de la clôture grillagée du site, et pour partie bétonnée et servant de voie de circulation à l'intérieur de l'usine. Le puits sera positionné à la limite entre pelouse et voie de circulation. L'accès au chantier se fera par l'entrée principale du site (Figure 12).



Figure 10 : Vue d'ensemble de la zone d'implantation de la plateforme de forage du puits BO-11 à l'intérieur de l'enceinte du site de la centrale.

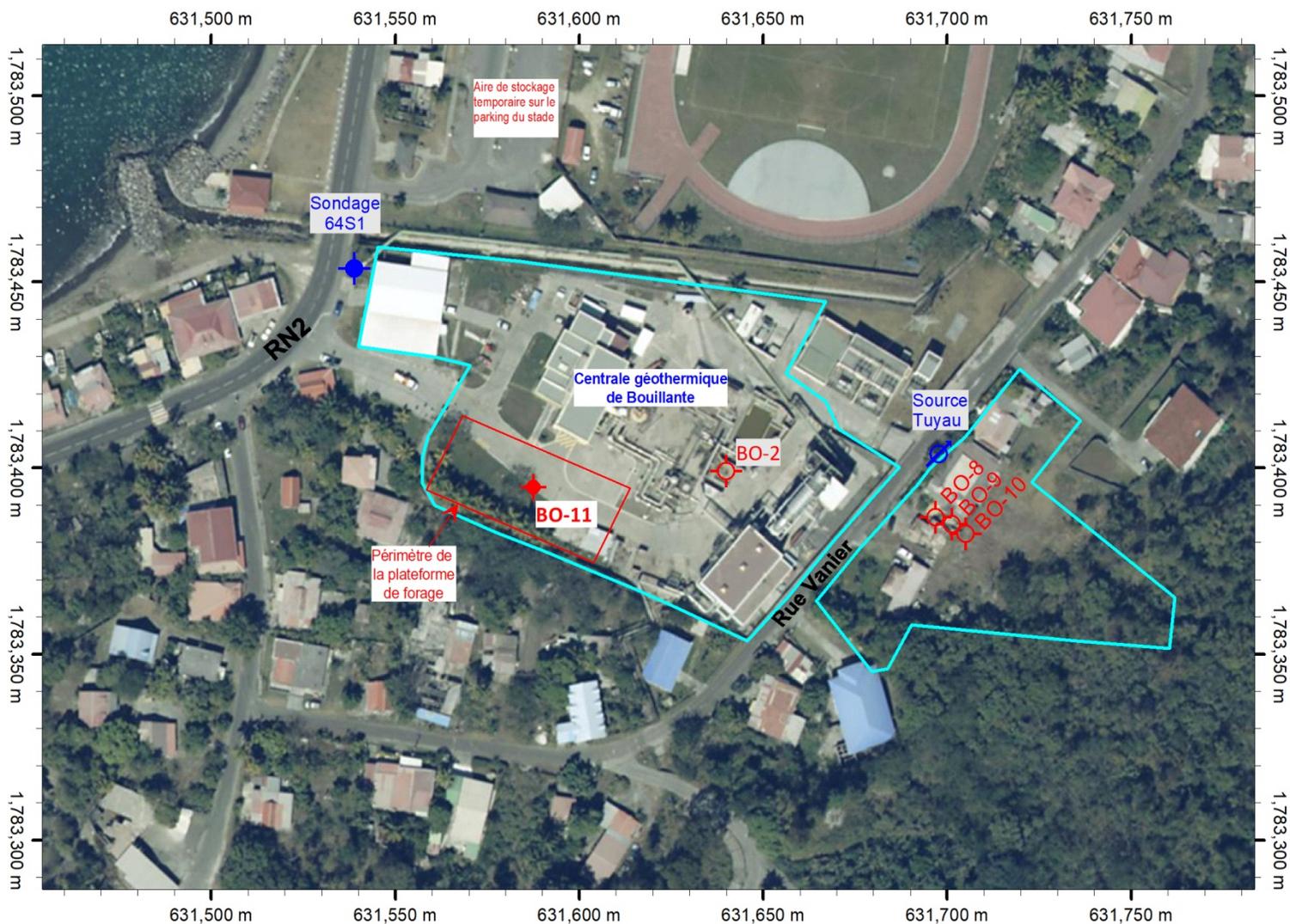


Figure 11 : Localisation du puits BO-11 et périmètre de la plateforme de forage à l'intérieur de l'enceinte de la centrale géothermique dans le bourg de Bouillante (Coordonnées UTM WGS84).



Figure 12 : Vue de la zone d'implantation de la plateforme de forage du puits BO-11 depuis le portail d'entrée de la centrale.

La superficie de la plateforme de forage sera d'environ 1000 m<sup>2</sup>. Elle sera entourée d'une clôture provisoire afin de bien délimiter la zone des travaux et d'assurer la sécurité du personnel d'exploitation de la centrale. Dans la mesure où la surface de la plateforme est limitée, Géothermie Bouillante a sollicité la mairie de Bouillante afin de bénéficier d'une aire de stockage des équipements et des matériaux divers sur le parking du stade à proximité (Figure 11).

Dans la mesure où il s'agit d'un terrain plat, les travaux de génie civil pour l'aménagement de la plateforme seront limités.

### III.1.2 Le site du puits BO-12

Le site du puits BO-12 est implanté sur la parcelle AO 413 contiguë à la plateforme des puits actuelle (Figure 13 et Figure 14 ; **Annexe 1**). Cette parcelle avait été achetée il y a quelques années par Géothermie Bouillante. Elle s'étend jusqu'à la Ravine Blanche et sa superficie totale est de l'ordre de 13 000 m<sup>2</sup>. Cette parcelle est pour partie en friche, pour partie utilisée pour de l'élevage local de chèvres et de cochons, avec quelques constructions légères servant d'abri pour ces animaux (Figure 15). Elle est marquée par une déclivité importante. L'accès au site se fera par l'intermédiaire de la plateforme actuelle plutôt que par le chemin bétonné qui débouche sur le chemin Descoudes en raison de son dénivelé important (Figure 15).

Quelques habitations riveraines sont présentes à l'est du site de forage, à une distance d'environ 50 mètres de l'emplacement prévisible de la machine de forage.

La zone des travaux occupera une partie seulement de cette parcelle AO 413, soit une surface de l'ordre de 3 000 m<sup>2</sup>. Des travaux de défrichage et de génie civil y seront réalisés afin d'aménager la plateforme de forage et accueillir les équipements de forage. A terme, la plateforme actuelle et cette extension formeront un seul ensemble.



Figure 13 : Photographie aérienne montrant le périmètre de la plateforme actuelle des puits à Plateau et la position du puits BO-12 implanté sur la parcelle 413 contiguë (source Géoportail, Coordonnées UTM WGS84).



Figure 14 : Vue de la plateforme des puits actuelle situé à Plateau. Le site de forage du puits BO-12 se situe au fond dans le prolongement de la plateforme.



Figure 15 : Vue de la parcelle AO 413 depuis le chemin Descoudes. Le chemin bétonné longe l'extérieur du mur d'enceinte de la plateforme actuelle. Le site de forage du puits BO-12 est positionné au bas de ce chemin.

### 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 16).

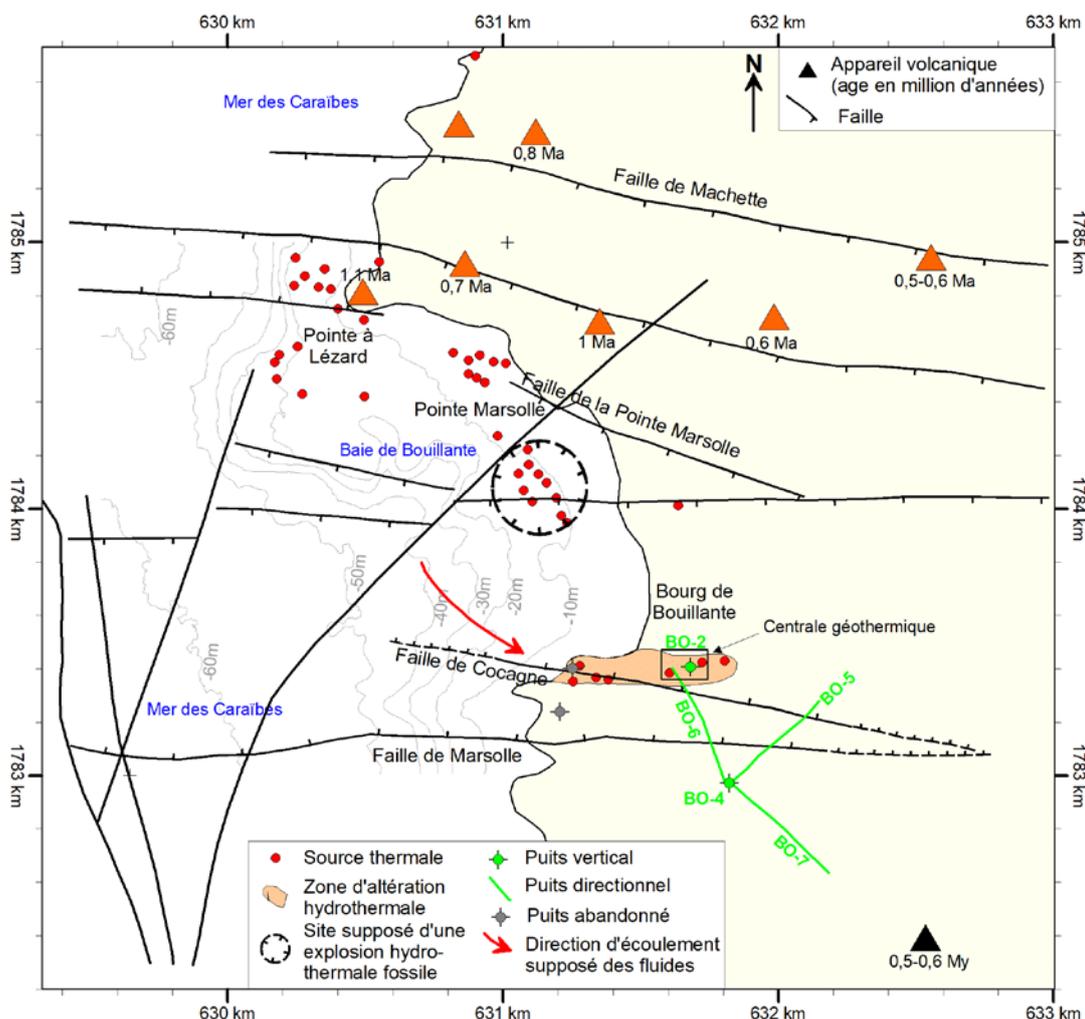


Figure 16 : Carte synthétique montrant les principaux éléments géologiques du champ géothermique de Bouillante, ainsi que la position des 7 puits profonds forés entre 1969 et 2001 (d'après Bouchot et al, 2008<sup>1</sup> ; Coordonnées UTM WGS84).

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 liée à la présence d'un accident tectonique d'ampleur régionale qui a été mis en évidence au large de Bouillante par les travaux de

<sup>1</sup> Bouchot et al. (2008) – Modèle conceptuel du champ géothermique haute température de Bouillante, Guadeloupe, Antilles Françaises. Rapport final BRGM/RP-57252-FR, 60 p., 15 fig., 3 tabl., 1ann.

bathymétrie et de géophysique du BRGM (Thinon et al., 2010<sup>2</sup>). Des travaux d'équipes universitaires (Feuillet et al., 2002<sup>3</sup>) 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 structures tectoniques favorisent l'infiltration des eaux de surface (eaux de pluies, eau de mer) ainsi que la circulation des fluides géothermaux en profondeur.

Le Tableau 8 fournit les résultats d'analyses chimiques représentatives des fluides prélevés en tête des différents puits de Bouillante (BO-4, BO-5, BO-6). Le fluide géothermal profond est un fluide de type chloruré sodique avec une salinité de 18-20 g/l et un pH autour de 5,3. 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 16).

Puits	Unités	BO-4	BO-5	BO-6	Source Tuyau	Source cave puits BO-2	Eau de mer
Date analyses		11/12/2007	11/12/2007	11/12/2007	18/06/2004	03/12/2003	
Temp. de prélèvement	°C	39	38	37	66,1	85,5	29
pH		6,86	5,4	5,1	6,72	6,6	8,2
Na	mg/L	5 944	6 207	5 880	490	2629	11049
K	«	832	900	827	45	252	408
Ca	«	2 135	2 118	2 200	320	840	422
Mg	«	1,6	1,8	1,8	6,3	25	1318
Cl	«	13 986	13 850	13 891	1284	5832	19500
Br	«	45,1	44,9	45,4	4,5	20,6	67
Alc	«	23,2	27,5	29,9	126	200	148
SO4	«	25,8	17,7	19,8	80	150	2750
NO3	«	<0,5	<0,5	<0,5	-	-	-
NH4	«	<1	<1	<1	10,6	1,6	<1
Li	«	4,8	5	5,1	0,2	1,8	0,14
SiO2	«	570	595	576	130	149	0,4
Salinité tot.	g/L	23	23,2	22,9	2,5	10,1	35,7

Tableau 8 : Compositions chimiques représentatives des fluides délivrés par les puits BO-4, BO-5 et BO-6 et par deux sources thermales du bourg de Bouillante, et composition de l'eau de mer (Analyses BRGM).

<sup>2</sup> Thinon et al. (2010) – Study of the Bouillante Bay (West Basse-Terre Island shelf) : Contribution of geophysical surveys to the understanding of the structural context of Guadeloupe (French West Indies-Lesser Antilles). Bull. Soc. Géol. Fr., t. 181, n°1, 51-65

<sup>3</sup> Feuillet et al., (2002) – Arc parallel extension and localization of volcanic complexes in Guadeloupe, Lesser Antilles. Journal of Geophysical Research, 107, 2331

### III.2.2 Géologie

Le substratum de la région de Bouillante est constitué de formations volcaniques et volcano-sédimentaires qui témoignent des différents stades d'édification et d'érosion de l'île de Basse-Terre.

#### III.2.2.1 Le site du puits BO-11

Le site du puits BO-11 est situé au niveau de la zone plane sur laquelle est implanté le bourg de Bouillante, à quelques mètres au-dessus du niveau de la mer (Figure 1). Il correspond à une ancienne zone marécageuse où se concentraient les sources chaudes et les fumerolles qui a donné son nom à la commune (Fontaine chaudes de Bouillante). Cette zone a été drainée lors de la construction de la plateforme de forage du puits BO-2 puis lors des aménagements réalisés dans le bourg. En 1964, un sondage de gradient superficiel (sondage 64S1) avait été réalisé par la SPDEG à proximité du site de BO-11 (voir Figure 11). Il a traversé des formations argilo-sableuse avant d'atteindre une brèche argilisée ; ces deux formations hébergeant la nappe superficielle. Une température de 113°C avait été relevée à 7 mètres de profondeur, et de 120°C à 12 m de profondeur (Figure 17).

Sondage : 64S1			
Prof. m	Description	Log	Temp. (°C)
1	argile rouge	[Yellow block]	
2			
3			
4	sable à sable argileux	[Dotted pattern]	113
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11	brèche décomposée en argile	[Yellow diamonds]	120
12			

À des profondeurs plus importantes, le puits BO-2, qui est distant de 50 m seulement du site 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 18). 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 (Figure 16).

Figure 17 : Description du sondage superficiel 64S1 réalisé en 1964 par la SPDEG dans le bourg de Bouillante (voir Figure 11) et qui fournit des indications sur les conditions de température de la nappe superficielle à faible profondeur.

En dessous de 300-400 m de profondeur, le substratum de la région de Bouillante est constitué essentiellement de formations volcaniques sous-marines de type hyaloclastites, 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.

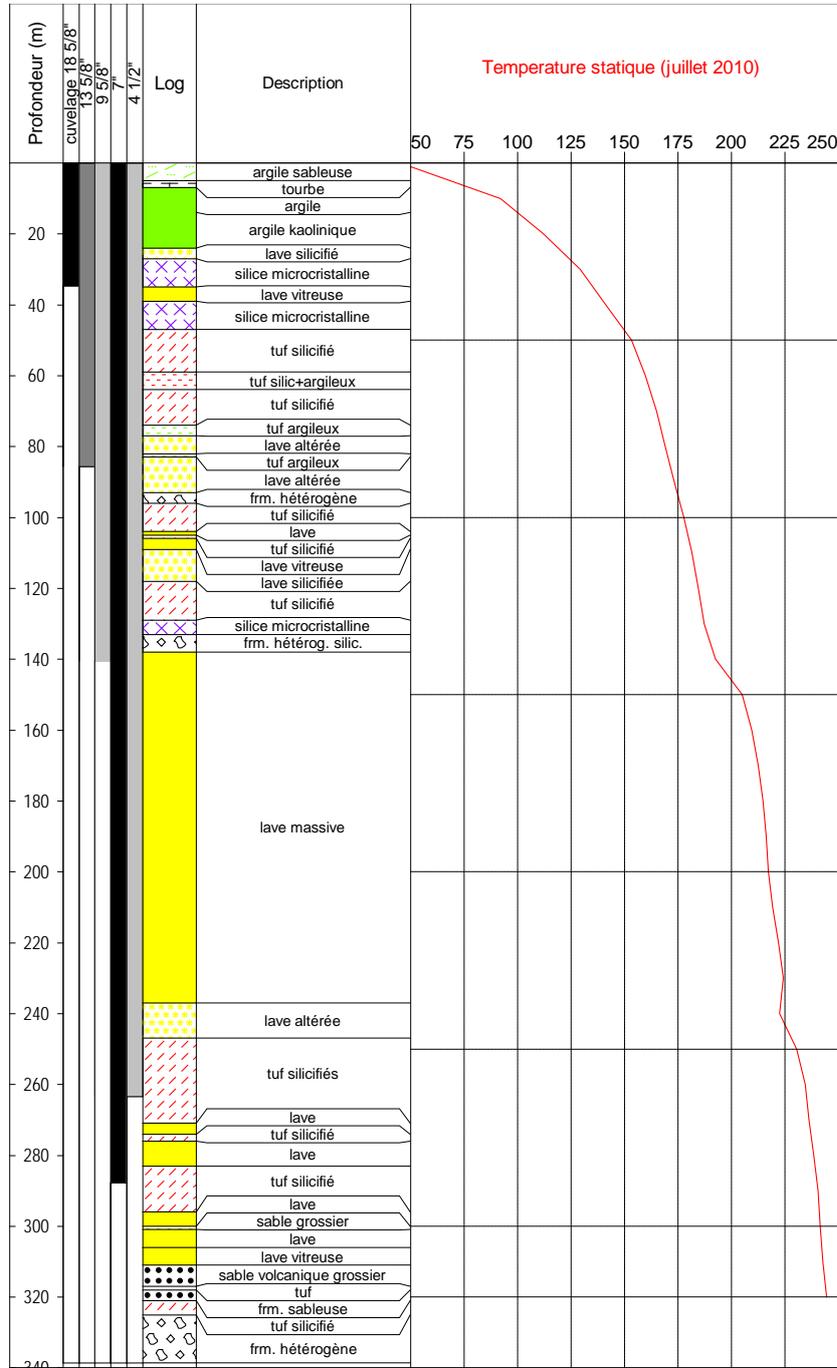


Figure 18 : Log lithologique simplifié, coupe technique du puits et profil de température statique du puits BO-2 réalisé en 2010 (d'après des données de EURAFREP et de CFG Services).

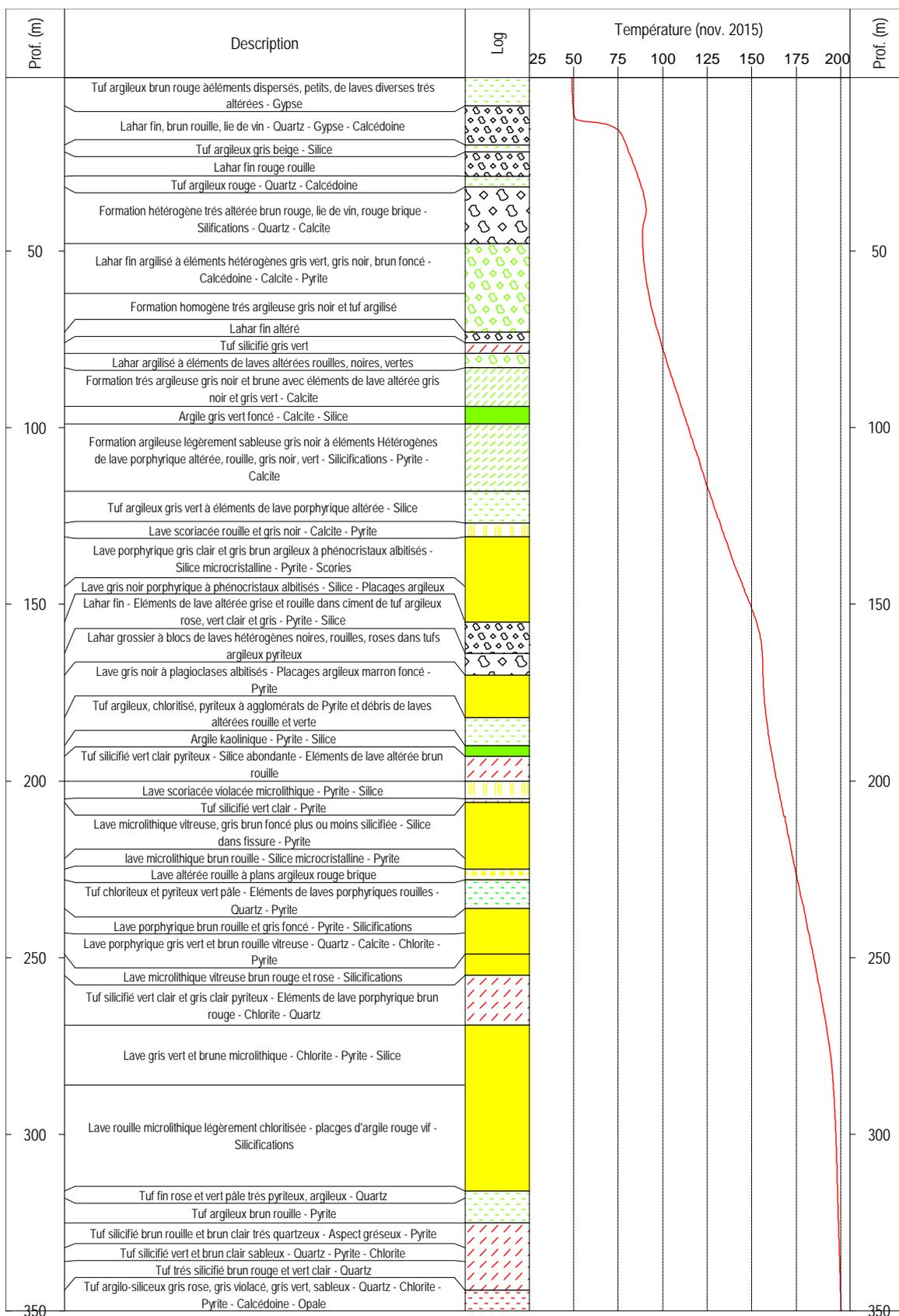


Figure 19 : Log géologique simplifié du puits BO-4 et profil de température (nov. 2015) entre 0 et 350 m de profondeur (d'après des données de EURAFREP et CFG Services).

### III.2.2.2 Le site du puits BO-12

Le puits BO-12 est implanté à Plateau à une altitude de 90 mètres environ (Figure 1). Le substratum superficiel de ce secteur de Bouillante est constitué par un ensemble de formations volcano-sédimentaires (lahars, tufs) qui ont été traversés par le puits BO-4 et les autres puits (BO-5, BO-6 et BO-7) situés sur la même plateforme. Les formations de laves massives apparaissent vers 130 m de profondeur et sont majoritaires jusqu'à 500 m de profondeur (Figure 19). Plus bas, les formations volcaniques sous-marines dominent. A 90 m de profondeur (correspondant au niveau de la mer), la température dans ce puits est de 100°C environ.

Contrairement au site du puits BO-11, les environs du puits BO-12 sont dépourvus de manifestations hydrothermales de surface en raison de l'altitude.

### III.2.3 Hydrogéologie et hydrologie

L'hydrogéologie de ce secteur du bourg de Bouillante concerné par les travaux de forage des puits BO-11 et BO-12 est fortement marquée par sa proximité avec la mer et par sa situation au-dessus du réservoir géothermique, comme cela est illustré sur le schéma de la Figure 20.

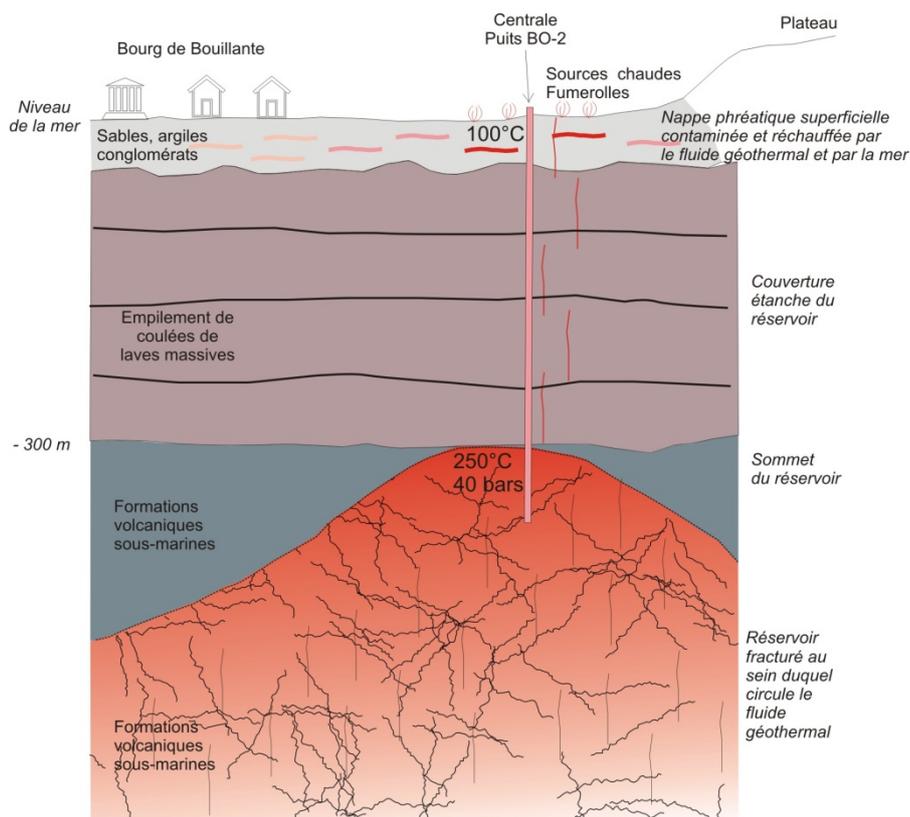


Figure 20 : Représentation très simplifiée du réservoir géothermique à l'aplomb du bourg de Bouillante.

*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.2.3.1 Les sources thermales de Bouillante

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 derrière la centrale (voir Figure 16). 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 16). 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.2.3.2 La nappe phréatique superficielle au niveau du bourg de Bouillante

A proximité de BO-11, dans la cave du puits BO-2, une source thermique délivre un fluide ayant une salinité de 10 g/l et sa température dépasse parfois les 90°C. Dans le caniveau de la rue Vanier, se trouve une source chaude dite « Source Tuyau » (Figure 11). 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.

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 comme illustré sur la Figure 20. Dans le sondage d'exploration 64S1 par exemple (Figure 17), une température de 120°C avait été relevée à 12 m de profondeur. Plus en profondeur, la température atteint rapidement 150°C dans le puits BO-2 (Figure 18).

Les compositions chimiques des fluides délivrés par ces deux sources sont données dans le Tableau 8. Ces sources témoignent sans ambiguïté du fait que la nappe phréatique superficielle est largement influencée par la présence du réservoir géothermique sous-jacent et la proximité de la mer.

### III.2.3.3 Les cours d'eau

A proximité du site du puits BO-11 (Figure 21), il y avait un ancien fossé qui drainait les eaux de la zone marécageuse qui existait autrefois dans ce secteur (Fontaines chaudes de Bouillante) et qui a donné son nom à la commune. 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.

En direction du nord, à environ 650 m de BO-11, se trouve la rivière de Bouillante et son affluent Petite Rivière qui entaille le flanc ouest des Pitons de Bouillante et qui draine une partie des précipitations vers la mer. Elle est pérenne. En raison de son éloignement du site de BO-11, elle ne sera pas concernée par les travaux de forage.

Entre les sites des puits BO-11 et BO-12, la Ravine Blanche est un cours d'eau intermittent qui coule uniquement lors des périodes de précipitations abondantes. Elle est située à environ 200 m du site de BO-11 (Figure 21). Des rejets ponctuels des fluides de purge ont lieu dans cette ravine des puits de la plateforme lors des phases transitoires de chauffe et de maintien en température des puits situés sur la plateforme sur incombant. Le fluide s'infiltré dans le lit de la ravine et se mélange à la nappe phréatique qui est déjà naturellement contaminée par des remontées de fluide géothermal.



Figure 21 : Extrait de la carte topographique de l'IGN au 1/25 000 montrant les cours d'eau au voisinage des sites des travaux de forage ainsi que les réservoirs AEP (coordonnées UTM WGS84).

La Ravine Blanche ne sera pas concernée par les travaux de forage du puits BO-11. Par contre, des rejets ponctuels de fluide géothermal auront lieu dans cette ravine lors de l'essai de production de courte durée à la fin des travaux de forage du puits BO-12 et lors de l'essai de production de longue durée qui initiera la phase d'exploitation de ce puits.

Au sud du site du puits BO-12 (Figure 21), se trouve la Ravine Descoudes qui est un cours d'eau intermittent et qui coule uniquement lors des périodes de précipitations abondantes. Cette ravine ne sera pas concernée par les travaux de forage du puits BO-12.

Enfin, pour compléter l'hydrogéologie de ce secteur de l'île de Basse-Terre, des estimations faites au niveau du bassin versant de la Rivière Lostau située à environ 5-10 km au nord-est de Bouillante indiquent que les taux d'infiltration dans les formations volcaniques et de ruissellement en surface seraient respectivement de l'ordre de 28% et 72%. Ce faible taux d'infiltration explique le régime irrégulier des rivières pérennes comme la Rivière de Bouillante et l'abondance des ravines sèches.

### III.2.3.4 Captage AEP

Le secteur du bourg de Bouillante concerné par les travaux de forage des puits BO-11 et BO-12 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 1 page 20). Il s'agit d'un captage en eau superficielle de catégorie A2 et d'une capacité de 5 000 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>) situé à environ 350 m du site du puits BO-11 et celui de Plateau (100 m<sup>3</sup>) situé à environ 300 m du site de BO-12 (Figure 21).

### III.2.3.5 Qualité des eaux de rivières

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 9 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 9 : Etats écologique et chimique de la Rivière Lostau et de la Rivière de Beaugendre en 2013 (d'après SDAGE 2016-2021).

### III.2.4 Le milieu marin

Le site des travaux de forage du puits BO-11 est situé à une distance de 130 m environ du bord de mer (voir Figure 11 page 34) et à une altitude de 3,5 m au-dessus du niveau de la mer. Malgré cette proximité, il ne devrait donc pas y avoir d'interaction directe entre le milieu marin et les travaux de forage.

Le site des travaux de forage du puits BO-12 est situé à environ 625 m du bord de mer et à une altitude de 95 m.

#### III.2.4.1 Caractéristiques générales

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 16 page 38). 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 Léopard (Figure 16), 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.2.4.2 Zones de baignade

La commune de Bouillante possède plusieurs zones de baignade situées en dehors du bourg et donc à distance des sites retenus pour ces travaux de forage. 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.2.4.3 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 m<sup>3</sup>/h d'eau de mer au niveau de la station de pompage située en bord de mer (Figure 2 page 21); eau de mer qui est utilisée pour condenser la vapeur à la sortie des turbines et refroidir l'eau séparée. Cette eau de mer, mélangée avec le fluide géothermal (vapeur condensée, eau séparée) soit environ 9000 m<sup>3</sup>/h d'effluents, est rejetée par un canal de rejet dans la baie de Bouillante à une température maximale de 45°C.

**III.2.4.4 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 16). Le dernier bilan disponible date de 2013 et il est récapitulé dans le Tableau 10 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 10 : 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 22 : Carte des masses d'eau côtières de l'île de Basse-Terre sensibles à l'eutrophisation (SDAGE 2016-2021).

### 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 23). 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 24 montre l'évolution mensuelle des précipitations enregistrée à Vieux-Habitants, qui se trouve dans une situation climatologique comparable à celle de Bouillante. Les minima se rencontrent entre janvier et avril et les maxima entre septembre et novembre.

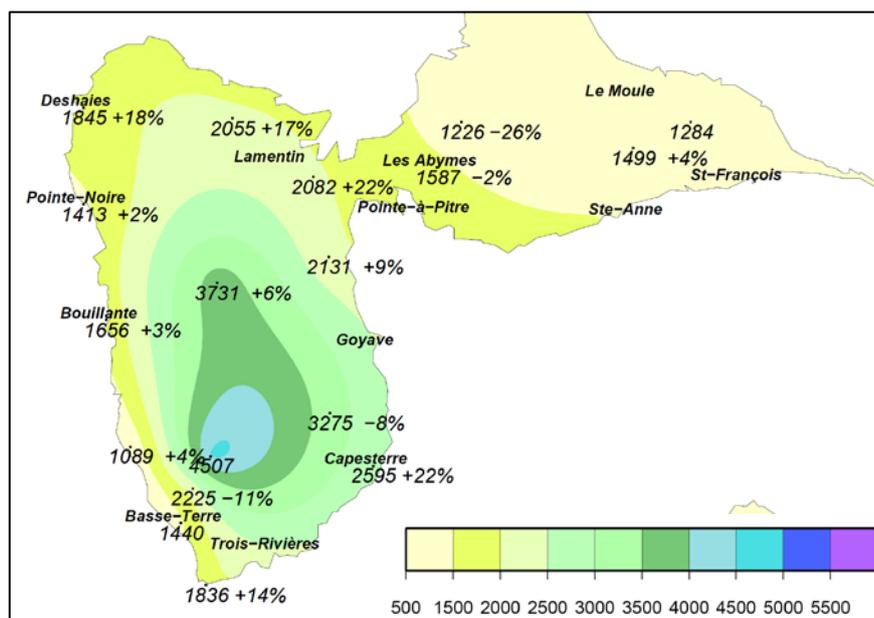


Figure 23 : Hauteurs de pluies annuelles (mm) sur l'Île de Basse-Terre en 2016 et écarts aux normales 1981–2010 (source : Météo France Guadeloupe).

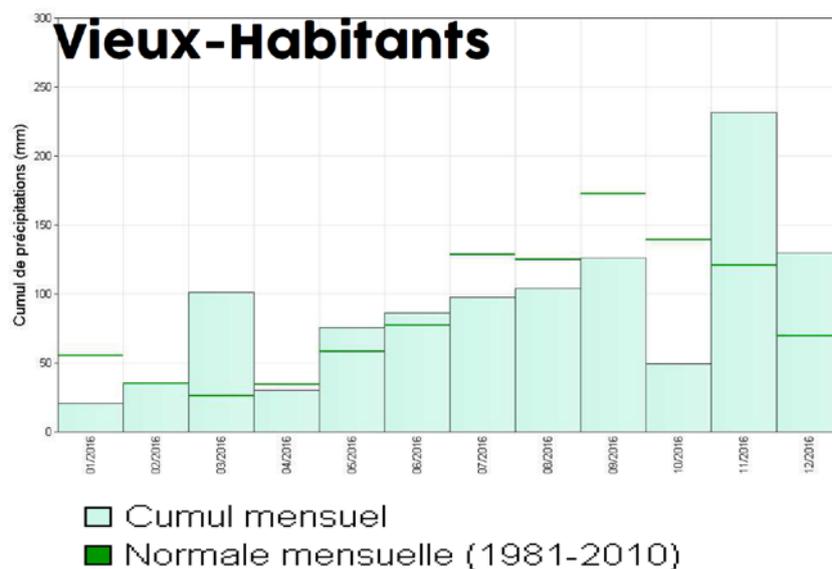


Figure 24 : Evolution mensuelle des précipitations enregistrées à Vieux-Habitants en 2016 (d'après Météo France Guadeloupe).

	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 11 : 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 11 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 25). 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.

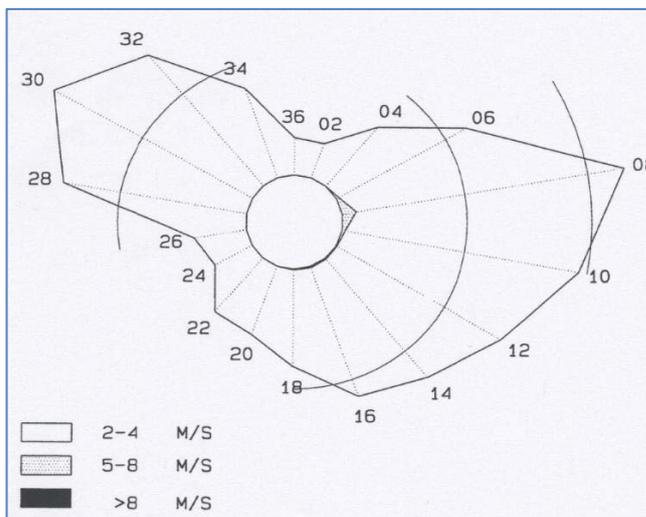


Figure 25 : Fréquences des vents en fonction de leur provenance en % par groupe de secteurs, enregistrées à la station de Le Bouchu à Vieux-Habitants entre août 1998 et juin 2003 (d'après Météo France Guadeloupe).

### III.2.5.5 Insolation

Il n'y a pas de données concernant l'ensoleillement au niveau de Bouillante. Pour information, le Tableau 12 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 12 : Durée moyenne d'ensoleillement (en heures par jour) au Raizet de 1996 à 2010 (source : Météo France Guadeloupe).

### III.2.6 Qualité de l'air

#### III.2.6.1 Données disponibles

En 2009-2010, une étude sur la qualité de l'air au niveau de la Côte-sous-le-vent a été réalisée par l'association Gwad'air (Gwad'air, 2010). Cette étude fournit un état des lieux de la qualité de l'air dans cette partie de la Guadeloupe. L'étude a porté sur les polluants atmosphériques suivants :

- ✓ Le **dioxyde de soufre** (SO<sub>2</sub>) provenant essentiellement de la combustion de matières fossiles (pétrole) ;
- ✓ Le **dioxyde d'azote** (NO<sub>2</sub>) provenant également essentiellement de la combustion de matière fossiles (pétrole) dont le trafic routier;
- ✓ L'**ozone** (O<sub>3</sub>) qui est un produit de l'interaction entre rayons ultra-violet et polluants primaires;
- ✓ Le **sulfure d'hydrogène** (H<sub>2</sub>S) qui est présent dans les gaz volcaniques et les eaux géothermales. C'est aussi un sous-produit naturel de la décomposition organique des déchets humains et animaux. Il est présent également au niveau du traitement des eaux usées et des raffineries de pétrole ;



- ✓ Les **particules de moins de 10 microns** de diamètre (PM10) d'origines diverses (érosion des sols et activité volcanique, carrières, trafic routier, pollens, résidus de combustion incomplète (moteur diesel), fumée de tabac, aérosols, ...)

Deux techniques de mesures ont été utilisées :

- ✓ La mesure par tube passif (NO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>S) ;
- ✓ Le laboratoire mobile de l'association (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, PM10).

Deux campagnes de mesures ont été réalisées :

- ✓ Une en saison sèche (février- mars 2010) ;
- ✓ Une en saison pluviale (octobre-novembre 2009).

### III.2.6.2 Résultats des mesures par la méthode des tubes passifs

#### Dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>

A Bouillante, les teneurs en NO<sub>2</sub> mesurées sont en moyenne de 5-10 µg/m<sup>3</sup> avec une valeur maximale de 38 µg/m<sup>3</sup> relevée à Pigeon. Ces teneurs sont en lien direct avec le trafic routier au niveau de la RN2. Les résultats obtenus sont similaires en saison pluviale et saison sèche.

Le seuil de recommandation et d'information, qui est de 200 µg/m<sup>3</sup>, est loin d'être atteint.

#### Hydrogène sulfuré H<sub>2</sub>S

Les points de mesures et les résultats obtenus à Bouillante sont indiqués sur les Figure 26 et Figure 27. Au cours de la campagne réalisée en saison des pluies (oct.-nov. 2009), la teneur en H<sub>2</sub>S la plus élevée a été observée à proximité immédiate du canal de rejet des effluents de la centrale avec une valeur de 9,3 µg/m<sup>3</sup>, dans une zone non habitée. En s'éloignant de la centrale, les teneurs diminuent et sont comprises entre 0 et 2 µg/m<sup>3</sup>.

Au cours de la campagne en saison sèche (fév.-mars 2010), la centrale était à l'arrêt. Les teneurs mesurées sont comprises entre 0,2 et 0,3 µg/m<sup>3</sup> et représentent le bruit de fond.

Ainsi, au cours des deux campagnes de mesures, la concentration moyenne en sulfure d'hydrogène est relativement faible et reste en dessous des niveaux d'alerte. Le seuil d'irritation oculaire de 14 000 µg/m<sup>3</sup> est loin d'être atteint.

### III.2.6.3 Résultats des mesures avec le laboratoire mobile

Le laboratoire mobile de Gwad'air a permis de faire des mesures en continu. Il a été positionné pendant plusieurs jours dans le bourg de Bouillante au niveau de la Mairie. Il a montré que la teneur des polluants dans l'atmosphère à Bouillante est en lien direct avec le trafic routier puisque les pics de concentration sont observés aux heures de pointe du trafic pendant la journée, comme on peut le voir sur la Figure 28 pour NO<sub>2</sub>.

Les teneurs moyennes des polluants dans l'atmosphère mesurées à Bouillante et à Pointe-à-Pitre pour comparaison pendant la saison pluviale (oct.-nov. 2009) et la saison sèche (fév.-mars 2010) sont reportées dans les Tableau 13 et Tableau 14. Il n'y a pas de différence significative entre les deux saisons.

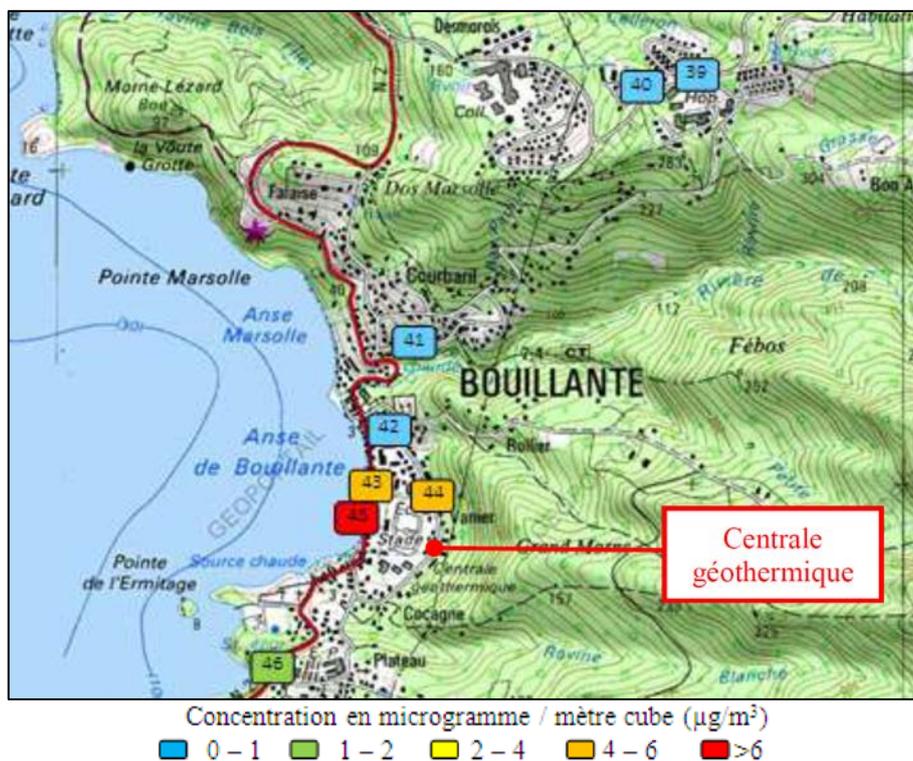


Figure 26 : Points de mesures et teneurs en  $\text{H}_2\text{S}$  dans l'atmosphère mesurées en différents points à Bouillante par la méthode des tubes passifs durant la saison pluvieuse en oct-nov. 2009 (extrait de Gwad'air, 2010).



Figure 27 : Points de mesures et teneurs en  $\text{H}_2\text{S}$  dans l'atmosphère mesurées en différents points à Bouillante par la méthode des tubes passifs durant la saison sèche en février-mars 2010 alors que la centrale était à l'arrêt (extrait de Gwad'air, 2010).



Figure 28 : Profil journalier des teneurs en NOx mesurées par le laboratoire mobile de Gwad'air à Bouillante et à Pointe-à-Pitre qui montre une relation claire avec le trafic routier (Gwad'air, 2010).

Polluants (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Bouillante	Pointe-à-Pitre
Monoxyde d'azote	3,29	4,79
Dioxyde d'azote	3,17	6,08
Ozone	15,22	18,16
Dioxyde de soufre	2,21	5,38
Particules de moins de 10 microns	20,04	22,50

Tableau 13 : Tableau comparatif des concentrations moyennes en polluants mesurées par le laboratoire mobile de Gwad'air en saison pluviale (oct. – nov. 2009) à Bouillante et à Pointe-à-Pitre (Gwad'air, 2010).

Polluants (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Bouillante	Pointe-à-Pitre
Monoxyde d'azote	2,83	3,29
Dioxyde d'azote	3,29	4,75
Ozone	29,02	28,45
Dioxyde de soufre	2,83	3,00
Particules de moins de 10 microns	34,54	42,92

Tableau 14 : Tableau comparatif des concentrations moyennes en polluants mesurées par le laboratoire mobile de Gwad'air en saison sèche (février-mars 2010) à Bouillante et à Pointe-à-Pitre (Gwad'air, 2010).



### **Dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>**

Une concentration moyenne journalière en NO<sub>2</sub> de 3,3 µg/m<sup>3</sup> a été relevée à Bouillante, contre 4,75 µg/m<sup>3</sup> à Pointe-à-Pitre. Le seuil de recommandation et d'information de 200 µg/m<sup>3</sup> n'a pas été dépassé pour l'ensemble des NOx au cours de la période de mesures.

### **Ozone O<sub>3</sub>**

A Bouillante comme ailleurs en Guadeloupe, les variations du niveau d'ozone montrent une augmentation des taux au lever du jour due à l'ensoleillement et à la présence de gaz précurseurs, puis une diminution en fin de journée. Les concentrations moyennes mesurées pendant la saison pluviale et la saison sèche sont comprises entre 15 et 29 µg/m<sup>3</sup>. Elles n'ont pas dépassé le seuil de recommandations et d'information qui est de 180 µg/m<sup>3</sup>.

### **Dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>**

Les concentrations en dioxyde de soufre relevées au cours des deux campagnes sont relativement faibles à Bouillante et à Pointe-à-Pitre et autour de 3 µg/m<sup>3</sup>. Elles n'ont pas dépassé le seuil de recommandation et d'information de 300 µg/m<sup>3</sup> et sont bien inférieures à l'objectif de qualité de 50 µg/m<sup>3</sup> pour l'ensemble de la Côte-sous-le-vent. Du fait de la limitation du taux de SO<sub>2</sub> dans le carburant, les émissions de dioxyde de soufre par le trafic routier sont désormais minimales.

De plus, selon les résultats obtenus, il apparaît que les émissions de la centrale géothermique n'ont pas de réelle influence sur le taux de SO<sub>2</sub> émis.

### **Particules fines PM10**

Les mesures en continu du laboratoire mobile montrent que ce polluant est directement relié au trafic routier. De plus, les teneurs en PM10 peuvent être influencées par le passage de cendres volcaniques en provenance de Montserrat ou de brumes de sable en provenance du Sahara, phénomène récurrent et naturel, commun à l'ensemble de la Caraïbe. Les concentrations moyennes relevées en saison sèche (34,5 µg/m<sup>3</sup>) apparaissent ainsi nettement plus élevées qu'en saison pluviale (20 µg/m<sup>3</sup>) en raison du passage de brumes de sable.

L'objectif de qualité pour les particules fines est de 30 µg/m<sup>3</sup> pour la Côte-Sous-le vent.

#### **III.2.6.4 Calcul de l'Indice de la Qualité de l'Air (IQA)**

L'indice de la qualité de l'air IQA a été calculé à partir des données du laboratoire mobile. Quatre polluants sont pris en compte : le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), l'ozone (O<sub>3</sub>) et les particules de moins de 10 microns de diamètre (PM10). L'évolution de cet indice IQA a été calculée pour la saison pluviale (Figure 29) et pour la saison sèche (Figure 30).

Durant la saison des pluies, l'indice de la qualité de l'air est globalement bon. Il varie entre 2 (très bon) et 5 (moyen) soit en moyenne 2,55 à Bouillante contre 2,83 à Pointe-à-Pitre. Durant la saison sèche, l'IQA mesuré à Bouillante varie de 2 à 6 passant de l'indice très bon à médiocre, en lien avec des passages de brumes de sable du Sahara.

D'une manière générale, Bouillante présente une bonne qualité de l'air tout au long de l'année. Les polluants majoritairement rencontrés dans le calcul de l'IQA sont les particules fines de moins de 10 microns de diamètre qui influencent la qualité de l'air de façon notable.

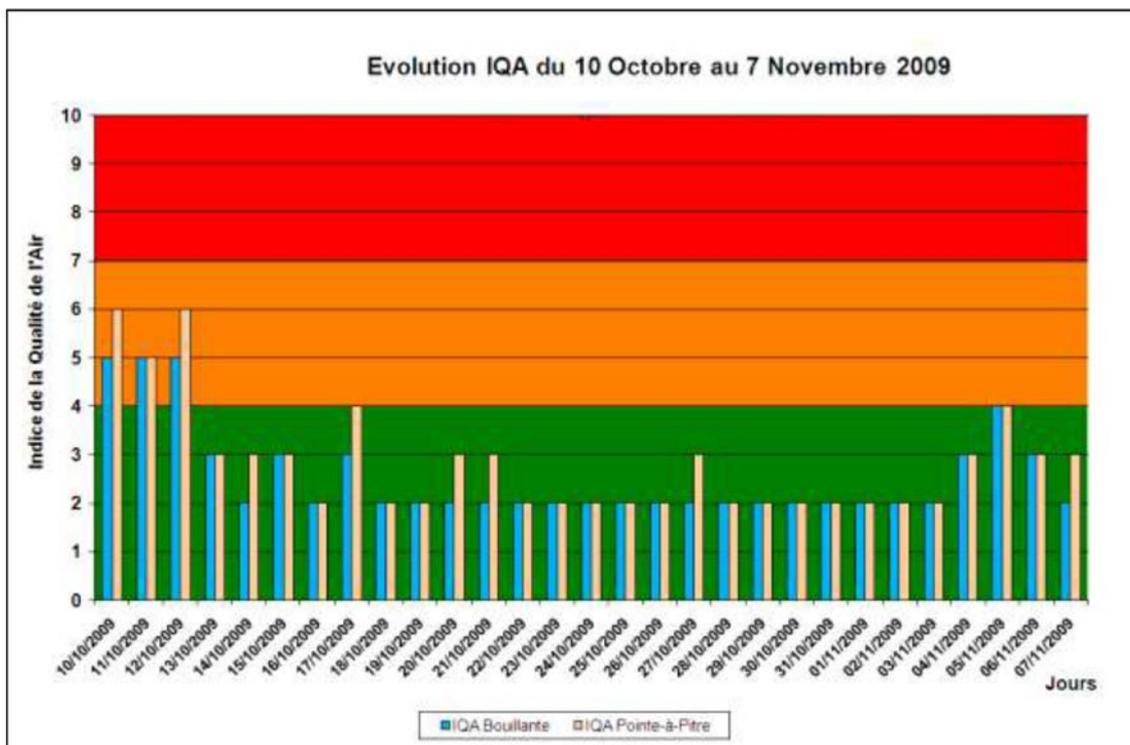


Figure 29 : Evolution de l'indice de la qualité de l'air en saison pluviale à Bouillante et à Pointe-à-Pitre du 10 septembre au 7 novembre 2010 (Gwad'air, 2010).

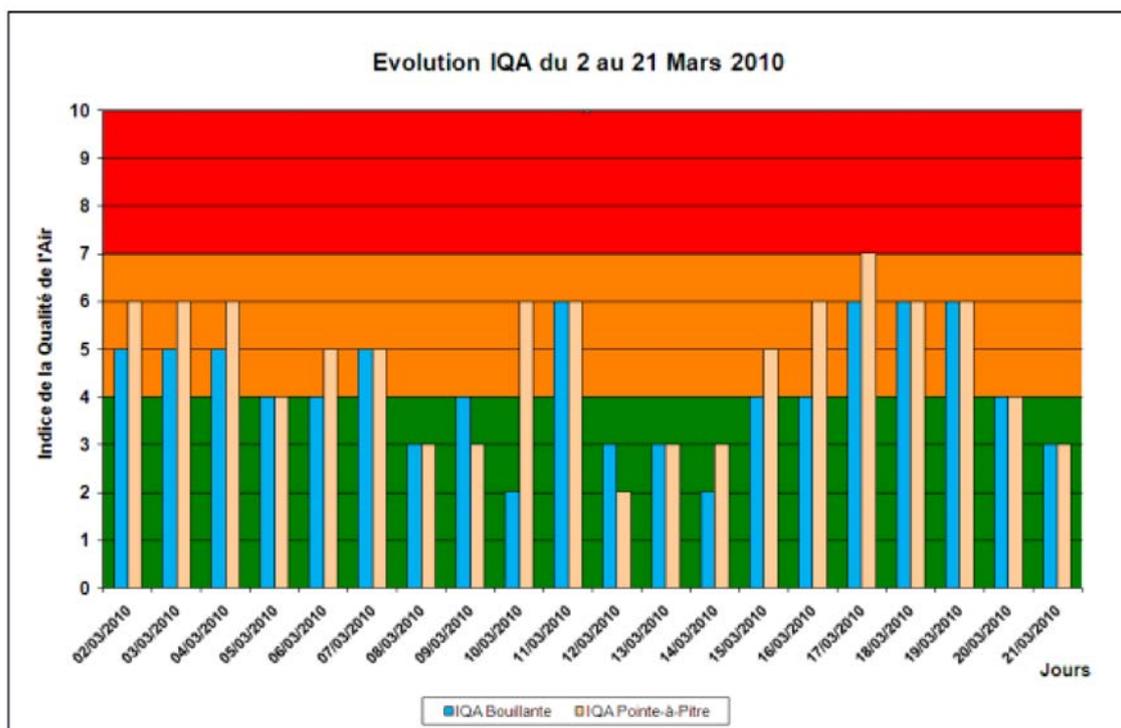


Figure 30 : Evolution de l'indice de la qualité de l'air en saison sèche à Bouillante et à Pointe-à-Pitre du 2 mars au 21 mars 2010 (Gwad'air, 2010).



### III.2.6.5 Synthèse

D'après cette étude de Gwad'air (2010), Bouillante possède un air de bonne qualité. Les concentrations mesurées en polluants NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub> qui présentent une forte dépendance à la circulation automobile, restent nettement inférieures aux valeurs réglementaires.

Les particules fines PM10, assujetties à la circulation routière, aux passages de brumes de sable provenant du Sahara au cours de la saison sèche ou aux cendres volcaniques en provenance de Montserrat, constituent de fait le polluant affectant majoritairement l'indice de la qualité de l'air.

En ce qui concerne le polluant H<sub>2</sub>S, Gwad'air (2010) conclut que ses teneurs n'ont pas d'incidence sur la qualité de l'air, excepté à proximité immédiate de la centrale où elles sont plus élevées. La teneur moyenne annuelle maximale relevée est de 4,75 µg/m<sup>3</sup> pour le site situé à l'entrée du parking du stade de Bouillante, à proximité du canal de rejet des effluents.

De plus, il apparaît que les émissions de la centrale géothermique n'ont pas de réelle influence sur le taux de SO<sub>2</sub> émis.

Le rôle des alizés dans la dispersion des polluants et donc la bonne qualité de l'air à Bouillante n'est pas mentionné par Gwad'air dans son étude mais on peut penser qu'il existe.

## III.3. LES ALEAS 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 (PPRN 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. La cartographie des aléas naturels est accessible sur le site de la DEAL Guadeloupe <http://pprn971guadeloupe.fr>

### III.3.1 Aléas naturels recensés au niveau du site BO-11

La zone des travaux de forage et le site du puits BO-11 sont localisés au niveau de la parcelle AO 612.

Les aléas naturels présents au niveau de cette parcelle ont été évalués et cartographiés par l'Agence régionale du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), basée à Petit-Bourg, Guadeloupe (rapport joint en Annexe 2).

#### III.3.1.1 Aléas mouvements de terrain BO-11

Le site du puits BO-11 est situé sur un terrain plan à l'écart de tout relief.

D'après la cartographie du PPRN de la commune de Bouillante (2007), l'aléa mouvement de terrain est nul au niveau du site BO-11 (Figure 31).

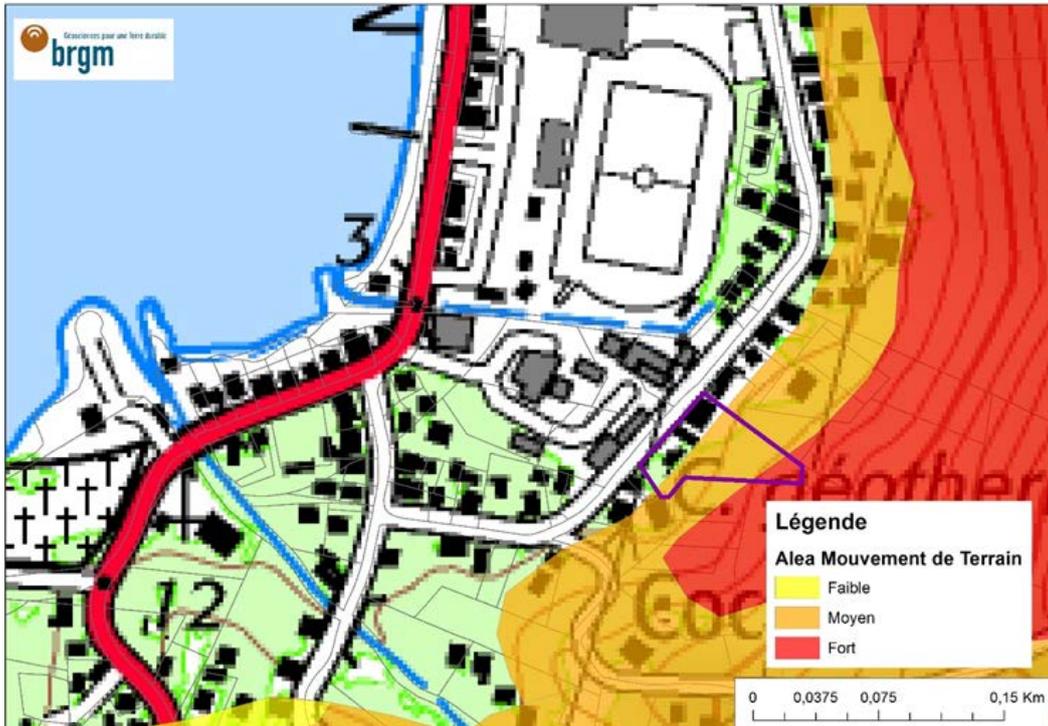


Figure 31 : Cartographie de l'aléa mouvement de terrain au niveau du site du puits BO-11, extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante (source : BRGM, 2018).



Figure 32 : Cartographie de l'aléa sismique au niveau du site du puits BO-11 extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) de Bouillante (BRGM, 2018).



### III.3.1.2 Aléa sismique BO-11

Il convient de rappeler que Bouillante comme l'ensemble de la Guadeloupe est classé en zone de forte sismicité au plan national et est concerné par un aléa sismique élevé (classement en zone 5 soit le plus élevé au plan national). Le zonage de L'Atlas Communal des Risques Naturels concerne des aléas additionnels relatifs aux effets de sites, à la liquéfaction et à la présence de failles actives.

L'Atlas Communal des Risques Naturels classe le site retenu pour implanter le puits BO-11 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 PPRN de la commune de Bouillante (2007) met en évidence un aléa faible sur le site retenu principalement du fait de la présence de faille active à proximité et de formations géologiques potentiellement liquéfiable(s) en profondeur (Figure 32).

Par conséquent, ce secteur, présentant un aléa sismique et/ou liquéfaction et/ou faille active faible(s), est soumis à des prescriptions individuelles.

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.3.1.3 Aléa volcanique BO-11

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.3.1.4 Aléa inondation BO-11

La cartographie de l'aléa inondation extraite du PPRN de la commune de Bouillante (2007) indique qu'il n'y a pas d'aléa inondation au niveau du site du puits BO-11 (Figure 33).

### III.3.1.5 Aléa cyclonique

Tel qu'il est interprété dans le PPRN, l'aléa cyclonique comprend les effets tels que les surcotes marines et les fortes houles. La prise en compte des vents cycloniques ne fait pas l'objet d'un zonage particulier. La Guadeloupe dans son ensemble est classée en zone de vent 5 dans les règles NV65 février 2009.

D'après le PPRN de la commune de Bouillante, l'aléa cyclonique est nul pour le site du puits BO-11 (Figure 34).

### III.3.1.6 Prescriptions règlementaires au niveau du site BO-11

Le Tableau 15 récapitule les niveaux d'aléas naturels recensés au niveau du site de la parcelle AO 612 retenue pour implanter le puits BO-11. Le seul aléa recensé est l'aléa sismique avec un niveau faible en raison de la présence d'une faille active et de formations potentiellement liquéfiables.

C'est donc une zone à contraintes spécifiques faibles qui est une zone constructible soumise à des prescriptions individuelles. Ces prescriptions sont définies au Titre VI du règlement du PPRN de la commune de Bouillante qui est inclus en Annexe 3.



Figure 33 : Cartographie de l'aléa inondation au niveau du site du puits BO-11 extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) de Bouillante (source : BRGM 2018).



Figure 34 : Cartographie de l'aléa cyclonique au niveau du site du puits BO-11 extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante (source : BRGM, 2018).



Figure 35 : Zonage réglementaire au niveau du site du puits BO-11 extrait du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante (source : BRGM, 2018).

### III.3.2 Aléas naturels recensés au niveau du site BO-12

La zone des travaux de forage et le site du puits BO-12 concernent essentiellement la parcelle AO 413 et accessoirement la parcelle AO 412 (voir Figure 13 page 36).

Les aléas naturels présents au niveau de cette parcelle ont été évalués et cartographiés par l'Agence régionale du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), basée à Petit-Bourg, Guadeloupe (rapport joint en **Annexe 2**).

#### III.3.2.1 Aléa glissements de terrain BO-12

De par leur position sur le flanc de la vallée de la Ravine Blanche et de leur déclivité, ces parcelles sont susceptibles d'être affectées par des phénomènes de type éboulements, chutes de bloc, ravinement, glissement de terrain, en particulier dans leur partie basse. 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 faible au niveau des secteurs des parcelles AO 413 et AO 412 (Figure 36).

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.

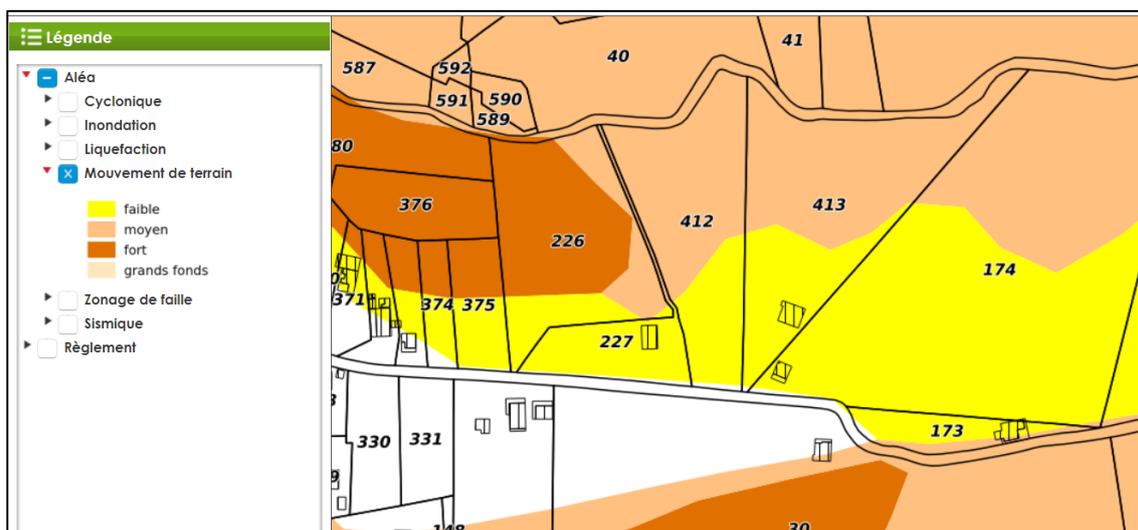


Figure 36 : Cartographie de l'aléa mouvement de terrain au niveau du site du puits BO-12 sur les parcelles AO 412 et AO 413, extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante.

### III.3.2.2 Aléa sismique BO-12

L'Atlas Communal des Risques Naturels classe le site des travaux de forage du puits BO-12 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 liquéfaction nul (Figure 37) et un aléa zonage de faille faible (Figure 38). 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.

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.3.2.3 Aléa volcanique BO-12

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.3.2.4 Aléa inondation BO-12

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 pour le puits BO-12 (Figure 39).

### III.3.2.5 Aléa cyclonique BO-12

L'aléa cyclonique tel qu'il est interprété dans le Plan de Prévention des Risques Naturels majeurs (PPRN) comprend les effets tels que les surcotes marines et les fortes houles. La cartographie de l'aléa cyclonique extraite du PPR de la commune de Bouillante (2007) indique qu'il n'y a pas d'aléa cyclonique pour le site retenu (Figure 34).

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.



Figure 37 : Cartographie de l'aléa liquéfaction au niveau du site du puits BO-12 sur les parcelles AO 412 et AO 413, extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante.

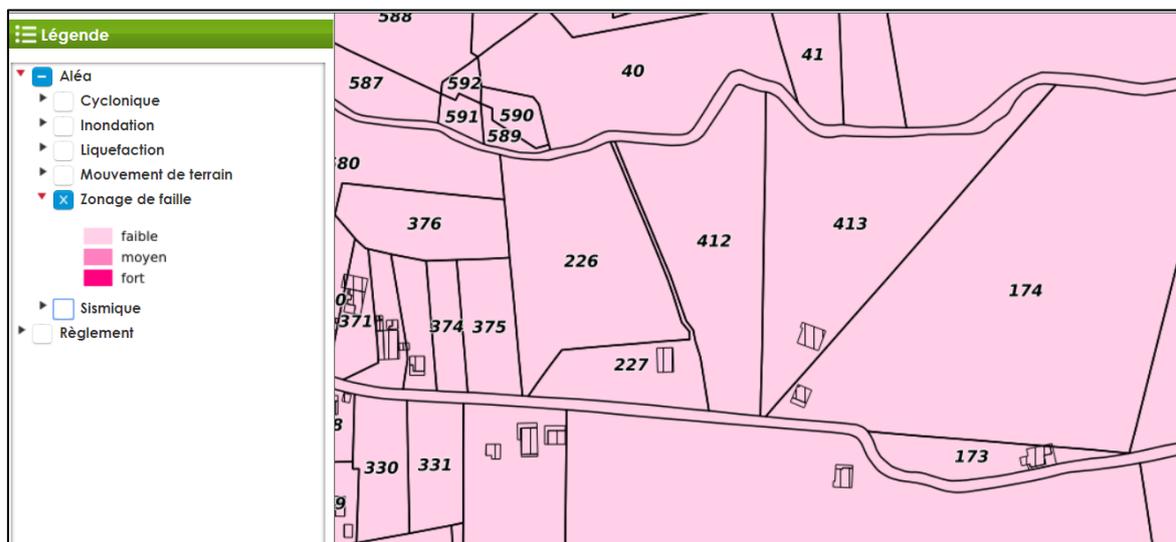


Figure 38 : Cartographie de l'aléa zonage de faille au niveau du site du puits BO-12 sur les parcelles AO 412 et AO 413, extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante.

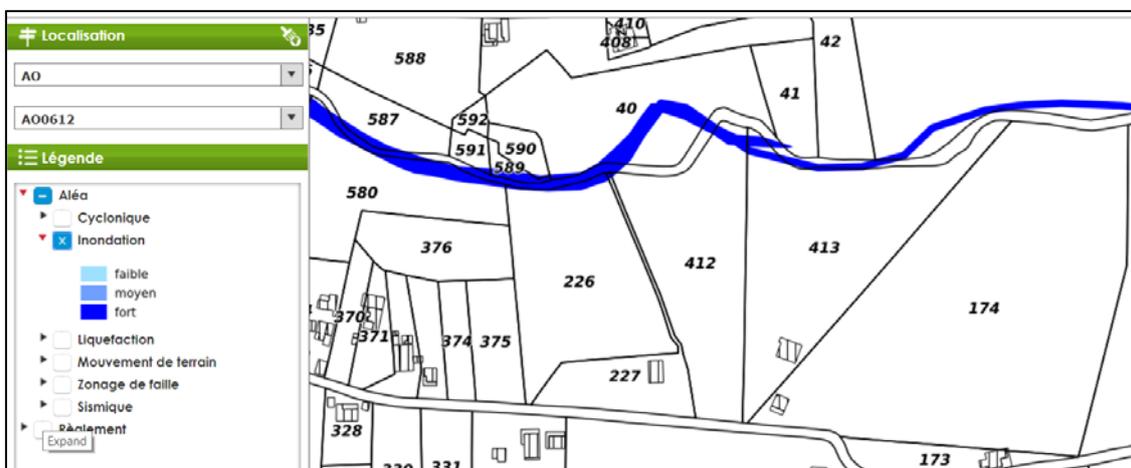


Figure 39 : Cartographie de l'aléa inondation au niveau du site du puits BO-12 sur les parcelles AO 412 et AO 413, extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante.

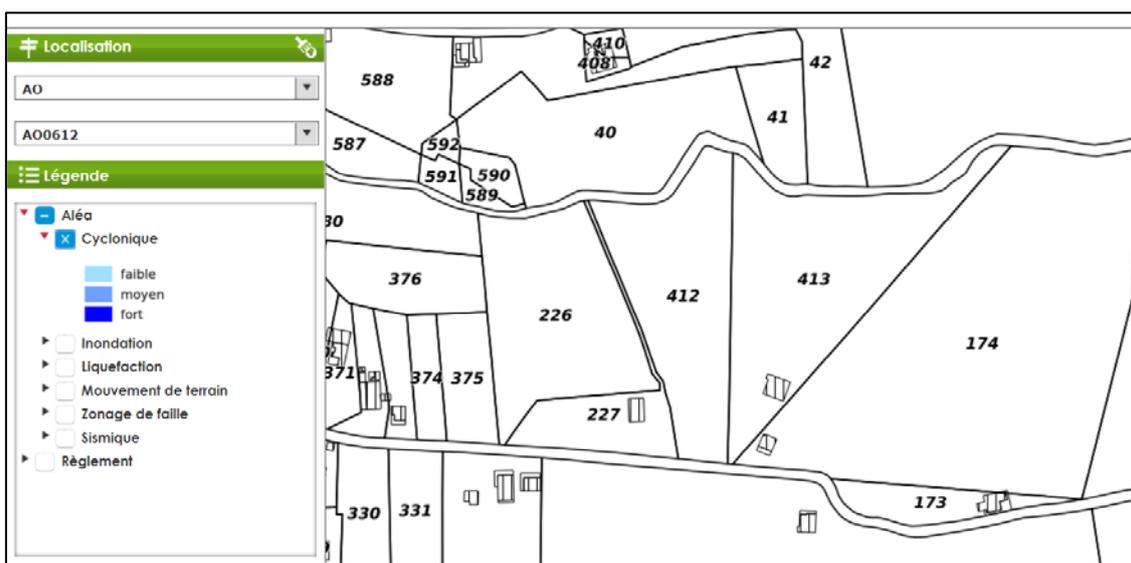


Figure 40 : Cartographie de l'aléa cyclonique au niveau du site du puits BO-12 sur les parcelles AO 412 et AO 413, extraite du Plan de Prévention des Risques naturels majeurs (PPRN) pour la commune de Bouillante.

### III.3.2.6 Zonage réglementaire BO-12

Le Tableau 15 récapitule les niveaux d'aléas naturels recensés au niveau du site retenu pour implanter le puits BO-12 sur les parcelles AO 413 et AO 412. Ce site présente un aléa mouvements de terrain faible et un aléa sismique faible.

D'après le zonage réglementaire extrait du PPRN de la commune de Bouillante (Figure 41), cette zone est soumise à des contraintes spécifiques. Elle est constructible mais soumise à des prescriptions individuelles. Ces prescriptions sont définies au Titre VI du Règlement du PPRN de la commune de Bouillante qui est inclus en **Annexe 3**.

<i>Aléas naturels</i>		<i>Niveau d'aléa pour le site du puits BO-11</i>	<i>Niveau d'aléa pour le site du puits BO-12</i>
Mouvements de terrain		nul	faible
Sismique	Zonage de faille	faible	faible
	Liquéfaction	faible	nul
Volcanique		nul	nul
Inondation		nul	nul
Cyclonique		nul	nul

Tableau 15 : Récapitulatif des niveaux d'aléas naturels recensés au niveau des sites retenus pour implanter les puits BO-11 et BO-12.

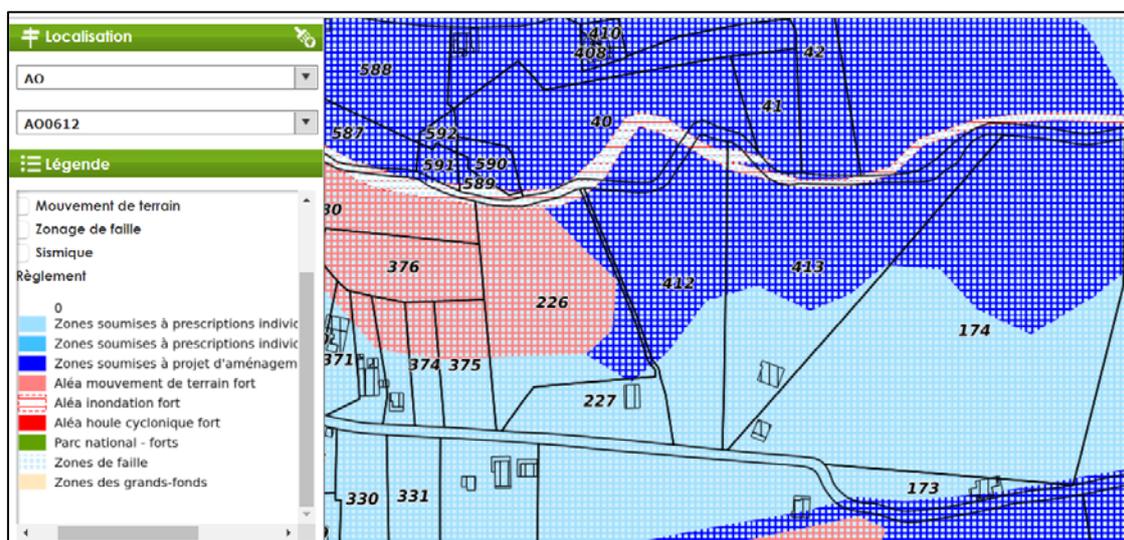


Figure 41 : Zonage réglementaire au niveau du site des travaux de forage du puits BO-12 sur les parcelles AO 413 et AO 412, extrait du Plan de Prévention des Risques Naturels majeurs (PPRN) de la commune de Bouillante.

### III.4. LE MILIEU NATUREL TERRESTRE

#### III.4.1 Contexte naturel du site du puits BO-11

Le site retenu pour réaliser les travaux de forage du puits BO-11 est inséré dans la zone urbaine du bourg de Bouillante (voir par exemple la Figure 9 page 29). Ce milieu comporte des espaces construits et quelques espaces arborés 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 provoquant un fort dérangement de la faune et une rudéralisation de la flore. De plus, la zone des travaux est localisée à l'intérieur du périmètre de la centrale géothermique où elle intéresse à la fois une surface bétonnée et une surface végétalisée (voir Figure 10 page 33). La flore se résume à une pelouse, une rangée de cocotiers, deux arbres flamboyants et un bananier. Ce milieu naturel est donc largement artificialisé.

### III.4.2 Contexte naturel du site du puits BO-12

#### III.4.2.1 Introduction

Le site retenu pour réaliser les travaux de forage du puits BO-12 fait partie d'un ensemble boisé avec une couverture végétale variée comprenant des arbres de grande taille, des taillis et des prairies plus ou moins arbustives (Figure 42). Ce milieu est grignoté par différentes formes d'activité (zones de pâturage, élagage, constructions, ...). A proximité immédiate, la plateforme actuelle des puits représente l'élément paysager dominant (voir Figure 13 page 36).

Des inventaires de la faune et de la flore ont été réalisés par le Bureau d'études environnementales Caraïbe Environnement Développement, basé à Baie Mahault, pour évaluer le contenu faunistique et floristique du milieu naturel et identifier sa sensibilité environnementale. Le rapport de ces inventaires est disponible en **Annexe 4**. Un résumé est présenté ci-après.



Figure 42 : Illustration de la végétation de type Habitat 1 au niveau de la parcelle AO 413 qui sera concernée par les travaux de forage du puits BO-12.

#### III.4.2.2 Inventaire de la flore présente

L'inventaire floristique a permis de recenser 124 espèces au niveau de la parcelle AO 413 et de ses environs proches dont un quart sont naturalisées ou cultivées. Près d'une dizaine d'espèces indigènes assez rares ont été identifiées. Deux espèces rares et une espèce protégée par arrêté ministériel (Akoma Gran Té) ont été observées près de la Ravine Blanche, en dehors de la zone concernée par les travaux (Figure 43). Trois types d'habitats ont été identifiés par Caraïbes Environnement :

- ✓ **Habitat 1** : Fourré haut arbustif (d'espèces pionnières), à Bois de mèche, Bois Mabouge, Monval Zagadi, Campêche. Cette zone boisée est riche en arbres fruitiers et en espèces utiles à proximité des habitations. Toutefois, on observe des degrés de dégradation dus principalement aux prélèvements de bois (gaullettes, charbon de bois) ainsi que des structures anthropiques en désuétude (cages à poules, porcheries, ancienne maison, fours à charbon... ; Figure 42) ;

- ✓ **Habitat 2** : Formation boisée xérophile secondaire à Gommier rouge, Poirier pays, Bois de rose, Savonnette, Lépiné. Cet habitat joue le rôle de zone tampon entre la zone défrichée en partie dégradée (habitat 1) et la partie boisée (habitat 3).
- ✓ **Habitat 3** : Forêt semi-décidue (més-xérophile en bas de versant) à Courbaril, Acomat franc, Raisin coudre, Mapou rivière avec la présence de la ravine blanche en contre-bas.

D'un point de vue sensibilité écologique, le classement suivant a été établi :

- ⇒ Habitat 1 : sensibilité faible ;
- ⇒ Habitat 2 : sensibilité moyenne ;
- ⇒ Habitat 3 : sensibilité forte.

La Figure 43 montre que la zone concernée par les travaux de forage du puits BO-12 est caractérisée principalement par le type **Habitat 1** avec une sensibilité écologique nulle à faible. Aucun individu de l'espèce protégée (Akoma Gran Té) n'y a été rencontré.

#### III.4.2.3 Inventaire de la faune présente

La faune est caractérisée par des espèces forestières dont une partie est endémique et sub-endémique. La plupart des taxons sont protégés. Les **enjeux faunistiques patrimoniaux sont forts**, ce qui s'explique aisément en raison de l'importance du massif forestier de ce secteur qui, bien que dégradé au niveau du sous-bois, garde des **caractéristiques écologiques favorables à la présence des espèces à valeurs patrimoniales**. L'inventaire a permis d'observer :

- ✓ 1 amphibien ;
- ✓ 4 reptiles ;
- ✓ 25 espèces d'oiseaux ;
- ✓ 6 chiroptères ;
- ✓ 3 mammifères terrestres.

Le Tableau 16 fournit la liste des espèces répertoriées. Parmi elles, on recense plusieurs espèces protégées : 17 oiseaux, 6 chiroptères, 2 reptiles et 1 amphibien. En prenant en compte différents critères patrimoniaux, Caraïbes Environnement a déterminé l'enjeu local de conservation (ELC) pour l'ensemble de ces espèces.

Trois espèces patrimoniales à enjeux forts ont été recensées :

- ✓ Le **Pic de la Guadeloupe**, espèce endémique de la Guadeloupe, inféodée aux massifs forestiers et par conséquent sensible au déboisement. Il est présent au niveau de la parcelle AO413 mais dans la partie boisée en dehors de la zone des travaux ;
- ✓ Le **Moucherolle gobemouche**, petit oiseau de la famille des Tyrannidés, endémique de la Guadeloupe et de la Dominique. Il est très sensible à la fragmentation et la dégradation des boisements ;
- ✓ Le **Murin de la Dominique**, petite chauve-souris insectivore et forestière.

Parmi les espèces à enjeux modérés, quelques espèces sub-endémiques forestières sont à citer : la Grive à pieds jaunes, le Trembleur brun, la Paruline caféïette et un petit reptile, le Sphérodactyle bizarre. Sur le site, il est plutôt abondant, mais l'espèce est sensible au déboisement et à la qualité de la litière. Pour l'ensemble de ces espèces, les boisements ainsi que la Ravine Blanche sont importants.

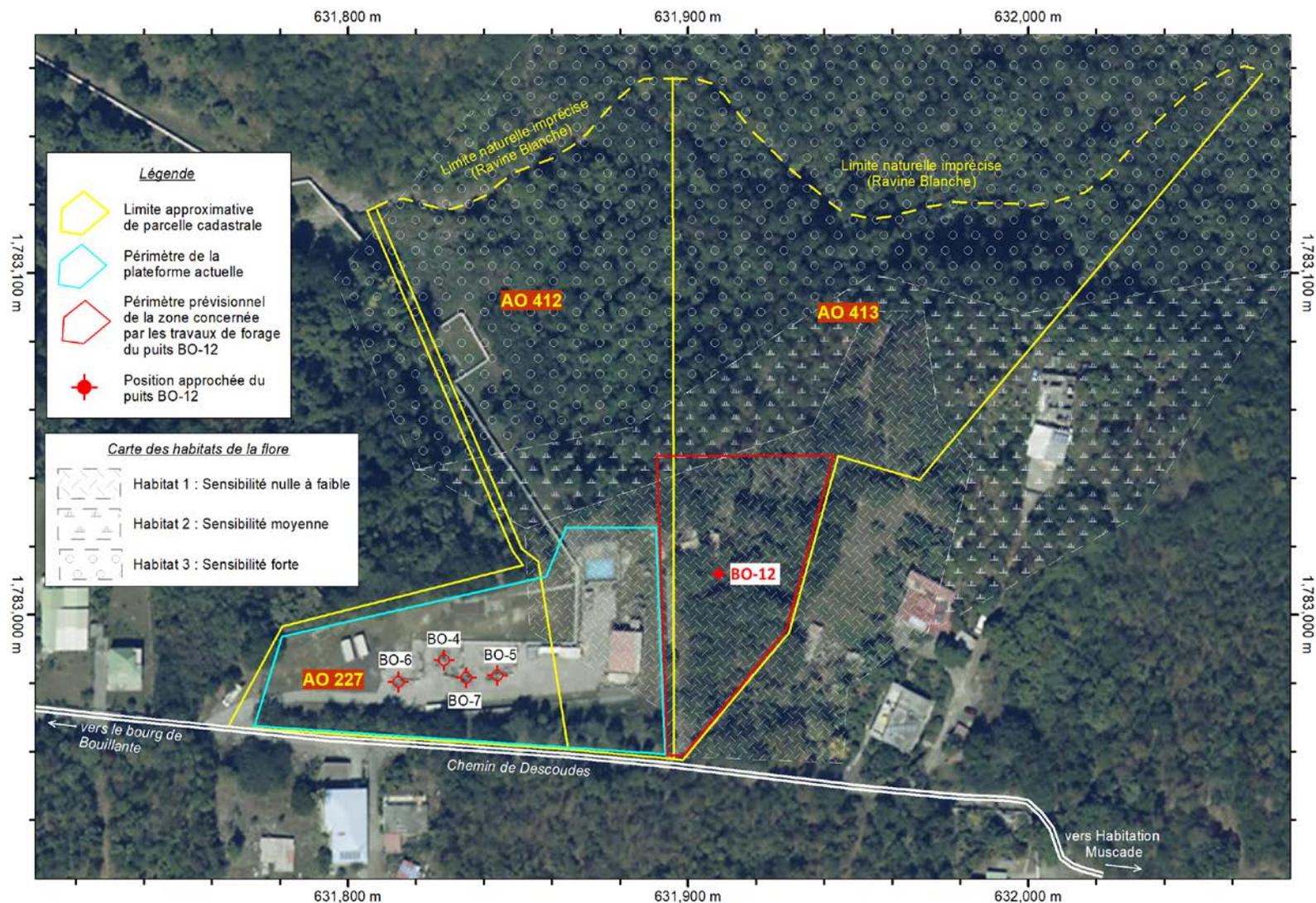


Figure 43 : Cartographie des habitats au sein de la parcelle AO 413 (d'après Caraïbes Environnement, 2018) superposée au périmètre de la zone qui sera concernée par les travaux de forage du puits BO-12.

Nom vernaculaire	SR	SP	LR	IRG	ELC
Pic de la Guadeloupe	N	P	NT	1	Fort
Moucherolle gobemouche	N	P	NT	2	Fort
Murin de la Dominique	N	P	VU	2	Fort
Crécérelle d'Amérique	N	P		5	Modéré
Colombe rouviolette	N	NP		5	Modéré
Colombe à croissants	N	NP		4	Modéré
Grive à pieds jaunes	N	NP	VU	2	Modéré
Trembleur brun	N	P		2	Modéré
Paruline caféïette	N	P		2	Modéré
Sphérodactyle bizarre	N	P		2	Modéré
Héron vert	N	P		5	Faible
Colombe à queue noire	N	NP		5	Faible
Tourterelle à queue carré	N	NP		5	Faible
Coulicou manioc	N	P		5	Faible
Moqueur corossol	N	NP		4	Faible
Moqueur grivotte	N	NP		3	Faible
Viréo à moustaches	N	P		5	Faible
Paruline jaune	N	P		5	Faible
Saltator gros bec	N	P		2	Faible
Quiscale merle	N	P		5	Faible
Anolis de la Guadeloupe	N	P		1	Faible
Tadaride du Brésil	N	P		5	Faible
Fer de lance commun	N	P		5	Faible
Brachyphylle des Antilles	N	P		4	Faible
Ptéronote de Davy	N	P		5	Faible
Colibri huppé	N	P		3	Très faible
Elénie siffleuse	N	P		3+	Très faible
Tyran gris	N	P		5	Très faible
Sporophile rouge-gorge	N	P		3	Très faible
Sucrier à ventre jaune	N	P		5	Très faible
Sporophile ici	N	P		5	Très faible
Molosse commun	N	P		5	Très faible
Tourterelle turque	N	NP		I	Nul
Hylode de Johnstone	N	P		I	Nul
Hémidactyle mabouia	N	NP		I	Nul
Gymnophthalme d'Underwood	N	NP		I	Nul
Petite mangouste indienne	N	NP		I	Nul
Rat noir	N	NP		I	Nul
Souris grise	N	NP		I	Nul

Tableau 16 : Liste des espèces animales rencontrées sur la parcelle AO413 (Caraïbes Environnement, 2018).

Légende : Statut de reproduction SR (3.1): E= Erratique ; MH= Migrateur hivernant ; N=Nicheur ; S=Sédentaire. Statut de protection SP : NP = Non Protégé ; P= Protégé ; IRG= Indice de Répartition Géographique (3.1). Statut IUCN (3.1) : NT= Quasi-menacé ; VU= Vulnérable. ELC = Enjeu local de conservation.

### III.4.3 Inventaires des espaces naturels protégés

Un inventaire des espaces naturels protégés situés au niveau ou à proximité des sites des travaux de forages des puits BO-11 et BO-12 a été réalisé. Les principaux éléments de cet inventaire sont reportés sur la Figure 44 et présentés ci-dessous.

#### III.4.3.1 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 (Figure 44).

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 (inclus en Annexe). 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.

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.

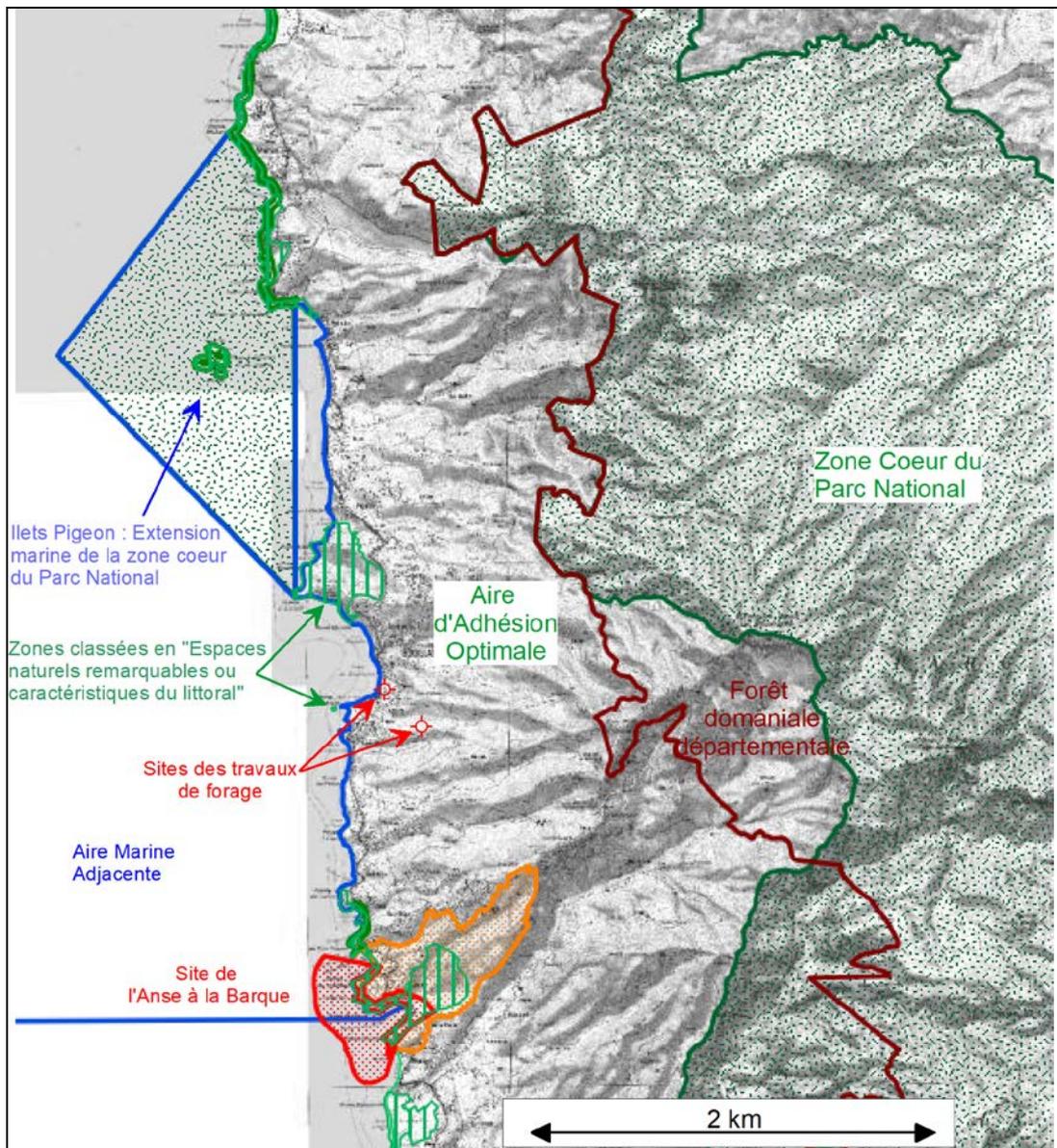


Figure 44 : Cartographie des espaces naturels protégés recensés sur la commune de Bouillante. (d'après l'application Cartelie de la DEAL Guadeloupe).

### III.4.3.2 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) (Figure 44) :

- La première zone est située au Nord du bourg de Bouillante entre la Pointe Marsolle et l'Anse à Sable ;
- 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.

### III.4.3.3 ZNIEFF

Une ZNIEFF marine de type 1 (secteur de grand intérêt biologique ou écologique) a été créée au niveau de la Pointe à Lézard pour protéger le milieu marin à forte valeur patrimoniale (Figure 45).

Une autre ZNIEFF terrestre de type 1 a été créée au niveau de l'Anse à la Barque (Figure 44).

#### 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).



Figure 45 : Localisation de la ZNIEFF marine de type 1 de la Pointe à Lézard (d'après l'application Cartelie de la DEAL Guadeloupe).



#### III.4.4 Classement des sites des travaux de forage BO-11 et BO-12

Au même titre que la majorité du territoire terrestre de la commune de Bouillante, les sites retenus pour les travaux de forage des puits BO-11 et BO-12 sont inclus dans ***l'Aire optimale d'adhésion*** du Parc National de la Guadeloupe.

Par contre, ils restent à l'écart des autres espaces naturels protégés décrits ci-avant comme on peut le voir sur la Figure 44.

### III.5. MILIEU HUMAIN ET DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES

#### III.5.1 Contexte socio-économique

##### III.5.1.1 La commune de Bouillante

Le projet est situé dans le bourg de Bouillante. La commune couvre une superficie de 43,5 km<sup>2</sup> 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.5.1.2 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, gîtes, 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.5.2 Maîtrise foncière du projet et situation cadastrale

##### III.5.2.1 Le puits BO-11

Comme indiqué au § II.5, le site retenu pour les travaux de forage du puits BO-11 se situe à l'intérieur du périmètre de la centrale géothermique (voir Figure 10 page 33).

La plateforme de forage (1000 m<sup>2</sup>) sera implantée sur la parcelle 612 de la Feuille AO du plan cadastral de Bouillante, d'une superficie totale de 2189 m<sup>2</sup>. Cette parcelle appartient à Géothermie Bouillante. Son plan cadastral est fourni en **Annexe 1**.

### III.5.2.2 Le puits BO-12

Comme indiqué au § II.5, le site retenu pour les travaux de forage du puits BO-12 est localisé à proximité de la plateforme actuelle des puits située à Plateau, à environ 600 mètres à vol d'oiseau au sud-est de la centrale (voir Figure 13 page 36).

La zone des travaux est située principalement sur la parcelle n°413 de la Feuille AO du plan cadastral de Bouillante et accessoirement sur la parcelle AO 412. Les travaux n'intéresseront qu'une partie (3 000 m<sup>2</sup>) de la parcelle AO 413 dont la surface globale est de 13 000 m<sup>2</sup>. Géothermie Bouillante est propriétaire de ces deux parcelles. Le plan cadastral est fourni en **Annexe 1**.

La plateforme de forage du puits BO-12 est destinée à être pérennisée sous forme d'une extension de la plateforme d'exploitation actuelle des puits.

### III.5.2.3 Occupation du domaine public

Dans le cadre des travaux de forage du puits BO-11, Géothermie Bouillante a sollicité la mairie de Bouillante afin de bénéficier pendant la durée des travaux d'une aire de stockage temporaire des équipements sur le parking du stade situé à proximité (voir Figure 11 page 34).

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.5.3 Riverains du projet

### III.5.3.1 Site du puits BO-11

La Figure 46 permet de visualiser le nombre d'habitations riveraines du chantier de forage de ce puits. Ainsi, il apparaît que :

- 2 habitations sont situées dans un rayon de 50 m autour de la position de la machine de forage ;
- 18 habitations sont situées à une distance comprise entre 50 m et 100 m autour de la position de la machine de forage.

De plus, on constate que l'ensemble de ces habitations riveraines est situé au sud de la zone de travaux, et donc a priori non exposées à d'éventuelle émissions atmosphériques dispersées par les vents dominants soufflant d'Est en Ouest.

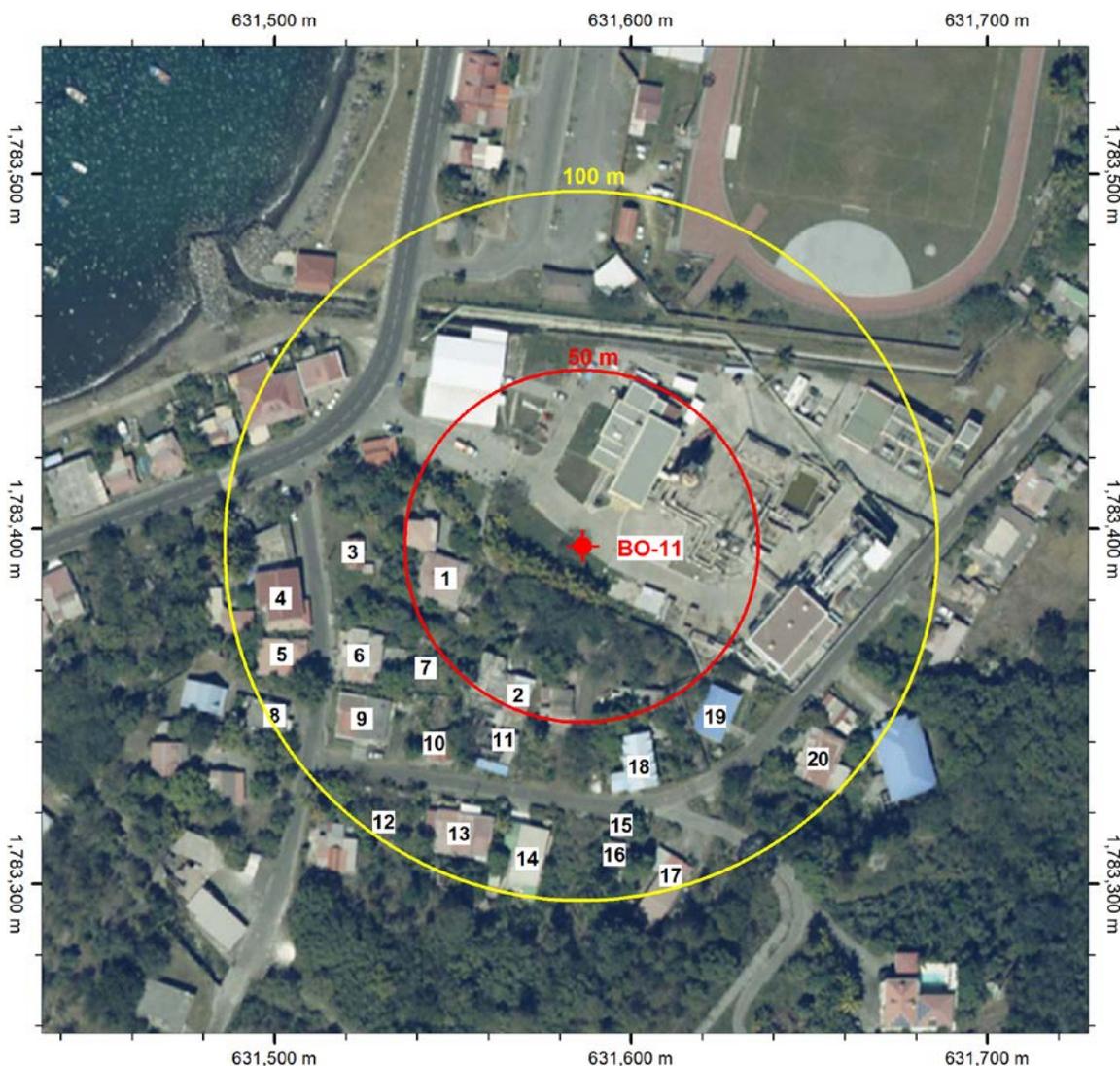


Figure 46 : Localisation et nombre de riverains situés à des distances de moins de 50 m et moins de 100 m par rapport à la machine de forage lors de la réalisation du puits BO-11 localisé dans l'enceinte de la centrale (cordonnées UTM WGS84).

N°	Habitations riveraines	N°	Habitations riveraines
1	Famille Réculard	11	Famille Caffa Guy
2	Famille Caffa	12	Famille Paisley Muriel
3	Centre de Formation	13	Famille Damaze Maria
4	Famille Baltimore	14	Famille Cajazzo Keitel
5	Famille Cabarus	15	Famille Paisley Germaine
6	Famille Ficadière	16	Famille Ficadière Jocelyn
7	Famille Taillandier-Ficadière	17	Famille Ficadière Edith
8	Famille Fétama Gustave	18	Famille Quérin
9	Famille Racon	19	Famille Laffiteau Fulbert
10	Famille Paco	20	Famille Lafitteau Jean

Tableau 17 : Liste des habitations riveraines repérées autour du site de forage du puits BO-11 sur la Figure 46.

### III.5.3.2 Le site du puits BO-12

La Figure 47 permet de visualiser le nombre d'habitations riveraines du chantier de forage de ce puits. Ainsi, il apparaît que :

- Aucune habitation est située dans un rayon de 50 m autour de la position de la machine de forage ;
- Trois habitations sont situées à une distance comprise entre 50 m et 100 m autour de la position de la machine de forage ;

De plus, on constate que l'ensemble de ces habitations riveraines est situé à l'est de la zone de travaux, et donc au vent par rapport au chantier de forage.

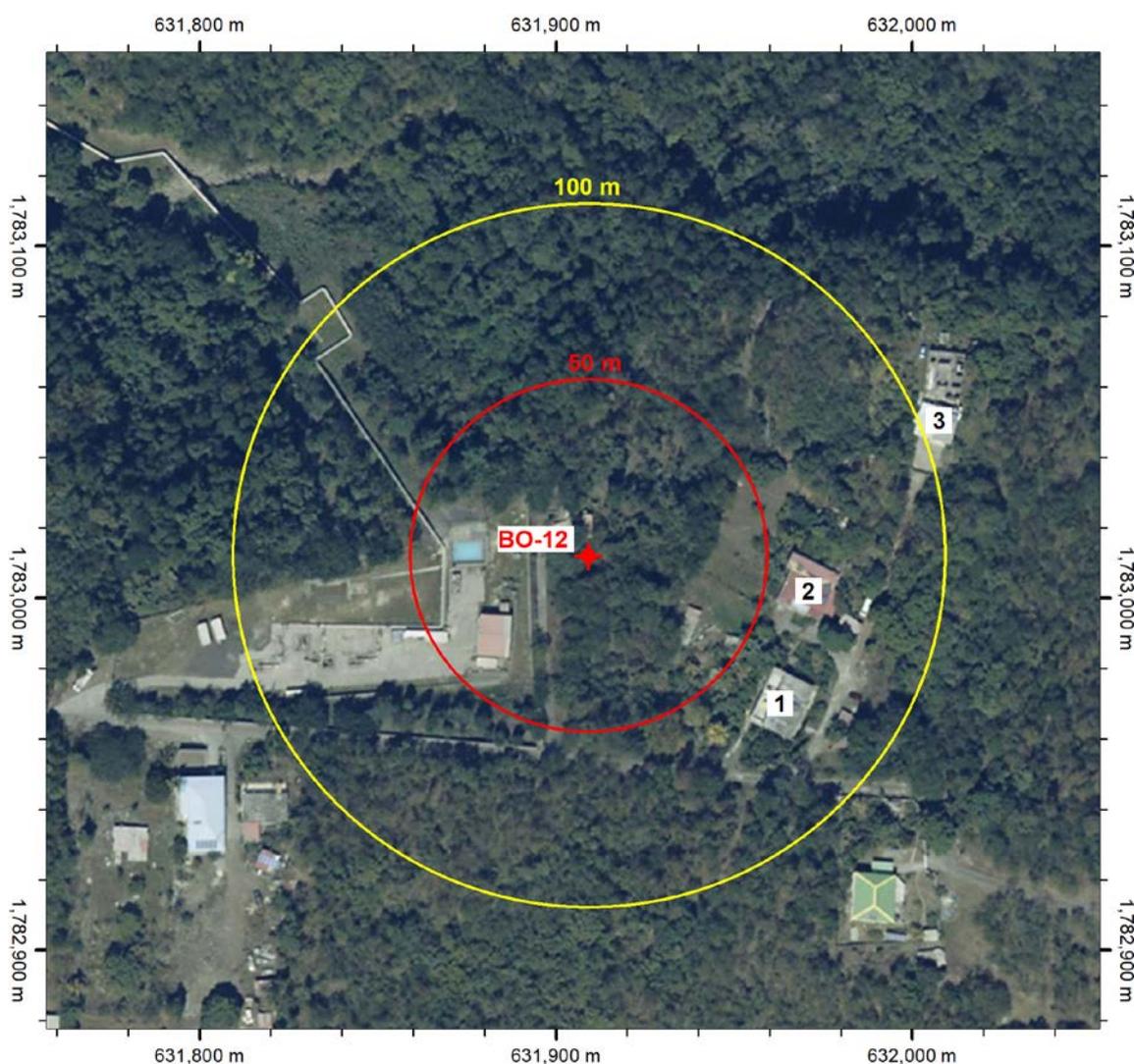


Figure 47 : Localisation et nombre de riverains situés à des distances de moins de 50 m et moins de 100 m par rapport à la machine de forage lors de la réalisation du puits BO-12.

### III.5.4 Etablissement recevant du public à proximité

#### III.5.4.1 Site du puits BO-11

Les établissements recevant du public (ERP) les plus proches du site des travaux de forage du puits BO-11 sont les suivants :

<i>Etablissements recevant du public</i>	<i>Distance au chantier</i>
Centre de formation en anglais	70 m
Bibliothèque	70 m
Bar des Sources Chaudes	110 m
Stade municipal	150 m
Commerces (épicerie)	150 m
Base de loisirs	180 m
Administration (Sécurité Sociale)	300 m
Ecole primaire	320 m
Lycée d'enseignement professionnel de Plateau	400 m

#### III.5.4.2 Site du puits BO-12

Les établissements recevant du public (ERP) les plus proches du site des travaux de forage du puits BO-12 sont les suivants :

<i>Etablissements recevant du public</i>	<i>Distance au chantier</i>
Lycée d'enseignement professionnel de Plateau	550 m

### III.5.5 Servitudes réglementaires

Le chantier de forage du puits BO-11 à l'intérieur de la centrale n'est pas concerné par des servitudes réglementaires.

Des servitudes liées aux réseaux de distribution électrique, téléphonique, distribution d'eau potable, d'assainissement, existent au niveau du chemin Descoudes qui jouxte la parcelle 413 sur laquelle sera implanté le puits BO-12. Géothermie Bouillante informera la Municipalité et les concessionnaires des impacts éventuels des travaux de forages sur ces servitudes.

### III.5.6 Servitude d'urbanisme

#### III.5.6.1 Site du puits BO-11

Le POS de Bouillante situe la parcelle AO 612 concernée 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.



Les travaux de forage du puits BO-11 sur la parcelle AO 612 sont compatibles avec le zonage du POS 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.

### **III.5.6.2 Site du puits BO-12**

Le POS de Bouillante situe les parcelles AO 412 et AO 413 concernées par les travaux en Zone IINC, c'est à-dire une zone naturelle à vocation agricole.

La zone IINC est une zone agricole de richesse économique. Dans l'ensemble, les unités foncières ont une superficie moindre que celles situées dans la zone INC. Il en résulte un paysage agricole particulier, plus construit que celui des grandes exploitations. Une protection forte doit également s'y exercer, notamment au niveau de la destination des constructions et installations, afin de garantir la pérennité de la vocation agricole. Dans cette zone, ne sont admises que les constructions et installations à usage :

- ✓ agricole;
- ✓ d'exploitation des richesses naturelles de la zone ;
- ✓ d'habitat lié aux activités implantées dans la zone ;
- ✓ de gîte rural lié à une exploitation agricole, conforme à la réglementation en vigueur et agréé par le service compétent;
- ✓ d'équipement nécessaire aux activités de la zone - de recherche lié aux activités de la zone.

Les ouvertures de carrière et les constructions et installations liées à leur exploitation sont autorisées, sous réserve de dispositions visant à leur réaménagement en fin d'exploitation.

Dans cette zone, sont interdites les occupations et utilisations du sol suivantes :

- ✓ Les constructions et installations non prévues ;
- ✓ Les lotissements à usage d'habitation ;
- ✓ Les affouillements ou exhaussements de sol, sauf impératifs techniques à justifier.

Les travaux de forage du puits BO-12 sur les parcelles AO 412 et AO 413 sont compatibles avec le zonage du POS de la commune de Bouillante, dans la mesure où il a pour vocation d'exploiter la ressource géothermale qui est une richesse naturelle locale.

## **III.5.7 Données des bases BASOL et BASIAS**

### **III.5.7.1 Recensement des installations à risques**

Le seul établissement à risque répertorié dans le bourg de Bouillante est la station-service en bordure de la RN2.

Elle est située à 150 m du site de forage du puits BO-11 en direction du Nord et à 700 m du site de forage du puits BO-12.

### III.5.7.2 Données de la base BASIAS

La base BASIAS est la Base nationale des anciens sites industriels et activités de service. Les activités industrielles étant susceptibles de laisser des traces dans le sol, il convient de prendre des mesures préventives lors du réaménagement de ces anciennes zones industrielles. Toutefois, leur inscription dans la base de données BASIAS ne préjuge pas forcément d'une éventuelle pollution.

Au niveau de la commune de Bouillante, 6 établissements sont répertoriés (Tableau 18). Ils sont reportés sur la carte de la Figure 48.

Les deux sites concernés par les travaux de forage des puits BO-11 et BO-12 sont à l'écart de ces établissements. Le plus proche est l'établissement répertorié GUA097100614 situé derrière le cimetière de Bouillante, à environ 400 mètres du chantier de forage du puits BO-11. C'était une station de transit des ordures ménagères.

Les deux sites dédiés aux futurs chantiers de forage n'ont donc pas l'objet d'activités industrielles ou de services. Ils ne nécessiteront pas de diagnostic ou des travaux de dépollution.

N° Identifiant	Raison(s) sociale(s) de(s) l'entreprise(s) connue(s)	Nom(s) usuel(s)	Dernière adresse	Commune principale	Code activité	Etat d'occupation du site	Etat de connaissance
GUA97100077	Hôpital Maurice SELBONNE		Lieu dit Pigeon	BOUILLANTE	E38.47Z	En activité	Inventorié
GUA97100201	BALTUS Christiane		Lieu dit Rollier	BOUILLANTE	A01.4	Ne sait pas	Inventorié
GUA97100262	Habitation Sucrierie La Lise	Habitation Sucrierie La Lise	Lieu dit La Lise Pigeon	BOUILLANTE	C10.7 C11.01	Ne sait pas	Inventorié
GUA97100614	Station de transit d'ordures ménagères	Station de transit d'ordures ménagères	Lieu dit Fontaines Chaudes	BOUILLANTE	E38.11Z	En activité	Inventorié
GUA97101099	GARAGE PETIT PIERRE	GARAGE PETIT PIERRE	Lieu dit Coreil	BOUILLANTE	G45.21A	En activité	Inventorié
GUA97101100	GARAGE CAFFA	GARAGE CAFFA	Chemin communal 4 Descoudes	BOUILLANTE	G45.21A	En activité	Inventorié

Tableau 18 : Tableau extrait de la Base BASIAS listant les anciens sites industriels et activités de service répertoriés sur la commune de Bouillante.

### III.5.7.3 Données de la base BASOL

La base de données BASOL du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement recense les sites et sols pollués. Un site pollué est un site qui, du fait d'anciens dépôts de déchets ou d'infiltrations de substances polluantes, présente une pollution susceptible de provoquer une nuisance ou un risque pérenne pour les personnes ou l'environnement.

Aucun site sur la commune de Bouillante n'est répertorié dans cette base.



Figure 48 : Carte de localisation des 6 établissements de la commune de Bouillante répertoriés dans la base BASIAS.

### III.5.8 Voies de communication

#### III.5.8.1 Le site du puits BO-11

Le site du chantier de forage du puits BO-11 sera desservi par la Route Nationale 2 (voir par exemple la Figure 1 page 20 et la Figure 11 page 34). Toutefois, l'entrée du chantier ne se fera pas directement à partir de la RN2 mais par l'intermédiaire de la voie d'accès au site de la centrale (Figure 12) ; ce qui réduira les risques d'accident de la circulation.

La Route Nationale 2 est le principal axe de circulation sur de la Côte-sous-le-vent. Le trafic moyen journalier annuel (TMJA) au niveau de Bouillante a été de 6278 véhicules/jour en 2012 et de 6 454 en 2015, d'après le Journal de l'Observatoire Régional des Transport.

#### III.5.8.2 Le site du puits BO-12

Le site du chantier de forage du puits BO-12 sera desservi par la Route Nationale 2 via la Rue du Lycée et le Chemin Descoudes (Figure 49). La Rue du Lycée est suffisamment large pour accepter le trafic de véhicules légers et de camions. Elle présente toutefois une déclivité importante.

Le Chemin Descoudes est étroit et bordé d'habitations. Les croisements de véhicules, y compris les véhicules légers, y sont délicats, d'autant plus que ce chemin présente lui-aussi une déclivité importante. Ces contraintes doivent être prises en compte pour le trafic des camions et engins de chantier qui peut obliger à stopper temporairement la circulation du trafic local.

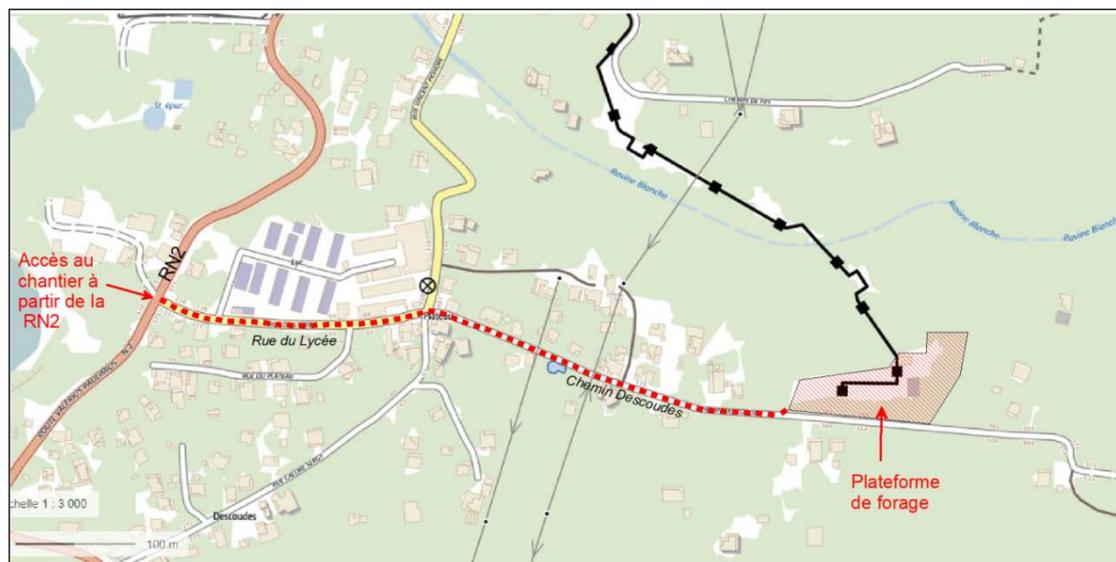


Figure 49 : Plan des voies d'accès au chantier de forage du puits BO-12.

### III.6. ETAT INITIAL DES NUISANCES SONORES

#### III.6.1 Le site du puits BO-11

Une campagne de mesures acoustiques a été réalisée en octobre 2018 par le bureau d'études AEC autour du site du puits BO-11 (Figure 50). Elle a permis de caractériser le niveau de bruit ambiant autour de la zone retenue pour ces travaux de forage. Le Tableau 19 présente les résultats de cette campagne de mesures. Les mesures ont été effectuées de jour et de nuit et en alternant centrale en marche et centrale à l'arrêt.

Points	Stations	Distance au site de forage (m)	Niveaux sonores ( $L_{Aeq,T}$ ) en dB centrale en marche		Niveaux sonores ( $L_{Aeq,T}$ ) en dB centrale à l'arrêt	
			Diurnes	Nocturnes	Diurnes	nocturnes
1	Portail entrée principale	30	53,5	51,5	53	53
2	Panneau GB bord route RN2	70	64	58	76,3	57
3	Route au niveau riverain n°4	75	63	52,5	57	52
4	Route au niveau riverain n°8	90	56	53	56	50
5	Route au niveau riverain n°1	37	65,5	53	71,5	54
6	Route au niveau riverain n°2	42	56,5	58,5	52,5	58,5
7	Route au niveau riverain n°19	72	53	57	54	55,5
8	Route au niveau riverain n°15	75	48	55	53,5	52
9	Route au niveau riverain n°13	75	58	56,5	45	55,5
10	Bar des sources chaudes	100	64,5	56,5	60,5	60,5
11	Bibliothèque	85	55	53	56	53,5
12	Entrée centrale rue Vanier	105	60	56	57	63,5
13	Clôture centrale face bananier	12	58,5	57	56	61,5
14	Clôture centrale niveau sécheur	38	64	59,5	57	62
15	Ancienne route nationale	135	48,5	52	52,5	54

Tableau 19 : Résultats des mesures acoustiques réalisées par le bureau d'études AEC en octobre 2018 autour du site de forage du puits BO-11 (voir Figure 50).

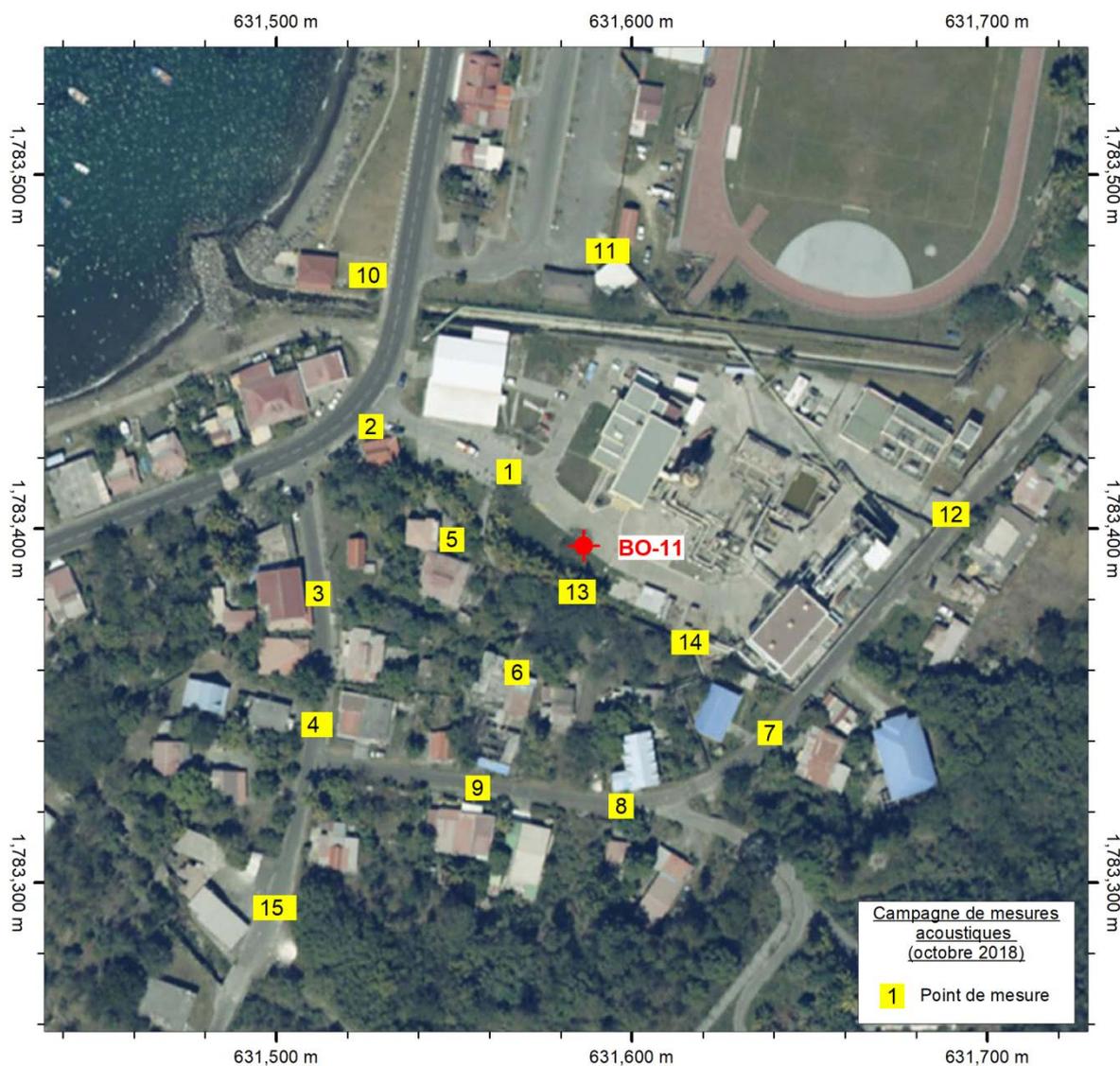


Figure 50 : Localisation des points de mesures acoustiques réalisées autour du site de forage du puits BO-11 par le bureau d'Etudes AEC en octobre 2018.

La Figure 51 montre les résultats des mesures acoustiques réalisées en périodes diurne et nocturne autour du site de forage du puits BO-11 alors que la centrale était en fonctionnement. Les niveaux sonores mesurés intègrent les différentes sources de bruits locaux (fonctionnement de la centrale, trafic routier sur la Route Nationale 2, bruits de la faune,...). Ils correspondent de fait au bruit résiduel qui sera à prendre en compte pour évaluer l'impact sonore des travaux de forage. Les valeurs mesurées le jour et la nuit sont assez comparables et évoluent entre 48 dB(A) et 64 dB(A). On relève toutefois que les niveaux sonores sont globalement plus élevés en bordure du site de la centrale. Pour information, la distance des points de mesures au puits BO-11 pris comme site de référence pour l'origine du bruit qui sera généré par le chantier de forage est indiquée dans le Tableau 19.

Le Tableau 19 présente également des résultats de mesures de niveau sonore effectuées en octobre 2018 alors que la centrale était à l'arrêt. On constate que les valeurs mesurées sont assez comparables à celles observées lorsque la centrale est en fonctionnement. Ceci montre que les mesures prises pour réduire les nuisances sonores de la centrale sont efficaces.



Figure 51 : Résultats des mesures acoustiques réalisées autour du site du puits BO-11 en périodes diurne et nocturne par le bureau d'études AEC en octobre 2018 alors que la centrale était en fonctionnement.

### III.6.2 Le site du puits BO-12

Une campagne de mesures acoustiques a également été réalisée en octobre 2018 par le bureau d'études AEC autour du site du puits BO-12 (Figure 52). Elle a permis de caractériser le niveau de bruit ambiant. Le Tableau 20 présente les résultats de cette campagne de mesures. Les mesures ont été effectuées de jour et de nuit et en alternant centrale en marche et centrale à l'arrêt. Toutefois, en raison de la distance à la centrale, l'impact de celle-ci sur le niveau de bruit n'est pas discernable.

Le site est situé en milieu forestier. Les niveaux sonores mesurés la nuit sont nettement plus élevés (de l'ordre de 10 dB(A)) que ceux mesurés de jour en raison de la faune présente. De nuit, les valeurs sont globalement comprises entre 55 dB(A) et 65 dB(A) pour seulement 40 dB(A) à 55 dB(A) pendant la journée.

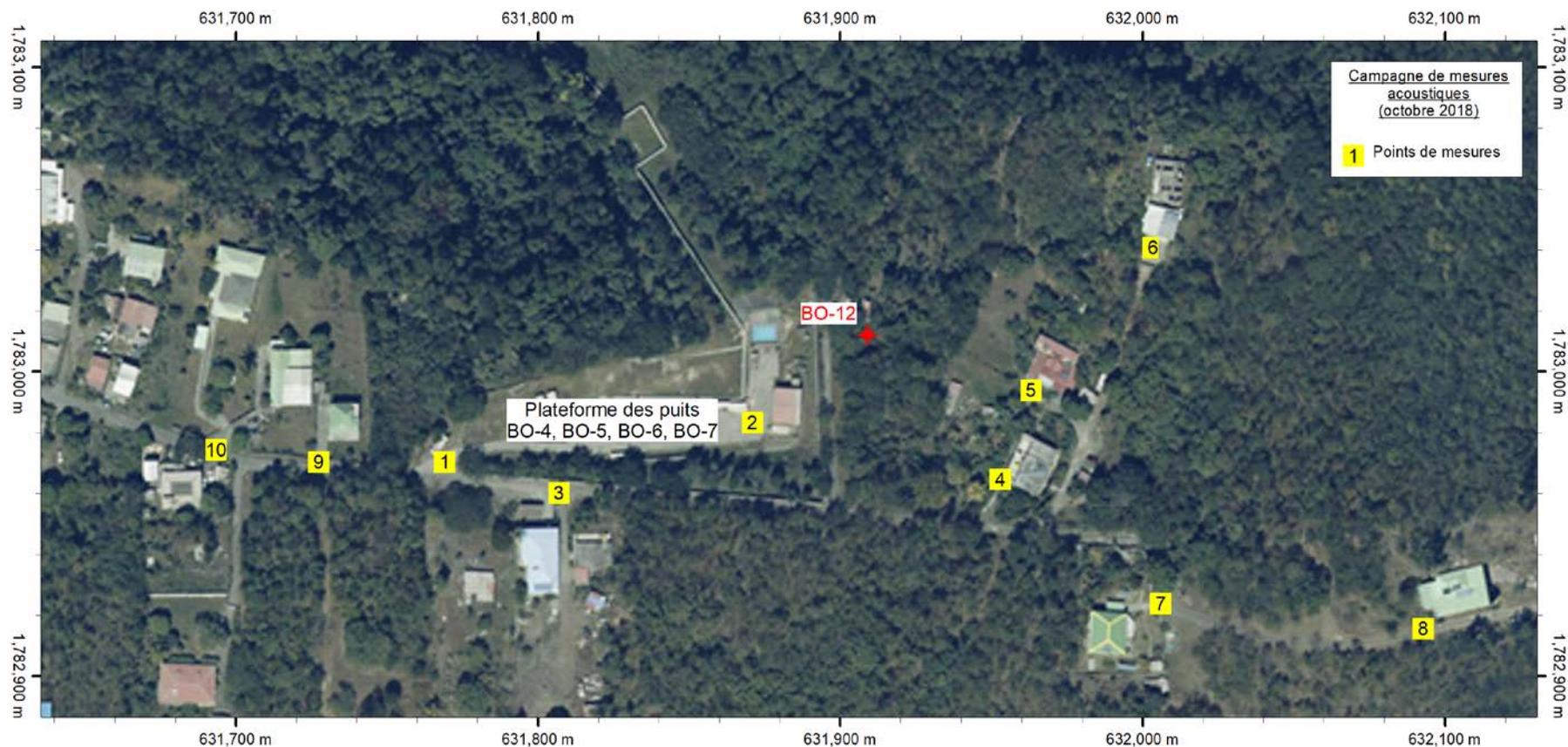


Figure 52 : Localisation des points de mesures acoustiques réalisées autour du site de forage du puits BO-12 par le bureau d'Etudes AEC en octobre 2018.



Figure 53 : Résultats des mesures acoustiques réalisées autour du site du puits BO-12 en périodes diurne et nocturne par le bureau d'études AEC en octobre 2018 alors que la centrale était en fonctionnement.

Points	Stations	Distance au site de forage (m)	Niveaux sonores ( $L_{Aeq, T}$ ) en dB centrale en marche		Niveaux sonores ( $L_{Aeq, T}$ ) en dB centrale à l'arrêt	
			Diurnes	Nocturnes	Diurnes	nocturnes
1	Portail entrée plateforme	145	52,5	55,5	41,5	59
2	Hangar plateforme	50	56	55	46	63,5
3	Chemin Descoudes	115	50	58,5	46,5	65,5
4	Chemin Descoudes, maison Caffa 1	65	41	55	39,5	63
5	Chemin Descoudes, maison Caffa 2	55	48	59	57,5	62,5
6	Chemin Descoudes, maison Caffa 3	98	48	62	51,5	63,5
7	Niveau maison Rodney	130	33,5	54	37	58
8	Maison route Hon Muscade	210	52,5	50,5	44,5	59,5
9	Chemin Descoudes	185	43	56,5	41	60
10	Chemin Descoudes, maison Lefort	220	49	56	49,5	60

Tableau 20 : Résultats des mesures acoustiques réalisées par le bureau d'études AEC en octobre 2018 autour du site de forage du puits BO-12 (voir Figure 52).

La Figure 51 montre les résultats des mesures acoustiques réalisées en périodes diurne et nocturne autour du site de forage du puits BO-12 alors que la centrale était en fonctionnement. Les niveaux sonores mesurés intègrent les différentes sources de bruits locaux (fonctionnement de la centrale, trafic routier sur la Route Nationale 2, bruits de la faune,...). Ils correspondent de fait au bruit résiduel qui sera à prendre en compte pour évaluer l'impact sonore des travaux de forage. Comme indiqué précédemment, les valeurs mesurées la nuit sont généralement supérieures à celles mesurées de jour.

### III.7. PAYSAGES ET PATRIMOINE

#### III.7.1 Paysages

##### III.7.1.1 Le site du puits BO-11

Le paysage autour du site du puits BO-11 est illustré sur la Figure 9 page 29. L'élément paysager dominant est la centrale géothermique et ses installations, en particulier les condenseurs barométriques des unités Bouillante 1 et 2 dont les hauteurs atteignent 18 mètres (Figure 55). En vue lointaine, les installations de la centrale marquent également le paysage (Figure 54).

En périphérie du site de forage, le tissu urbain de l'agglomération de Bouillante est constitué par un habitat pavillonnaire bas où se combinent bâtis et végétation arborée qui constitue des écrans paysagers efficaces, comme on peut le voir sur la photographie de la Figure 56.



Figure 55 : Vue du condenseur barométrique de l'unité Bouillante 1 depuis la rue Vanier.



Figure 54 : Vue distale du bourg de Bouillante depuis le point de vue de Falaise, où l'on distingue les installations de la centrale géothermique comme élément marquant du paysage.



Figure 56 : Exemple de végétation arborée en bordure du site de la centrale qui constitue un écran paysager efficace au niveau du site de forage du puits BO-11.

### III.7.1.2 Le site du puits BO-12

Le paysage autour du site du puits BO-12 est illustré par les Figure 14 et Figure 15 page 37. Il est dominé par la végétation semi-arbustive. Ce site est en contrebas du chemin Descoudes et localisé dans un creux topographique. Il est donc peu visible aussi bien en vue proximale qu'en vue distale, excepté pour les quelques habitations riveraines situées à proximité (voir Figure 47).

La Figure 57 illustre la végétation semi-arbustive qui occupe la parcelle AO 413 sur laquelle sera implanté le puits BO-12.



Figure 57 : Vue de la végétation semi-arbustive qui occupe la parcelle AO413 sur laquelle sera implanté le puits BO-12.

### III.7.2 Patrimoine archéologique

En 2009, la DRAC n'avait répertoriée aucun site archéologique au niveau des deux emplacements retenus pour implanter les puits BO-11 et BO-12.

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 m<sup>2</sup> peuvent donner lieu à la perception d'une redevance d'archéologie préventive en application des articles L.524-1 du Code du Patrimoine.

### III.7.3 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.

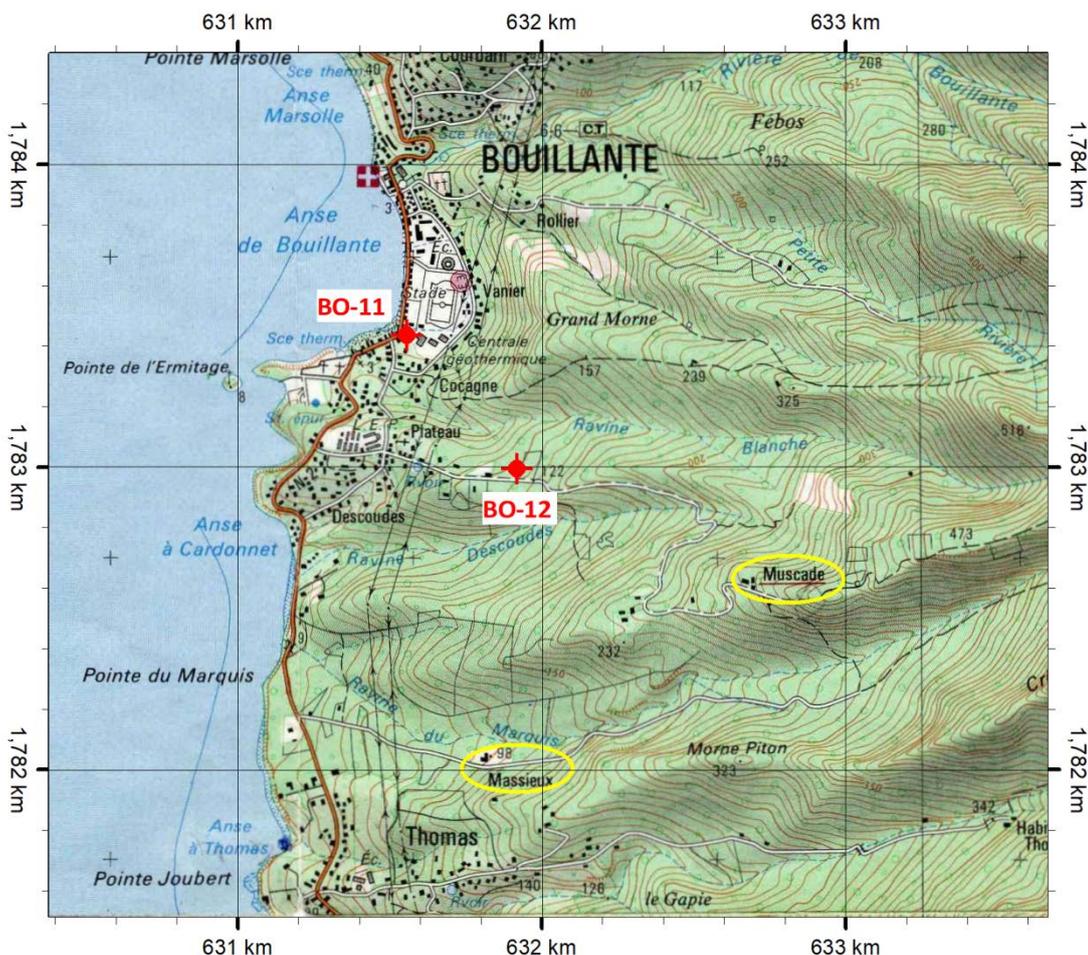


Figure 58 : Localisation des édifices de l’Habitation Muscade et de l’Habitation Massieux classés comme Monument historique.

### III.7.4 Monuments historiques

Deux édifices classés aux Monuments Historiques sont situés dans un rayon de 1 km autour des sites de travaux. Leur caractéristiques sont données dans le Tableau 21. Le monument historique le plus proche est l’habitation Muscade située sur les flancs des Pitons de Bouillante, à environ 850 m au sud-est du site de BO-12 (Figure 58). On y accède par le Chemin Descoudes. Il s’agit d’une ancienne habitation caféière.

Edifice	Type	Date de l'arrêté	Protection	Détail de la protection	Propriétaire	Occupation actuelle	Typologie d'origine
Habitation Massieux	ISMH	09/09/08	MHI	L'ensemble constitué des façades et toitures de la maison principale et ses deux cours (cad. AM128)	Société privée	Gîtes	Agricole
Habitation Muscade	CLMH	06/02/81	MHC	Les façades et la toiture (cad. AE 114)	Privé	Logement	Habitation caféière

Tableau 21 : Caractéristiques des deux édifices de Bouillante inscrits aux Monuments historiques et situés dans un rayon de 1 km autour des sites de travaux (d’après la DAC Guadeloupe).

L'autre Monument historique est l'Habitation Massieux située dans la petite vallée de la Ravine du Marquis, à environ 1 km au sud du site de BO-12. On y accède par une petite route qui donne sur la RN2.

### **III.8. PERTINENCE DU PROJET**

La décision de Géothermie Bouillante de forer de nouveaux puits et le choix de leur implantation s'appuie sur un certain nombre de critères techniques, économiques, environnementaux et sociaux, résumés ci-après.

#### **III.8.1 Critères économiques**

La Guadeloupe produit l'essentiel de son électricité à partir d'énergies fossiles importées (cf. §. II.7.2). 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 7). Ce moyen de production est indépendant des conditions climatiques ; ce qui en fait une source d'approvisionnement en électricité « en base ».

Par ailleurs, l'accroissement de la production de vapeur permettra d'optimiser le fonctionnement des installations existantes.

#### **III.8.2 Critères techniques**

Le choix de l'implantation des deux puits BO-11 et BO-12 est dicté par des considérations relatives à l'extension du réservoir en profondeur et à son accessibilité par forage.

Le puits BO-12 est destiné à être un puits producteur en complément des puits BO-5 et BO-6 et à prélever le fluide géothermal dans la même zone productrice du réservoir. C'est la raison pour laquelle il est implanté sur la plateforme actuelle des puits à proximité de BO-5 et BO-6 et que sa trajectoire est similaire (Figure 59).

Le puits BO-11 est destiné à être un puits injecteur en complément des puits BO-4 et BO-7. Il sera dédié à la réinjection de l'eau séparée à une température de 165°C environ dans le réservoir à un débit conséquent (200 t/h). Son implantation au niveau de la centrale facilitera sa connexion au réseau existant de conduites qui achemine l'eau séparée depuis le séparateur HP et supprimera le besoin de construire de nouvelles conduites à travers le bourg de Bouillante. Sa trajectoire dirigée vers le nord-est permettra de réinjecter l'eau séparée à une distance suffisante de la zone productrice mentionnée ci-dessus pour ne pas risquer de la refroidir (Figure 59). Cette configuration d'exploitation est illustrée sur le schéma de la Figure 60 avec une zone centrale dédiée à la production du fluide géothermal et des zones périphériques dédiées à la réinjection de l'eau séparée pour aider au maintien de la pression au sein du réservoir.

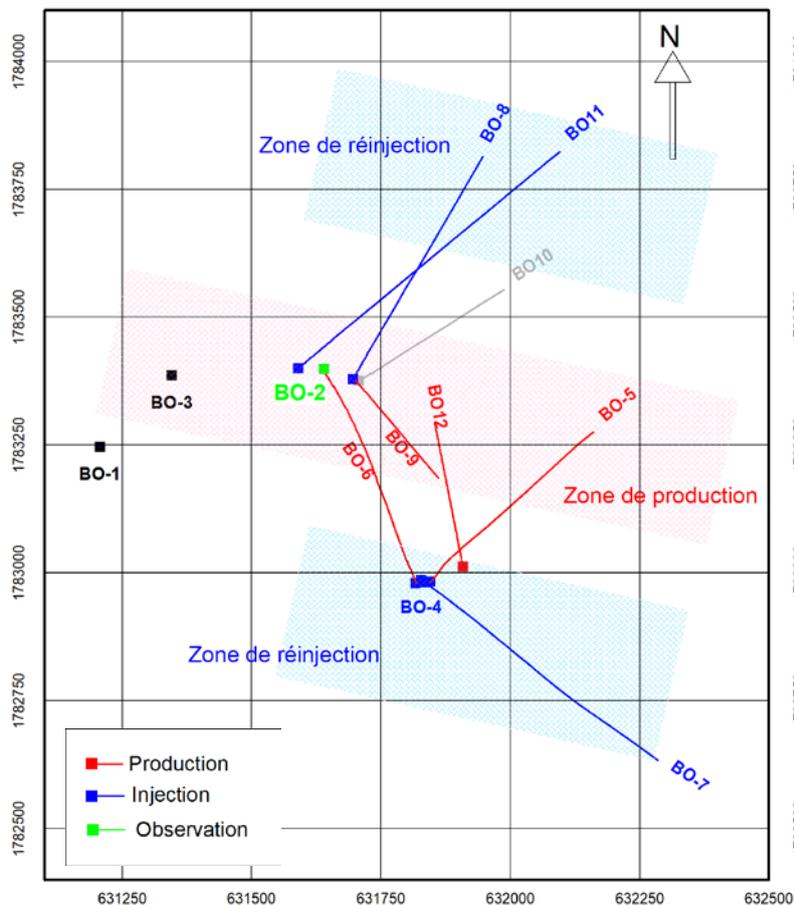


Figure 59 : Trajectoires des puits existants et des nouveaux puits BO-11 et BO-12 conduisant à une configuration d'exploitation du réservoir optimisée.

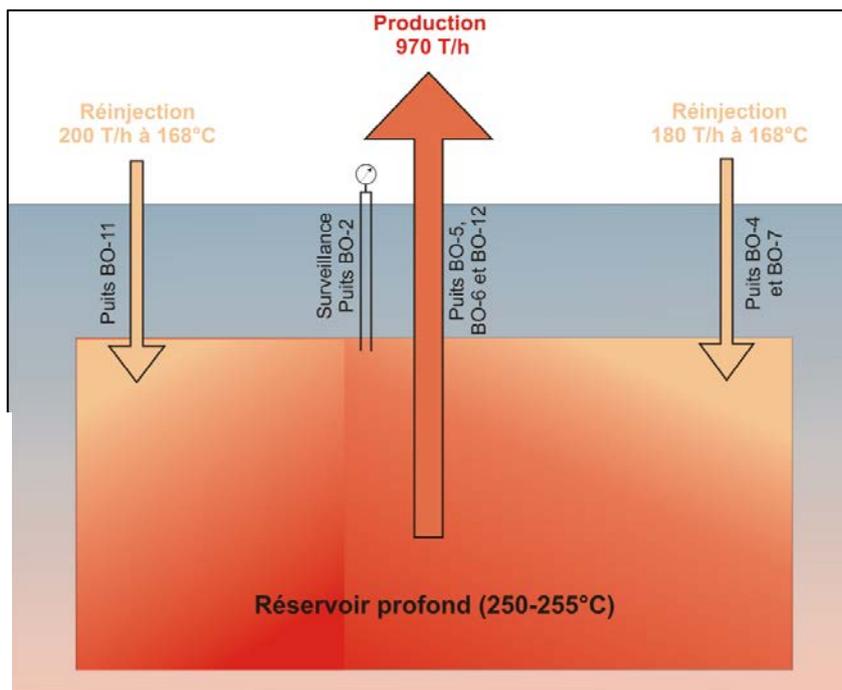


Figure 60 : Représentation schématique de la future configuration d'exploitation du réservoir géothermique de Bouillante envisagée à la suite du forage des puits BO-11 et BO-12.

### III.8.3 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 CO<sub>2</sub> 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.8.4 Critères sociaux

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 (Figure 61). Elle a également établi des conventions avec L'Université des Antilles pour soutenir des travaux de recherches de jeunes doctorants sur des thématiques en lien avec la géothermie.



Figure 61 : Jeunes ingénieurs guadeloupéen et haïtien en stage à la centrale de Bouillante (août 2018).





## IV. ANALYSE DES EFFETS DES TRAVAUX DE FORAGE ENVISAGÉS SUR L’ENVIRONNEMENT

La loi du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages a inscrit des principes forts dans le Code de l’Environnement et a enrichi la séquence ERC (Eviter, Réduire, Compenser les effets négatifs d’un projet). Il est de la responsabilité du maître d’ouvrage de préciser au niveau de l’étude d’impact les mesures qu’il envisage de mettre en œuvre pour préserver la biodiversité.

Ce chapitre analyse les effets potentiels des travaux de forage des deux puits BO-11 et BO-12 sur leur environnement et présente les mesures qui seront prises pour **Eviter, Réduire ou Compenser** les effets négatifs de ces travaux, en abordant successivement :

- 1) Les effets sur le milieu naturel terrestre ;
- 2) Les effets sur les sols ;
- 3) Les effets sur les eaux de surface ;
- 4) Les effets sur les aquifères profonds et les ressources en eau ;
- 5) Les effets sur le milieu marin de la baie de Bouillante ;
- 6) Les effets sur la qualité de l’air ;
- 7) Les effets sur les nuisances sonores ;
- 8) Les effets sur la circulation et les infrastructures ;
- 9) Les effets sur la sécurité des personnes ;
- 10) Les effets sur les risques naturels ;
- 11) Les effets des déchets et la propreté des sites ;
- 12) Les effets visuels sur les paysages ;
- 13) Les effets sur le patrimoine ;
- 14) Les effets sur les activités socio-économiques locales et régionales.

### IV.1. LES EFFETS POTENTIELS DES TRAVAUX SUR LE MILIEU NATUREL TERRESTRE

#### IV.1.1 Effets potentiels au niveau du site du puits BO-11

Le site du puits BO-11 est illustré sur les Figure 10, Figure 11, Figure 12 et Figure 56.

Le chantier de forage du puits BO-11 est situé à l’intérieur du périmètre de la centrale qui est un milieu fortement remanié par les activités humaines avec une faune et une flore fortement anthropisées. Les travaux d’aménagement de la plateforme de forage n’entraîneront donc pas de pertes d’espèces floristiques particulières ou d’habitat pour la faune.

Les nuisances sonores et la pollution lumineuse du chantier pourront affecter la faune environnante. Toutefois, cette faune est déjà soumise à un environnement urbain bruyant et lumineux et les nuisances temporaires du chantier ne devraient pas avoir d’effets notables.

La faune et la flore peuplant les espaces naturels protégés répertoriés sur la commune (voir Figure 44) sont éloignées du site et ne seront donc pas perturbées par le chantier de forage.

Les effets des travaux de forage du puits BO-11 sur le milieu naturel terrestre seront donc limités et aucune mesure particulière n’est envisagée.

## IV.1.2 Effets potentiels au niveau du site du puits BO-12

Le site de forage concernera principalement un secteur de la parcelle AO 413 dont la sensibilité environnementale est considérée comme nulle à faible. Toutefois, des impacts possibles sur la flore et la faune sont à prendre en compte. Ils ont été détaillés dans le rapport de Caraïbes Environnement (**Annexe 4**) et sont résumés ci-après.

### IV.1.2.1 Effets sur la flore

Le site du puits BO-12 est illustré sur les Figure 13,



Figure 14, Figure 15 et Figure 57. L’aménagement de la plateforme de forage nécessitera de défricher et terrasser une surface de l’ordre de 3 000 m<sup>2</sup> ; ce qui aura pour résultat de détruire des espèces végétales et les biotopes des espèces animale présentes. Toutefois, l’inventaire floristique n’a pas mis en évidence d’espèce végétale protégée ou en voie de disparition et la sensibilité écologique du site est considérée comme nulle à faible. Cette destruction locale de biotopes ne devrait donc pas avoir un impact significatif sur la biodiversité.

Les émissions temporaires de gaz H<sub>2</sub>S lors de l’essai de production de courte durée à la fin du forage pourraient entraîner des nécroses foliaires au niveau des arbres autour de la plateforme. Toutefois, le retour d’expérience des forages précédents a montré que ce phénomène était temporaire et que les feuilles retrouvaient rapidement leur aspect habituel.

Enfin, l’aménagement de cette plateforme ne créera pas de rupture écologique dans la mesure où elle se situe dans la continuité de la plateforme existante.

### IV.1.2.2 Effets sur la faune

Lors de l’aménagement de la plateforme :

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



Pendant les travaux de forage :

- ✓ les nuisances sonores (environ 80 dB(A) en limite de plateforme) du chantier qui fonctionnera 24hx24h éloigneront temporairement certaines espèces et perturberont la nidification ;
- ✓ Les nuisances lumineuses du chantier pourront également perturber et chasser la faune vers un habitat naturel moins perturbé. A contrario, elles pourront également attirer certaines espèces comme des insectes et leurs prédateurs (chauve-souris) ;
- ✓ La présence de déchets pourra attirer une faune de nuisibles (rats,...) ;
- ✓ Une pollution des eaux superficielles en lien avec des rejets du chantier pourrait entraîner la mortalité de certaines espèces vivant dans le sol ;
- ✓ La présence de bassin de stockage des boues de forage et du fluide géothermal pourra être une source d'intoxication potentielle pour la faune.

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

- ✓ Les émissions temporaires de gaz H<sub>2</sub>S lors de l'essai de production de courte durée à la fin du forage pourraient altérer la qualité de l'air et éloigner de façon temporaire les espèces animales.

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

- ✓ Il s'agit de travaux temporaires dont la durée est estimée à 3 mois seulement;
- ✓ La zone qui sera concernée par le défrichage et les travaux du chantier de forage est considérée comme ayant une sensibilité écologique faible. Elle possède une végétation partiellement dégradée par les prélèvements et par une anthropisation ancienne ;
- ✓ Comme pour la flore, l'aménagement de la plateforme ne créera pas de rupture écologique dans la mesure où elle se situe dans la continuité de la plateforme existante ;
- ✓ La faune (en particulier les oiseaux) aura la possibilité de trouver refuge dans la forêt à proximité ;
- ✓ La surface concernée sera limitée (3000 m<sup>2</sup> environ) et la destruction locale de biotopes ne devrait donc pas avoir un impact significatif sur la biodiversité ;
- ✓ La faune peuplant les espaces naturels protégés sur la commune sera éloignée du site et ne risque donc pas d'être perturbée par le chantier de forage.

### IV.1.3 Mesures envisagées

Les mesures suivantes sont envisagées pour **Eviter, Réduire, Compenser**, les effets négatifs du chantier de forage du puits BO-12 sur le milieu naturel terrestre. Elles ont été identifiées par Caraïbes Environnement dans son rapport (cf. **Annexe 4**).

#### IV.1.3.1 Mesures d'évitement

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

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



#### **IV.1.3.2 Mesures de réduction**

Le défrichage sera limité au strict minimum et à la zone d'Habitat 1 si possible, et soumis à l'avis d'un expert flore. Par ailleurs, des dossiers de demande de défrichage et de demande de dérogation pour destruction d'espèces protégées seront déposés auprès de la DEAL Guadeloupe.

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

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

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

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

#### **IV.1.3.3 Mesures de compensation**

En lien avec le défrichage, l'invasion du milieu naturel par les espèces exotiques envahissantes (EEE) identifiées lors de l'étude faunistique sera contrôlé ; l'objectif étant de participer au maintien ou au développement de la biodiversité.

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

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

Un suivi de la flore sur le pourtour de la plateforme sera mis en place pendant les travaux de forage afin d'évaluer l'impact des travaux (gaz d'échappement, émissions de vapeur et de gaz H<sub>2</sub>S, ...) et d'adapter éventuellement le projet.

### **IV.2. LES EFFETS POTENTIELS DES TRAVAUX SUR LE SOL**

#### **IV.2.1 Le site du puits BO-11**

Le sol de la centrale a déjà fait l'objet d'aménagements importants dans les années 1970 lors de la création d'une plateforme de forage pour le puits BO-2 puis ensuite lors de la construction de l'unité Bouillante 1.

Les travaux d'aménagement d'une plateforme pour le forage du puits BO-11, la construction d'une cave de 3 m de profondeur environ, ne constitueront donc pas un changement notable pour le sol.

#### **IV.2.2 Le site du puits BO-12**

L'aménagement de la plateforme de forage (terrassements, déblaiements au niveau du bassin (bourbier) et de la cave du puits, mise en place d'une semelle en béton imperméable, passages d'engins lourds sur le chemin d'accès,...) correspond à un changement de fonction et d'usage du



sol et à ce titre est à l’origine d’impacts dont les plus importants seront l’artificialisation et l’imperméabilisation du sol.

Il existe également un risque de pollution du sol par déversement d’hydrocarbures ou autres produits chimiques. Ce point sera traité plus loin au chapitre IV.3.

### **IV.2.3 Mesures envisagées**

Les mesures suivantes sont envisagées pour **Eviter, Réduire, Compenser**, les impacts des travaux sur le sol. Ce point concerne plus principalement les mesures qui seront prises en cas d’abandon des puits et de remise en état des plateformes, et plus particulièrement le site du puits BO-12.

#### **IV.2.3.1 Mesures de réduction**

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

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

Le bassin bétonné (bourbier) sera démoli et comblé ; les gravats seront dirigés vers un centre agréé.

Les parties bétonnées de la plateforme seront démolies et les gravats évacués vers un centre agréé.

#### **IV.2.3.2 Mesures de compensation**

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

## **IV.3. LES EFFETS POTENTIELS DES TRAVAUX DE FORAGE SUR LES EAUX DE SURFACE**

### **IV.3.1 Effets identifiés**

Lors des différentes étapes des travaux de forage des puits BO-11 et BO-12 (installation, forage, démantèlement), les activités de chantier sont susceptibles de donner lieu à :

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

Les Fiches de Données de Sécurité des principaux produits utilisés pour la fabrication du fluide de forage (Bentonite, baryte, carbonate de calcium, IDOS 130A) sont fournies dans l’**Annexe 6**.

Ces déversements accidentels sont susceptibles d’entraîner la pollution des eaux de surfaces et des sols au niveau des plateformes de forage.

A proximité du site BO-11, la présence de plusieurs sources thermales témoigne de la contamination et du réchauffement de la nappe phréatique par des remontées de fluide



géothermal et par des invasions marines. Le risque de pollution de la nappe phréatique par le déversement de fluide géothermal y est donc limité. De par son implantation dans une zone naturelle, le chantier de forage du puits BO-12 est plus susceptible d’impacter le milieu naturel à proximité.

Les deux sites de travaux (BO-11 et BO-12) sont à l’écart de cours d’eau pérennes et de zones humides. Le risque de pollution d’un cours d’eau est donc nul.

### IV.3.2 Mesures envisagées

Les mesures suivantes sont envisagées pour **Eviter, Réduire, Compenser**, les impacts des travaux sur les eaux de surface et le sol, et en particulier la pollution de ces eaux de surface.

#### IV.3.2.1 Mesures d’évitement

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

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

La boue de forage sera utilisée en circuit fermé.

Les aquifères superficiels seront protégés de la contamination éventuelle du fluide géothermal par la pose de 3 tubages emboîtés et leur cimentation (voir Figure 62).

Des bassins étanches (bourbiers) seront construits et des bacs étanches seront utilisés pour stocker les fluides et matériaux de forage (fluide de forage, déblais de forage, effluents divers). La Figure 63 montre l’un des bourbiers qui avait été aménagé sur la plateforme de forage des puits BO-5, BO-6 et BO-7 en 2000 et qui a été ensuite reconverti en bassin de rétention dans le cadre de l’exploitation de ces puits.

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

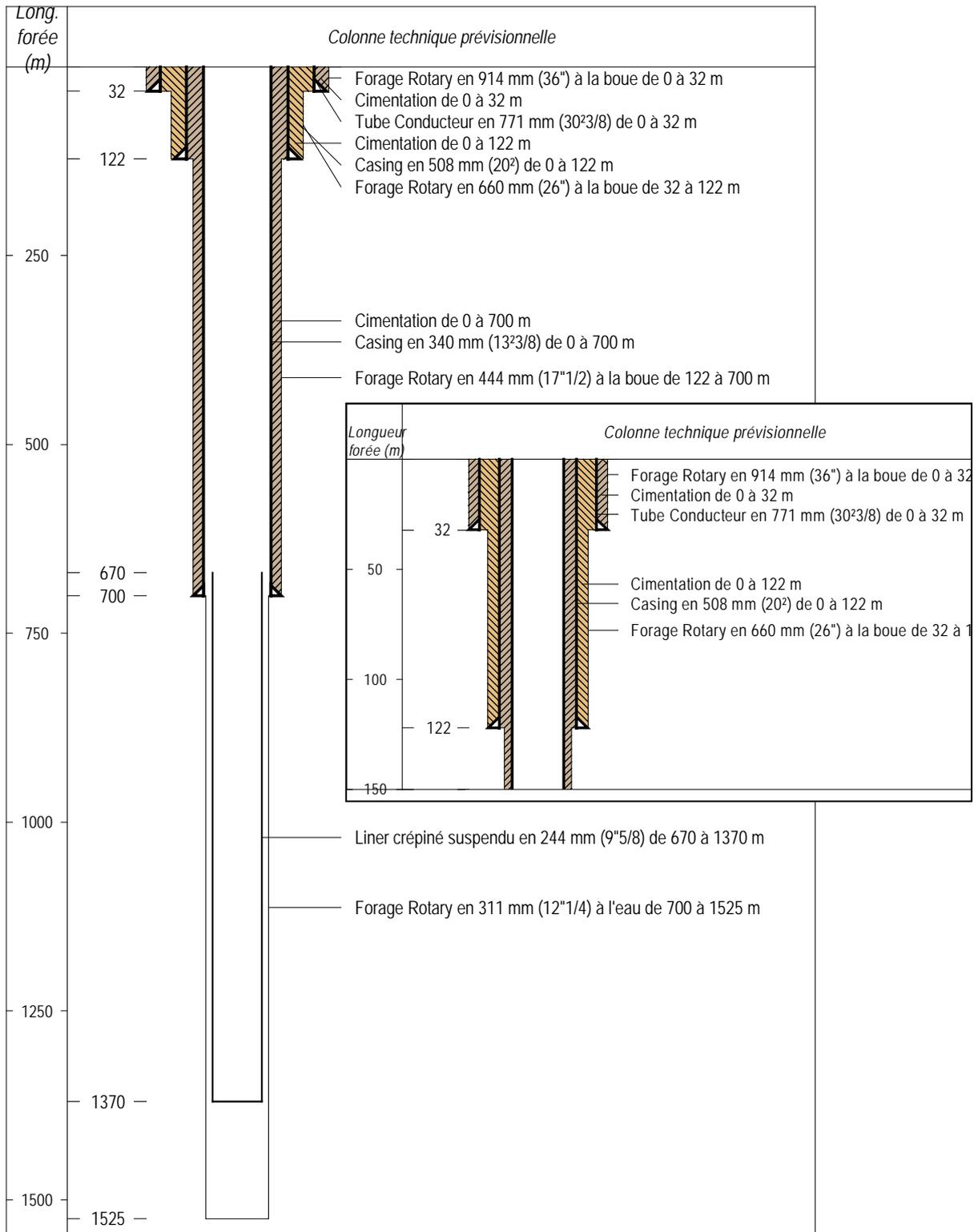


Figure 62 : Coupe technique prévisionnelle des puits, avec un détail de la partie supérieure des ouvrages (0-150 m) montrant les trois tubages emboîtés avec cimentation des annulaires.



Figure 63 : Bassin de rétention bétonné sur la plateforme des puits actuelle destiné à recueillir le fluide géothermal déchargé durant les phases transitoires d’ouverture et de chauffe des puits, et de maintien en température.  
(Il sera également utilisé lors du test de production du puits BO-12).

#### IV.3.2.2 Mesures de réduction

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

Le fluide géothermal qui sera produit lors des essais de production de courte durée sera rejeté dans le milieu naturel par l’intermédiaire des installations existantes de la centrale pour limiter son impact sur le milieu naturel :

- ✓ Le fluide géothermal qui sera déchargé lors des essais du puits BO-11 sera évacué vers l’un des bassins existants au niveau de la centrale puis rejeté en mer avec les effluents de la centrale par l’intermédiaire du canal bétonné (voir Figure 10 page 33);
- ✓ Le fluide géothermal qui sera déchargé lors de l’essai de production de courte durée du puits BO-12 sera évacuée vers le bassin de rétention existant sur la plateforme actuelle (Figure 63). De ce bassin, le trop-plein sera évacué via un caniveau dans la Ravine Blanche (voir Figure 13 page 36). Des rejets ponctuels de fluide géothermal ont déjà lieu dans la Ravine Blanche lors des phases transitoires d’arrêt et de remise en marche des installations. Lors des phases d’arrêt, les puits producteurs BO-5 et BO-6 sont maintenus en température grâce à un petit débit de fuite. Le fluide géothermal est déchargé dans un bassin de rétention situé sur la plateforme des puits. En cas de trop-plein, ce dernier est évacué vers la Ravine Blanche en contrebas de la plateforme des puits par un caniveau bétonné de 50 mètres de long environ. Le long du trajet, le fluide se refroidit à température ambiante. Ces opérations sont réalisées avec une fréquence d’environ 30 fois par an.



La Ravine Blanche n’est pas un cours d’eau permanent. Elle présente un écoulement seulement en cas de périodes de pluies intenses durant la saison cyclonique. Le rejet de fluide géothermal se fait donc habituellement sur le substrat sablo-caillouteux constituant le lit de la ravine. Le fluide s’infiltré dans le lit de la ravine jusqu’au niveau de la nappe phréatique. Au niveau du bourg de Bouillante, la nappe phréatique apparaît largement contaminée et réchauffée par des remontées de fluide géothermal profond et par des invasions marines si l’on se réfère à la composition des fluides délivrés par les sources thermales (cf. Tableau 8). L’impact des rejets ponctuels du fluide géothermal délivré par les puits producteurs BO-5 et BO-6 sur les eaux souterraines est donc insignifiant. De même, en raison de leur infiltration, ils n’ont pas d’impact significatif sur la faune et la flore dans la Ravine Blanche. Il en sera de même pour les rejets temporaires de fluide géothermal lors de l’essai de production de courte durée du puits BO-12.

#### **IV.4. LES EFFETS POTENTIELS DES TRAVAUX DE FORAGE SUR LES EAUX SOUTERRAINES ET LES RESSOURCES EN EAU**

##### **IV.4.1 Aquifères concernés**

Comme expliqué précédemment (cf. § III.2.3), les sites retenus pour implanter les puits BO-11 et BO-12 sont dépourvus de ressource en eau de surface ou souterraine exploitable pour l’alimentation en eau potable ou tout autre usage. La nappe phréatique et les aquifères profonds y sont largement contaminés et réchauffés par des remontées de fluide géothermal et par des invasions marines.

##### **IV.4.2 Mesures envisagées**

Il n’est *a priori* pas nécessaire d’envisager de mesures spécifiques vis-à-vis des eaux souterraines et des ressources en eau dans le cadre de ces travaux de forage dans la mesure où il n’y a aucun aquifère exploitable pour l’alimentation en eau potable ou l’irrigation dans la zone du projet. Toutefois, les mesures de prévention qui sont habituellement mises en œuvre pour protéger les eaux souterraines 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 (Figure 62);
- Un contrôle en continu des volumes de boue de forage perdus dans la formation, des venues d’eau dans les puits et des paramètres de la boue de forage seront effectués pour détecter l’intrusion de la boue de forage dans les aquifères traversés et ajuster en conséquence sa rhéologie;
- En cas d’abandon des puits, la mise en place de bouchons de ciment conformément à la réglementation isolera parfaitement le réservoir géothermal profond des aquifères superficiels.

##### **IV.4.3 Conformité des travaux de forage avec le SDAGE de la Guadeloupe**

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 des 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 potable ...

Les travaux de forage participeront à la gestion saine et économe de la ressource en eau dans la mesure où les besoins importants en eau lors de certaines phases de forage seront assurés par l’eau de mer ou le fluide géothermal. Lorsque les forages rencontreront des zones perméables, les pertes dans le terrain pourront s’élever à plusieurs dizaines de m<sup>3</sup>/h. Dans ce cas, l’eau de mer ou le fluide géothermal qui est présent au niveau de la centrale seront mobilisés.

Le réseau d’eau potable de la commune de Bouillante pourra être sollicité uniquement lorsque les besoins du forage seront faibles (5 à 10 m<sup>3</sup>/jour) et pour les besoins en eau potable et eau sanitaire des chantiers, évalués à quelques mètres cubes par jour.

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

Les deux sites des travaux de forage sont implantés à l’écart de tout ouvrage (captage en rivière, forage) de production d’eau potable. 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 1 page 20). Il n’y a donc aucun risque de contamination de ce captage et de la rivière qui l’alimente par les travaux de forage.

Au niveau du bourg de Bouillante, se trouvent deux réservoirs d’eau : celui de l’Ecole (500 m<sup>3</sup>) situé à environ 350 m du site du puits BO-11 et celui de Plateau (100 m<sup>3</sup>) situé à environ 300 m du site de BO-12 (Figure 21 page 45).

Les travaux n’interféreront donc en aucune manière avec cette orientation du SDAGE.

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

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

- 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 (Figure 62) ;
- Les eaux pluviales des plateformes de forage seront drainées et évacuées vers des dispositifs déboureur-déshuileur avant leur rejet dans le milieu naturel ;
- Les huiles, lubrifiants, produits chimiques, seront stockés de façon appropriée dans des bacs de rétention pour éviter toute pollution par suintement ou déversement ;
- Le fluide géothermal qui sera déchargé lors des essais du puits BO-11 sera évacué vers des bassins étanches au niveau de la centrale puis rejeté en mer avec les effluents de la centrale par l’intermédiaire du canal bétonné. Le fluide géothermal qui sera déchargé lors de l’essai de production de courte durée du puits BO-12 sera rejeté dans la ravine Blanche sans causer d’impact significatif sur les aquifères superficiels ;



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

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

Les travaux de forage ne contre-interviendront en aucune façon avec cette orientation du SDAGE.

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

Les travaux de forage n’augmenteront en aucune façon les risques de glissement de terrain, d’inondation, de crue, ...

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.

**En conclusion, les travaux de forage de ces deux puits sont en conformité avec les orientations du SDAGE de la Guadeloupe.**

## IV.5. LES EFFETS POTENTIELS DES TRAVAUX DE FORAGE SUR LE MILIEU MARIN DE LA BAIE DE BOUILLANTE

### IV.5.1 Le site du puits BO-11

Le site des travaux de forage du puits BO-11 est situé à une distance de 130 m environ du bord de mer (voir Figure 11 page 34) et à une altitude de 3,5 m au-dessus du niveau de la mer. Malgré cette proximité, il n’y aura pas d’interaction directe entre le milieu marin et les travaux de forage.

Seuls, le test de production de courte durée (2 jours) qui sera réalisé à la fin du forage interférera de façon indirecte avec le milieu marin. Il délivrera du fluide géothermal qui sera évacué vers les installations existantes de la centrale (bassin du condenseur atmosphérique). Il sera mélangé avec les effluents de la centrale et rejeté dans la baie de Bouillante. Cet ajout temporaire n’aura toutefois pas de conséquence notable dans la mesure où le débit de fluide géothermal produit par le puits BO-11 (200-300 t/h maximum) restera marginal par rapport au volume des effluents de la centrale rejetés (8 800 m<sup>3</sup>/h ; Tableau 6).

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.

#### IV.5.1.1 Mesures de réduction des effets

Afin de limiter les effets sur le milieu marin, le fluide géothermal déchargé lors de l’essai de production du puits BO-11 sera mélangé aux effluents de la centrale avant d’être rejeté en mer via le canal de rejet. Cette utilisation des installations existantes contribuera grandement à réduire l’impact du fluide géothermal sur le milieu marin, dont le rejet se fera en conformité avec les prescriptions de l’arrêté préfectoral en vigueur. L’impact sera donc insignifiant.



#### **IV.5.2 Le site du puits BO-12**

Le site du puits BO-12 est situé à environ 625 m du bord de mer et à une altitude de 95 m (voir par exemple la Figure 58 page 89). Les travaux de forage sur ce site n’auront pas d’effet direct ou indirect sur le milieu marin.

### **IV.6. LES EFFETS POTENTIELS SUR LA QUALITE DE L’AIR**

#### **IV.6.1 Effets identifiés**

Les principaux rejets atmosphériques susceptibles d’altérer la qualité de l’air au niveau des deux chantiers de forage sont les suivants :

- les émissions de poussières ;
- les émissions de gaz d’échappement;
- les émissions de gaz présents dans le fluide géothermal.

#### **IV.6.2 Les émissions de poussières**

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

*Mesure d’évitement* : Pour limiter l’émission et la dispersion des poussières au niveau des habitations environnantes, un arrosage de la plateforme de forage sera réalisé lors des périodes sèches et ventées.

#### **IV.6.3 Les émissions de gaz d’échappement**

Les émissions de gaz d’échappement concerneront les moteurs thermiques (engins de chantier, groupes électrogènes alimentant l’appareil de forage). Les gaz émis seront essentiellement du gaz carbonique CO<sub>2</sub>, du monoxyde de carbone CO, du dioxyde d’azote NO<sub>2</sub>, de l’ozone O<sub>3</sub> et des poussières (suie de diesel). Les émissions et les rejets gazeux resteront toutefois temporaires et négligeables par rapport aux émissions générées par la circulation automobile (cf. § III.2.6). Par ailleurs, il convient de signaler qu’aucun obstacle ne viendra entraver la libre circulation de l’air au niveau des échappements et ne créera de phénomène de confinement.

*Mesure de réduction* : Les engins de chantier répondront à la réglementation concernant les émissions de gaz d’échappement.

#### **IV.6.4 Les émissions de gaz présents dans le fluide géothermal de Bouillante**

##### **IV.6.4.1 Nature des gaz émis**

Le fluide géothermal de Bouillante contient des gaz incondensables qui sont dissous au niveau du réservoir. Lorsque ce fluide est déchargé à l’atmosphère et se vaporise partiellement, ces gaz sont libérés et se concentrent dans la phase vapeur.

Gaz	Concentration des gaz (mg/kg vapeur)	Pourcentage pondéral (%)
CO <sub>2</sub>	4700	95,2
H <sub>2</sub> S	103	2,1
H <sub>2</sub>	0,19	<0,001
N <sub>2</sub>	127	2,6
Ar	2,18	<0,001
O <sub>2</sub>	<0,001	<0,001
CH <sub>4</sub>	6,41	0,001

Tableau 22 : Concentration des gaz incondensables présents dans la phase vapeur délivrée par les puits BO-5 et BO-6 à la sortie du séparateur HP à une pression de 6,5 bars-a le 06/02/2018 (Prélèvement et analyse par ISOR).

La teneur de ces gaz incondensables dans le fluide géothermal de Bouillante est très faible. Dans le panache de vapeur déchargé à l’atmosphère, elle est de l’ordre de 0,25% à 0,35% en poids. Au niveau du réservoir, elle est de l’ordre de 0,08 à 0,1% en poids seulement.

La composition de ces gaz incondensables est indiquée dans le Tableau 22. Le gaz carbonique CO<sub>2</sub> est prédominant et représente plus de 90%. Les autres gaz sont très minoritaires. Parmi ces derniers, seul l’hydrogène sulfuré H<sub>2</sub>S est susceptible d’avoir un effet sur l’environnement. Il est une source de nuisances olfactives à très faible concentration (odeur « d’œuf pourri »). A forte concentration, il est potentiellement dangereux et présente deux risques pour l’homme :

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

Le sulfure d’hydrogène est présent en quantité très faible dans le fluide géothermal de Bouillante. Il représente seulement 2% à 3% (en poids) des gaz incondensables (Tableau 22) qui eux-mêmes ne représentent que 0,25% à 0,35% (en poids) de la phase vapeur lorsque le fluide est déchargé à l’atmosphère, qui elle-même ne représente qu’environ 30% (en poids) du fluide géothermal.

Sur la base de ces données, le calcul montre que le gaz H<sub>2</sub>S ne représente qu’environ 0,002% (en poids) du fluide géothermal déchargé à l’atmosphère.

#### IV.6.4.2 Seuil olfactif et nuisances olfactives

Selon les études, le seuil olfactif de l’hydrogène sulfuré est très bas et compris entre 0,5 ppb et 10 ppb (0,7 à 14 µg/m<sup>3</sup>). Des concentrations très faibles, inférieures à la Valeur Toxicologiques de Référence pour une exposition chronique à l’hydrogène sulfuré par voie d’inhalation (2 µg/m<sup>3</sup>), peuvent donc être ressenties et constituer une nuisance environnementale.

Cette nuisance environnementale est déjà présente à Bouillante en particulier à proximité du canal de rejet qui évacue les effluents de la centrale dans la baie de Bouillante. Les condensats de vapeur et la phase liquide du fluide géothermal (eau séparée) qui sont présents dans les effluents contiennent encore une fraction très faible d’hydrogène sulfuré qui va dégazer au cours du trajet dans le canal de rejet. L’intensité de l’odeur est variable selon les paramètres météorologiques.

#### IV.6.4.3 Données toxicologiques concernant l’hydrogène sulfuré H<sub>2</sub>S

L’INERIS a mis à jour la fiche de données toxicologiques et environnementales de l’Hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) en date du 29/09/2011 (voir **Annexe 7**). Ce gaz H<sub>2</sub>S est à l’origine de nuisances olfactives et est potentiellement dangereux pour la santé.

Les effets de l’hydrogène sulfuré sur l’homme sont résumés dans le Tableau 23. L’intoxication humaine a lieu essentiellement par voie respiratoire.

L’INERIS a établi différents seuils de toxicité aiguë pour les émissions accidentelles d’hydrogène sulfuré dans l’atmosphère (Tableau 24). La nocivité du sulfure d’hydrogène pour l’homme est fonction du temps d’exposition de l’individu et de la concentration en H<sub>2</sub>S dans l’air.

Concentrations		Durée d’exposition	Effets
(mg/m <sup>3</sup> )	ppm		
0,0007-0,014	0,0005 – 0,10	< 1 minute	Seuil olfactif
16 - 32	11,5 -23	Plusieurs heures	Irritation des yeux
70 - 140	50 - 101	>1 heure	Irritations des muqueuses oculaires et respiratoires
225 - 300	162 - 216	2 – 15 minutes	Perte de l’odorat
112 210 448	80 150 320	1 heure 10 minutes 1 minute	Seuils d’effets irréversibles
521 963 2 129	372 688 1 521	1 heure 10 minutes 1 minute	Seuils d’effets létaux

Tableau 23 : Relation dose/effets sur l’homme pour l’hydrogène sulfuré (INERIS, 2011).

Concentration	Temps (min.)				
	1	10	20	30	60
<b>Seuil des effets létaux significatifs – SELS</b>					
· mg/m <sup>3</sup>	2 408	1 077	847	736	580
· ppm	1 720	769	605	526	414
<b>Seuil des premiers effets létaux – SPEL</b>					
· mg/m <sup>3</sup>	2 129	963	759	661	521
· ppm	1 521	688	542	472	372
<b>Seuil des effets irréversibles – SEI</b>					
· mg/m <sup>3</sup>	448	210	161	140	112
· ppm	320	150	115	100	80
<b>Seuil des effets réversibles – SER</b>					
· mg/m <sup>3</sup>	ND	ND	ND	ND	ND
· ppm	ND	ND	ND	ND	ND

ND: Non déterminé

Tableau 24 : Seuils de toxicité aiguë pour les émissions accidentelles d’hydrogène sulfuré en fonction de la dose et du temps d’exposition d’après l’INERIS.

#### IV.6.4.4 Valeurs limites d’exposition professionnelle

Des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) contraignantes dans l'air des lieux de travail ont été établies en France pour le sulfure d'hydrogène (art. R. 4412-149 du Code du travail). Deux types de valeurs limites d'exposition professionnelle ont été définies (Tableau 25) :

- Les Valeurs Limites de Courte Durée (VLCT) mesurées sur des périodes de 15 mn. Elles sont destinées à éviter les effets toxiques dus à des pics d’exposition (exposition sur une courte durée) ;
- Les valeurs limites d’exposition (VLEP) mesurées sur des périodes de 8 heures sont destinées à protéger les salariés des effets différés des polluants.

Une VLEP peut être dépassée sur de courtes périodes, à condition de ne pas dépasser la VLCT correspondante. En cas de dépassement d’une valeur limite d’exposition professionnelle :

- le dépassement d’une valeur contraignante doit entraîner l’arrêt du travail aux postes de travail concernés, jusqu’à la mise en œuvre des mesures propres à assurer la protection des salariés ;
- Le dépassement d’une valeur indicative doit amener à procéder à une nouvelle évaluation des risques, afin de déterminer des mesures de prévention et de protection adaptées.

Ces valeurs limites d’exposition professionnelles s’appliqueront aux personnels présents sur la plateforme de forage pendant le forage puis le test de production de courte durée des deux puits BO-11 et BO-12.

	VLEP 8h		VLCT 15mn	
	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>
France	5	7	10	14
USA	1	1,4	5	7
Allemagne	5	7,1	-	-

Tableau 25 : Valeurs limites d’exposition professionnelle à l’hydrogène sulfuré dans différents pays.

#### IV.6.4.5 Valeurs toxicologiques de référence

Une valeur toxicologique de référence (VTR) est établie à partir de la relation entre une dose externe d'exposition à une substance dangereuse et la survenue d'un effet néfaste. Les valeurs toxicologiques de référence proviennent de différents organismes dont la notoriété internationale est variable (Tableau 26).

##### Exposition aiguë

Deux organismes proposent des valeurs pour une durée d’exposition comprise entre un et plusieurs jours, l’OMS et l’ATSDR. La valeur de l’ATSDR est plus transparente. Les deux valeurs sont très proches pour des effets très sensibles. Elles sont toutes les deux basées sur des études chez l’homme. Celle de l’ATSDR est réalisée sur une population sensible. Pour ces raisons, l’INERIS retient la valeur de l’ATSDR.

L'INERIS propose de retenir la valeur de 0,1 mg/m<sup>3</sup> (0,07 ppm) pour une exposition aiguë au sulfure d’hydrogène par inhalation (Tableau 27).

### Exposition sub-chronique

Cette valeur est élaborée à partir d’une étude expérimentale de bonne qualité (Brenneman et al., 2000). La construction de la VTR est transparente et l’application des facteurs d’incertitude adaptée. Cette valeur est élaborée de manière tout à fait identique à la VTR chronique de l’US EPA, la seule différence réside dans le choix du facteur d’incertitude du fait de l’exposition sub-chronique. L’ATSDR propose une valeur pour une exposition sub-chronique alors que l’US EPA retient une valeur pour une exposition chronique et prend donc un facteur d’incertitude supplémentaire de 10. Cette valeur apparaît sécuritaire de l’effet hypothétique chez l’homme et l’utilisation de facteur d’incertitude élevé. Cette valeur de l’ATSDR est donc retenue.

L’INERIS propose de retenir la valeur de 0,03 mg/m<sup>3</sup> (0,02 ppm) pour une exposition sub-chronique au sulfure d’hydrogène par inhalation (Tableau 27).

### Exposition chronique

Deux organismes proposent des valeurs pour des expositions chroniques : l’US EPA et l’OEHHA. Ces valeurs sont basées sur deux études différentes mais qui rapportent des effets pour des niveaux d’exposition proches et pour des durées similaires. Comme signalé ci-dessus, la démarche retenue par l’ATSDR pour l’élaboration d’une valeur pour une exposition sub-chronique est identique à celle de l’US EPA. La démarche de l’OEHHA est identique mais basée sur une étude plus ancienne menée chez la souris. Enfin, pour l’extrapolation de l’exposition sub-chronique à chronique, l’US EPA retient un facteur de 10 alors que l’OEHHA considère qu’un facteur de 3 est suffisant. Pour ces raisons, la valeur de l’US EPA est retenue.

L’INERIS propose de retenir la valeur de 0,002 mg/m<sup>3</sup> ou 2 µg/m<sup>3</sup> (0,0014 ppm ou 1,4 ppb) pour une exposition chronique au sulfure d’hydrogène par inhalation (Tableau 27).

Substances chimiques	Source	Voie d’exposition	Facteur d’incertitude	Valeur de référence	Année de révision
Sulfure d’hydrogène (7783-06-4)	ATSDR	Inhalation (aiguë)	27	MRL= 0,07 ppm (0,1 mg.m <sup>-3</sup> )	2006
	OEHHA	Inhalation (aiguë - 1 h)	1	42.10 <sup>-3</sup> mg.m <sup>-3</sup>	2008
	OMS	Inhalation (aiguë - 24 h)	100	VG = 0,15 mg.m <sup>-3</sup>	2000
	ATSDR	Inhalation (sub-chronique)	30	MRL= 0,02 ppm (0,03 mg.m <sup>-3</sup> )	2006
	US EPA IRIS	Inhalation (chronique)	300	RfC = 2.10 <sup>-3</sup> mg.m <sup>-3</sup>	2003
	OEHHA	Inhalation (Chronique)	100	10.10 <sup>-3</sup> mg.m <sup>-3</sup>	2000

Tableau 26 : Valeurs toxicologiques de références considérées par l’INERIS (2011).

ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry, basée à Atlanta, Georgie, est une agence publique du Département de la Santé des USA.

OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment, Californie.

US EPA IRIS : US Environmental Protection Agency, Integrated Risk Information System.

Substances chimiques	Effets	Voie d'exposition	Facteur d'incertitude	Valeur de référence	Source	Année de révision
Sulfure d'hydrogène (7783-06-4)	A seuil	Inhalation (chronique)	300	RfC = 0,002 mg.m <sup>-3</sup>	US EPA IRIS, 2003	2011
		Inhalation (sub-chronique)	30	MRL= 0,03 mg.m <sup>-3</sup>	ATSDR, 2006	2011
		Inhalation (aiguë)	27	MRL= 0,1 mg.m <sup>-3</sup>	ATSDR, 2006	2011

Tableau 27 : Valeurs toxicologiques pour l'exposition humaine à l'hydrogène sulfuré retenues par l'INERIS dans sa mise à jour de 2011.

#### IV.6.4.6 Concentrations en gaz H<sub>2</sub>S attendues pendant les travaux

Les émissions de gaz H<sub>2</sub>S à l'atmosphère sont susceptibles de se produire :

- ⇒ Pendant les opérations de forage lors de la traversée d'horizons potentiellement productifs et pouvant donner lieu à des venues éruptives de fluide ;
- ⇒ Lors du test de production de courte durée des puits qui sera réalisé à la fin du forage et qui donnera lieu à la décharge du fluide géothermal dans un séparateur et à la dispersion d'un panache de vapeur et de gaz dans l'atmosphère (voir Figure 64).

##### IV.6.4.6.1 Pendant les opérations de forage

Pendant les opérations normales de forage, il n'y a pas d'émission de gaz H<sub>2</sub>S au niveau du plancher de la machine de forage et des bacs de circulation du fluide de foration. En effet, le fluide de foration circulant dans le puits et qui est initialement dépourvu d'H<sub>2</sub>S, a une capacité à absorber le gaz H<sub>2</sub>S présent en faible teneur, sans que ce dernier soit libéré lors du retour du fluide de foration en surface. De plus, le caractère basique (pH>8) du fluide de foration favorise la solubilité de H<sub>2</sub>S.

L'émission de gaz H<sub>2</sub>S à l'atmosphère est susceptible de se produire seulement en cas de venue éruptive de fluide lors de la traversée d'horizons potentiellement producteurs.

Sur la base de la teneur en H<sub>2</sub>S du fluide géothermal de Bouillante (cf. § IV.6.4.1), le calcul montre que la concentration maximale en H<sub>2</sub>S dans le panache d'eau et de vapeur qui serait expulsé du puits serait de l'ordre de 65 ppm. L'exposition à cette teneur est susceptible de provoquer une irritation des muqueuses oculaires et respiratoires pour oculaires, pour une durée d'exposition supérieure à 1 heure (cf. Tableau 23 et Tableau 24).

##### IV.6.4.6.2 Lors du test de production de courte durée

Lors du test de production de courte durée, le fluide géothermal est déchargé dans un séparateur atmosphérique (Figure 64). La concentration maximale en H<sub>2</sub>S dans le panache de vapeur à la sortie du séparateur sera également de l'ordre de 65 ppm. Il est entraîné dans le panache de vapeur ascendant et il est dilué progressivement dans l'air. Il en résulte que sa concentration au niveau de la plateforme du forage est généralement insignifiante.

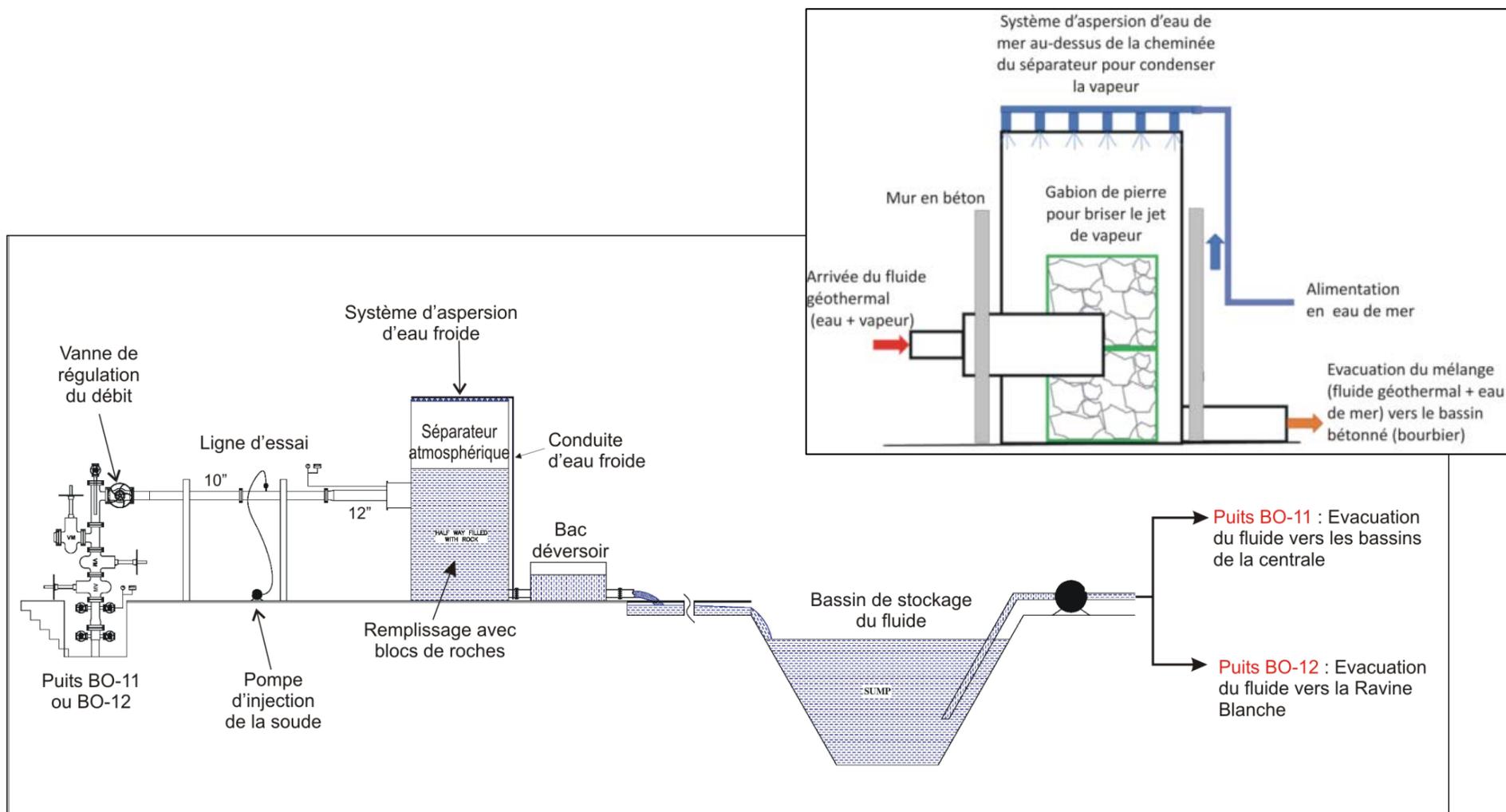


Figure 64 : Schéma de la ligne d'essai utilisée pour les essais de production des puits BO-11 et BO-12 montrant le dispositif d'injection de soude pour neutraliser le gaz H<sub>2</sub>S si nécessaire (d'après un document de Ormat).

Encart : Détails des aménagements apportés au séparateur atmosphérique afin de réduire les nuisances sonores et visuelles liées à la décharge du fluide géothermal.



#### IV.6.4.6.3 Retour d'expérience

**A titre de retour d'expérience**, les travaux de forage et les tests de production des 7 puits (BO-1 à BO-7) qui ont été forés à Bouillante entre 1970 et 2001 ont montré que la teneur en H<sub>2</sub>S au niveau de la plateforme pendant les opérations de forage et lors des tests de production était faible et n'avait représenté aucune gêne et aucun danger pour les personnels du chantier et les riverains des plateformes.

#### IV.6.4.7 Les mesures envisagées concernant l'hydrogène sulfuré

Les mesures suivantes sont envisagées pour **Eviter, Réduire ou Compenser** les effets de l'hydrogène sulfuré sur l'environnement et plus particulièrement sur le milieu humain.

##### IV.6.4.7.1 Mesures d'évitement

Pendant les opérations de forage :

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

Pendant les opérations de forage et les tests de production, des mesures de prévention seront appliquées pour surveiller les émissions de gaz H<sub>2</sub>S dans l'atmosphère :

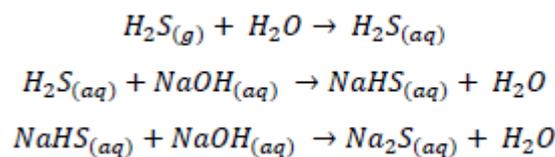
- ✓ Des détecteurs d'H<sub>2</sub>S seront mis en place en plusieurs endroits de la plateforme des puits afin de surveiller la concentration en H<sub>2</sub>S dans l'atmosphère et alerter en cas de dépassement des valeurs réglementaires. Les seuils d'alarme sont réglés sur 10 ppm (Valeur VLCT : Valeur Limite de Courte durée) ;
- ✓ Des masques à gaz individuels, munis de cartouches filtres pour le sulfure d'hydrogène, seront disponibles en permanence ;
- ✓ Deux appareils respiratoires autonomes avec bouteille de recharge seront disponibles sur le chantier. Le personnel sera formé à utiliser ces appareils et à intervenir en cas de venue de gaz ;
- ✓ Les responsables du chantier disposeront également de détecteurs individuels qui pourront être utilisés pour réaliser des mesures ponctuelles en tout autre endroit du chantier ou des habitations les plus proches ;
- ✓ Une manche à air sera installée en un point visible du chantier pour indiquer la direction du vent en cas de nécessité d'évacuation du chantier qui se fera toujours dans la direction « au vent » ;
- ✓ Le personnel sera informé au début des essais des risques afférents au gaz H<sub>2</sub>S et à la conduite à tenir.

#### IV.6.4.7.2 Mesures de réduction

Pendant les tests de production :

- ✓ Lors du dégorgeage et de l’essai de production de courte durée des puits, un système de traitement du gaz H<sub>2</sub>S sera mis en place à titre préventif sur la ligne d’essai (voir Figure 64), permettant si nécessaire l’injection de soude caustique ou d’eau de javel (ou de tout autre oxydant puissant) dans la conduite de décharge pour neutraliser ce gaz avant la décharge du fluide géothermal à l’atmosphère.

Le système de traitement qui sera mis en place pour neutraliser le gaz H<sub>2</sub>S utilisera de l’eau de javel ou de la soude caustique liquide (NaOH). 2 moles de NaOH pour 1 mole de H<sub>2</sub>S seront injectées. L’élimination du gaz H<sub>2</sub>S se fera selon les réactions suivantes :



Avec ce traitement, la concentration de gaz H<sub>2</sub>S dans le panache de vapeur sera fortement réduite et proche de zéro.

L’injection de la soude se fera grâce à un piquage sur la ligne d’essai entre la tête de puits et le séparateur atmosphérique (Figure 64). Une pompe ayant un débit de l’ordre de 25 L/h sera installée. Elle injectera à un débit de 10 L/h une solution contenant 50% en poids de NaOH.

## IV.7. LES IMPACTS POTENTIELS DES TRAVAUX EN TERMES DE NUISANCES SONORES

### IV.7.1 Règlementation

#### IV.7.1.1 Règlementation relative au personnel de 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.7.1.2 Règlementation relative au bruit de voisinage

La réglementation applicable aux travaux de forage s'appuie sur le décret n°2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique (Dispositions réglementaires).

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 28). Pour les valeurs inférieures à 30 dB(A), l'émergence sonore ne sera pas recherchée.

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

Tableau 28 : Valeurs d'émergences maximales admissibles.

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<sup>ième</sup> 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.

## IV.7.2 Les nuisances sonores générées par des travaux de forage

### IV.7.2.1 Le fonctionnement d'un chantier de forage

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

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

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

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

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

### IV.7.2.2 Les sources de bruit

Les nuisances sonores générées par le chantier sont liées principalement à l'utilisation de moteurs et de compresseurs qui fonctionneront en continu 24x24h.

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.

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

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.7.2.3 Populations concernées par les nuisances sonores

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 riverains proches du site des travaux. La Figure 65 montre la localisation des douze riverains les plus proches du chantier de forage ;
- Les visiteurs occasionnels du chantier de forage ;
- Les piétons empruntant les voies de circulation à proximité des chantiers de forages.



Figure 65 : Représentation des niveaux de bruit générés par la machine de forage en fonction de la distance autour du site du puits BO-11, en **l’absence de mesures correctrices** (Document Ormat).

#### IV.7.2.4 Evaluation du niveau de bruit généré par l’appareil de forage

D’après les données du constructeur, les niveaux de bruit généré par l’appareil de forage qui sera mis en œuvre pour forer les puits BO-11 et BO-12 sont les suivants en fonction de la distance à la machine :

- 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.

A titre d’exemple, ces niveaux de bruits ont été reportés sur une photographie aérienne du site afin de visualiser l’impact autour du site du puits BO-11 (Figure 65). On constate ainsi que quelques riverains pourraient être exposés à un niveau de bruit de l’ordre de 65 dB en **l’absence de mesures correctrices**.

A titre de comparaison, un niveau sonore de 65 dB correspond selon l’Ademe au bruit d’une salle de classe (Figure 66).

#### IV.7.3 Incidence des travaux de forage sur le bruit autour du site du puits BO-11

Les niveaux sonores mesurés avec la centrale en fonctionnement au cours de la dernière campagne de mesure réalisée en octobre 2018 sont considérés comme représentatif du bruit ambiant au niveau et aux alentours du site de BO-11 (cf. Tableau 19 et Figure 51).

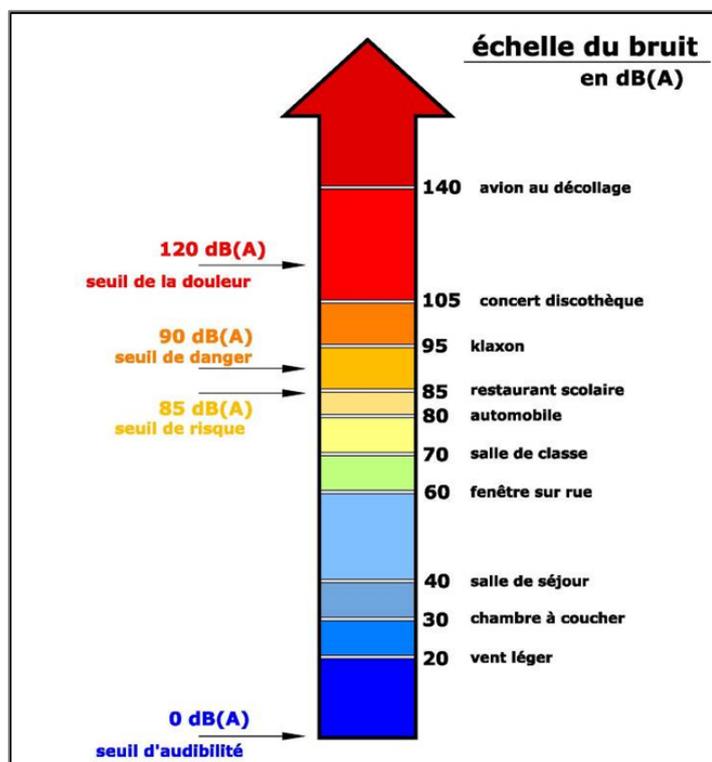


Figure 66 : Echelle du bruit en dB(A) (source ADEME)

### IV.7.3.1 Incidence diurne

Afin d’évaluer l’incidence environnementale diurne des travaux, les niveaux sonores mesurés autour du site de forage en période diurne (Tableau 19) ont été superposés à la carte de niveaux de bruit générés par l’appareil de forage (Figure 65). Ceci a permis d’évaluer les niveaux d’émergence sonore diurnes théoriques avant application de mesures correctrices, qui ont été reportés sur la Figure 67 et le Tableau 29. En bordure immédiate du chantier de forage qui correspondra à la limite de propriété, les niveaux d’émergence sont élevés et compris entre 18 et 25 dB(A). Pour les autres points de mesures situés en zone d’émergence réglementée (ZER), on constate que les niveaux d’émergences diurnes avant application de mesures correctrices sont compris entre 1 dB(A) et 17 dB(A), et donc pour certains supérieurs à l’émergence admissible de 5 dB(A) en période diurne (cf. § IV.7.1.2).

### IV.7.3.2 Incidence nocturne

Les niveaux sonores mesurés autour du site de forage en période nocturne (Tableau 19) ont été superposés à la carte de niveaux de bruit générés par l’appareil de forage (). Ceci a permis d’évaluer les niveaux d’émergence sonore nocturnes théoriques **avant application de mesures correctrices**, qui ont été reportés sur la Figure 67 et le Tableau 29. Les constatations sont les mêmes que pour les incidences diurnes. En bordure immédiate du chantier de forage qui correspondra à la limite de propriété, les niveaux d’émergence sont élevés et compris entre 19 et 27 dB(A). Pour les autres points de mesures situés en zone d’émergence réglementée (ZER), on constate que les niveaux d’émergences nocturnes avant application de mesures correctrices sont compris entre 7 dB(A) et 12 dB(A), et donc dans l’ensemble supérieurs à l’émergence admissible de 3 dB(A) en période nocturne (cf. § IV.7.1.2).

Points	Stations	Distance au site de forage (m)	Niveaux d’émergence diurne dB(A)	Niveaux d’émergence nocturne dB(A)
1	Portail entrée principale	30	18,5	20,5
2	Panneau GB bord route RN2	70	1	7
3	Route au niveau riverain n°4	75	2	<12,5
4	Route au niveau riverain n°8	90	<9	12
5	Route au niveau riverain n°1	37	6,5	19
6	Route au niveau riverain n°2	42	10,5	8,5
7	Route au niveau riverain n°19	72	12	8
8	Route au niveau riverain n°15	75	17	10
9	Route au niveau riverain n°13	75	7	8,5
10	Bar des sources chaudes	100	<8,5	<8,5
11	Bibliothèque	85	10	12
12	Entrée centrale rue Vanier	105	5	9
13	Clôture centrale face bananier	12	25,5	27
14	Clôture centrale niveau sécheur	38	3	7,5
15	Ancienne route nationale	135	<16,5	<13
Emergence admissible			5	3

Tableau 29 : Niveaux d’émergence sonore en périodes diurne et nocturne autour du site de forage du puits BO-11 avant application de mesures correctrices, évalués d’après les mesures de bruits ambiant réalisées en octobre 2018 et la carte des niveaux de bruit de l’appareil de forage.

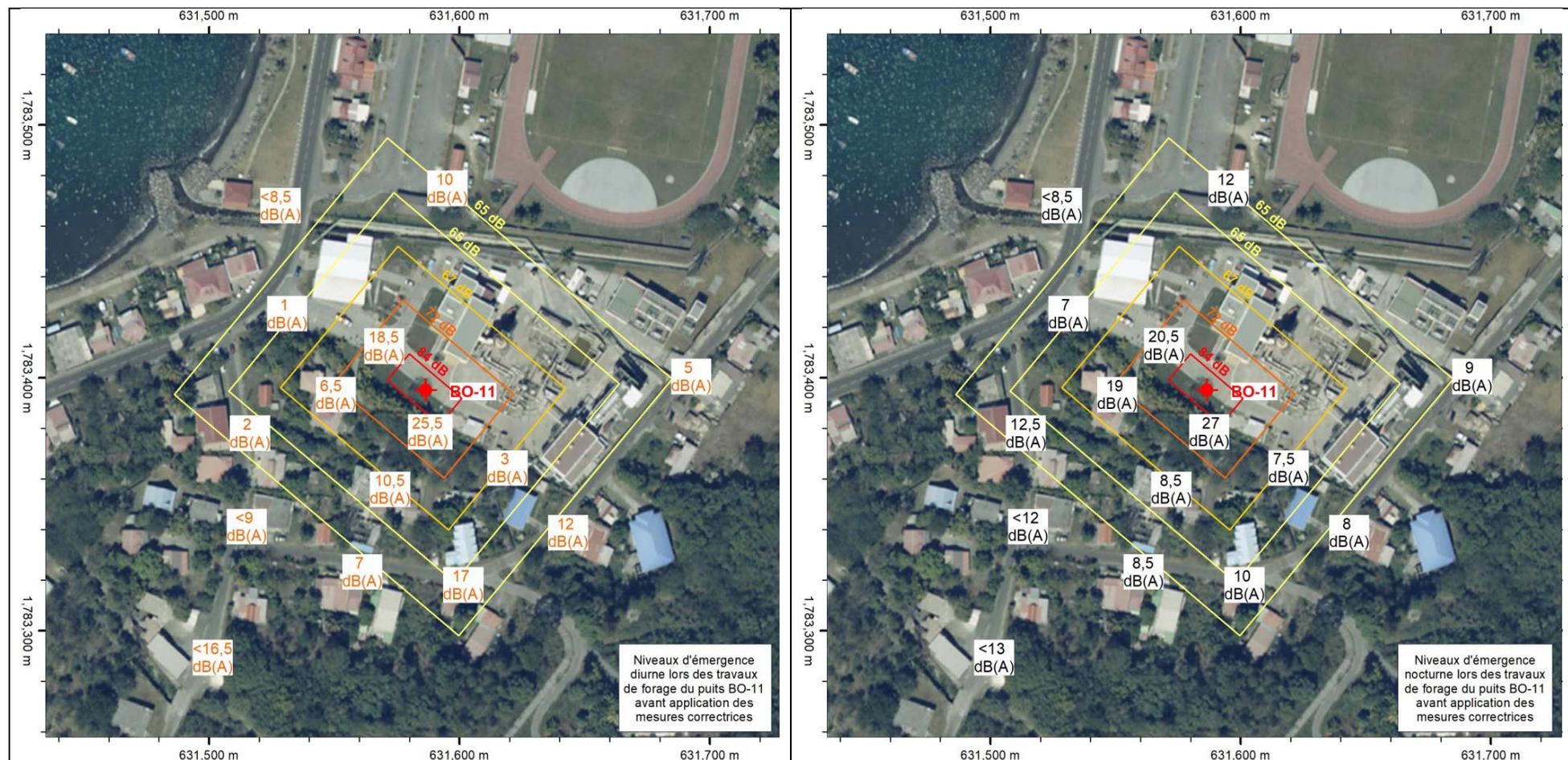


Figure 67 : Estimation des niveaux d'émergences sonores lors des travaux de forage autour du site du puits BO-11 en période diurne (gauche) et nocturne (droite), **avant application de mesures correctrices**.



Figure 68 : Estimation des niveaux d'émergences sonores lors des travaux de forage autour du site du puits BO-12 en périodes diurne et nocturne, **avant application de mesures correctrices.**

*Les niveaux d'émergences n'ont pas été calculés pour les points distants dans la mesure où l'atténuation du bruit généré par la machine de forage en fonction de la distance n'est pas appréhendée. Il sera nécessaire de réaliser des mesures acoustiques lorsque les travaux de forage auront démarrés.*

#### IV.7.4 Incidence des travaux de forage sur le bruit autour du site du puits BO-12

Les niveaux sonores mesurés avec la centrale en fonctionnement au cours de la dernière campagne de mesure réalisée en octobre 2018 sont considérés comme représentatif du bruit ambiant au niveau et aux alentours du site de BO-12 (cf. Tableau 20 et Figure 53).

##### IV.7.4.1 Incidence diurne

Afin d’évaluer l’incidence environnementale diurne des travaux, les niveaux sonores mesurés autour du site de forage en période diurne (Tableau 20) ont été superposés à la carte de niveaux de bruit générés par l’appareil de forage (cf. Figure 65). Ceci a permis d’évaluer les niveaux d’émergence sonore diurnes théoriques **avant application de mesures correctrices**, qui ont été reportés sur la Figure 68 et le Tableau 30. Cette évaluation a été faite uniquement pour les riverains situés à proximité du chantier. Les niveaux d’émergences ainsi évalués varient entre <15 dB(A) à 24 dB(A). Ces valeurs sont supérieures à l’émergence admissible de 5 dB(A) en période diurne (cf. § IV.7.1.2).

Pour les riverains situés à distance du site des travaux sur la Figure 65, les niveaux d’émergences n’ont pas été évalués dans la mesure où l’atténuation du bruit généré par la machine de forage en fonction de la distance n’est pas appréhendée. Pour ces riverains, il sera nécessaire de réaliser des mesures acoustiques lorsque les travaux de forage auront démarrés afin d’évaluer l’incidence sonore à leur niveau.

##### IV.7.4.2 Incidence nocturne

Les niveaux sonores mesurés autour du site de forage en période nocturne (Tableau 20) ont été superposés à la carte de niveaux de bruit générés par l’appareil de forage (Figure 65). Ceci a permis d’évaluer les niveaux d’émergence sonore nocturnes théoriques **avant application de mesures correctrices**, qui ont été reportés sur la Figure 67 et le Tableau 30.

#### IV.7.5 Les mesures correctrices envisagées

Dans la mesure où les niveaux d’émergences évalués précédemment dépassent les seuils réglementaires (cf. Tableau 29 et Tableau 30 ci-dessus), Géothermie Bouillante a prévu de mettre en œuvre un certain nombre de mesures correctrices afin de limiter l’incidence environnementale du bruit pour les riverains pendant les travaux de forages des puits BO-11 et BO-12.

Certaines de ces mesures sont déjà programmées et seront mises en place avant les travaux à titre préventifs ou pendant les travaux à titre curatif. D’autres sont envisagées et seront mises en œuvre si elles apparaissent nécessaires à la réduction du bruit généré par les travaux.

Points	Stations	Distance au site de forage (m)	Niveaux d'émergence diurne dB(A)	Niveaux d'émergence nocturne dB(A)
1	Portail entrée plateforme	145	Non calculé	Non calculé
2	Hangar plateforme	50	11	12
3	Chemin Descoudes	115	<15	<6,5
4	Chemin Descoudes, maison Caffa 1	65	24	10
5	Chemin Descoudes, maison Caffa 2	55	17	6
6	Chemin Descoudes, maison Caffa 3	98	<17	<3
7	Niveau maison Rodney	130	<31,5	<11
8	Maison route Hon Muscade	210	Non calculé	Non calculé
9	Chemin Descoudes	185	Non calculé	Non calculé
10	Chemin Descoudes, maison Lefort	220	Non calculé	Non calculé
Emergence admissible			5	3

Tableau 30 : Niveaux d'émergence sonore en périodes diurne et nocturne autour du site de forage du puits BO-12 avant application de mesures correctrices, évalués d'après les mesures de bruits ambiant réalisées en octobre 2018 et la carte des niveaux de bruit de l'appareil de forage.

#### IV.7.5.1 Les mesures d'évitement

##### IV.7.5.1.1 **Mesure E1 : Travaux bruyants décalés dans le temps**

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

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

Ces mesures bénéficieront à l'ensemble des riverains. Elles réduiront de façon importante l'incidence environnementale du chantier, qui conservera cependant quelques moteurs ou pompes en fonctionnement pour la sécurité du puits. L'amélioration attendue est de l'ordre de 5 à 10 dB(A).

Ces pratiques sont souvent mises en œuvre sur les chantiers de forage se déroulant à proximité de zones habitées. Elle représente un coût important pour le maître d'ouvrage car elle peut allonger la durée totale du chantier et donc son coût de l'ordre de 5 à 10%.

##### IV.7.5.1.2 **Mesure E2 : Restriction de circulation**

La circulation des véhicules des personnels et des fournisseurs sera restreinte au niveau des abords des chantiers de forage des puits BO-11 et BO-12 la nuit, le dimanche et les jours fériés, sauf en cas d'urgence ou de nécessité concernant la sécurité des travaux.

Cette mesure bénéficiera à l'ensemble des riverains. L'amélioration attendue est de l'ordre de 10 à 20 dB(A).



#### **IV.7.5.1.3 Mesure E3 : Restriction des klaxons et avertisseurs**

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

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

Cette mesure bénéficiera principalement aux riverains les plus proches du chantier. L’amélioration attendue est de l’ordre de quelques dB(A).

### **IV.7.5.2 Mesures de réduction du bruit**

#### **IV.7.5.2.1 Mesure R1 : Conformité des engins et moteurs**

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

Les moteurs seront systématiquement capotés.

Cette mesure bénéficiera à l’ensemble des riverains. L’amélioration attendue est de l’ordre de 5 à 10 dB(A).

#### **IV.7.5.2.2 Mesure R2 : Implantation optimale de la machine de forage**

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

Cette mesure bénéficiera à l’ensemble des riverains. L’amélioration attendue est de l’ordre de 5 à 10 dB(A).

#### **IV.7.5.2.3 Mesure R3 : Isolation phonique au niveau des sources de bruit du chantier**

Géothermie Bouillante envisage de mettre en place des écrans sonores ou murs anti-bruit en bordure du chantier ou au niveau de sources de bruit particulières, afin de limiter la propagation du son et ainsi de réduire les nuisances sonores aussi bien pour les riverains proches et lointains. Le mur anti-bruit qui a été installé en bordure du site le long de la rue Vanier (voir Figure 69) et qui permet de réduire le niveau sonore de la centrale de 10 dB(A) environ, est un exemple de mur que Géothermie Bouillante envisage de construire.

Le nombre et le positionnement de ces murs anti-bruit sera arrêté lorsque le plan des plateformes de forage sera définitif et que l’emplacement des principales sources de bruit vis-à-vis des proches riverains sera bien appréhendée. Il s’agit de structures légères dont la mise en œuvre peut être rapide.

Cette mesure bénéficiera à l’ensemble des riverains et plus particulièrement aux riverains les plus proches. L’amélioration attendue est importante et de l’ordre de 10 dB(A). Le bénéfice risque toutefois d’être inférieur pour les quelques riverains proches situés en hauteur par rapport au site des travaux.

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

et autour est réduit et la solution d’un mur anti-bruit constitué de matériaux absorbants semble être la plus pertinente.



Figure 69 : Exemple de mur anti-bruit mis en place au niveau de la clôture du site de la centrale dans la rue Vanier et qui pourrait être installé en périphérie du chantier de forage pour réduire ses nuisances sonores.

#### **IV.7.5.2.4 Mesure R4 : Isolation phonique au niveau des riverains**

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

Géothermie Bouillante a déjà entamé une concertation avec les proches riverains qui seront concernés directement par le bruit du chantier, afin d’étudier avec eux les mesures compensatoires appropriées qui pourraient être mises en place pour limiter les nuisances sonores.

L’amélioration attendue est de l’ordre de 5 à 10 dB(A) selon la configuration de l’habitation.

#### **IV.7.5.2.5 Mesure R5 : Port des EPI (Equipements de Protection Individuelle)**

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

#### **IV.7.5.2.6 Mesure R6 : Aménagement des équipements de test des puits**

A la fin du forage, chaque puits fera l’objet d’un dégorgeage et d’un test de production de courte durée (2 jours) avec la décharge du fluide géothermal (eau + vapeur) dans un séparateur atmosphérique temporaire en tôle. Cette décharge est source de bruit. Pour limiter ces nuisances, plusieurs aménagements seront faits au niveau de ce séparateur (voir encart de la Figure 64) :

- 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.

Cette mesure bénéficiera à l’ensemble des riverains et plus particulièrement aux riverains les plus proches. L’amélioration attendue est importante et de l’ordre de 10 dB(A).

#### **IV.7.5.3 Mesures de compensation**

Géothermie Bouillante a déjà entamé une concertation avec les riverains des chantiers de forage afin de les informer de la nature des travaux envisagés et des nuisances potentielles dont le bruit. Plusieurs réunions de la Commission Locale d’Information et de Concertation ont déjà eu lieu.

Des discussions avec les riverains les plus proches et a priori les plus impactés par le bruit ont été initiées afin de prévoir les mesures de réduction des nuisances sonores et éventuellement des mesures de compensation appropriées.

Deux mesures principales sont envisagées : l’indemnisation et le relogement.

##### **IV.7.5.3.1 Mesure C1 : Indemnisation relative aux nuisances sonores**

Afin de compenser les nuisances sonores liées au chantier, le principe d’une indemnisation est envisagé. Le montant de cette indemnité pourrait être déterminé en fonction du niveau d’émergence constaté par des mesures acoustiques au démarrage ou en cours de chantier.

Cette mesure concernerait principalement les riverains proches du chantier de travaux de forage, ou impactés en raison de leur situation particulière (en hauteur par exemple).

##### **IV.7.5.3.2 Mesure C2 : Relogement**

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

Les modalités d’application peuvent être variées. Généralement, le riverain concerné touche une indemnité qui lui permet de passer les nuits à l’hôtel ou une indemnité qui lui permet de louer une habitation pendant la durée des travaux, selon le niveau d’émergence mesuré au début ou en cours de travaux.

##### **IV.7.5.3.3 Mesure C3 : Mesures acoustiques**

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

## **IV.8. LES EFFETS SUR LA CIRCULATION ET LES INFRASTRUCTURES**

### **IV.8.1 Les effets sur la circulation routière**

Les travaux envisagés généreront un accroissement temporaire de la circulation autour des chantiers de forage qui pourra avoir un impact sur la vie quotidienne des riverains et usagers des routes.

Les riverains seront exposés à des risques liés à une augmentation du trafic routier plus particulièrement due aux véhicules lourds accédant au chantier.

Sur chaque site, l’amenée et le repli de l’appareil de forage s’effectuera en convoi exceptionnel. Le transport des autres équipements et produits nécessitera un trafic évalué à 20 camions, représentant un tonnage global de l’ordre de 370 tonnes.

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

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

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

### **IV.8.2 Accès au chantier de forage du puits BO-11**

L’accès au chantier de forage du puits BO-11 se fera par l’entrée principale du site de la centrale (Figure 70). Les véhicules emprunteront la Route Nationale 2 puis la voie d’accès à la centrale (voir par exemple Figure 11 page 34), leur permettant ainsi de ne pas avoir à stationner sur la RN2.

Pendant les travaux de forage, les fournisseurs de la centrale pourront éventuellement accéder au site de l’usine en utilisant l’entrée secondaire située rue Vanier.

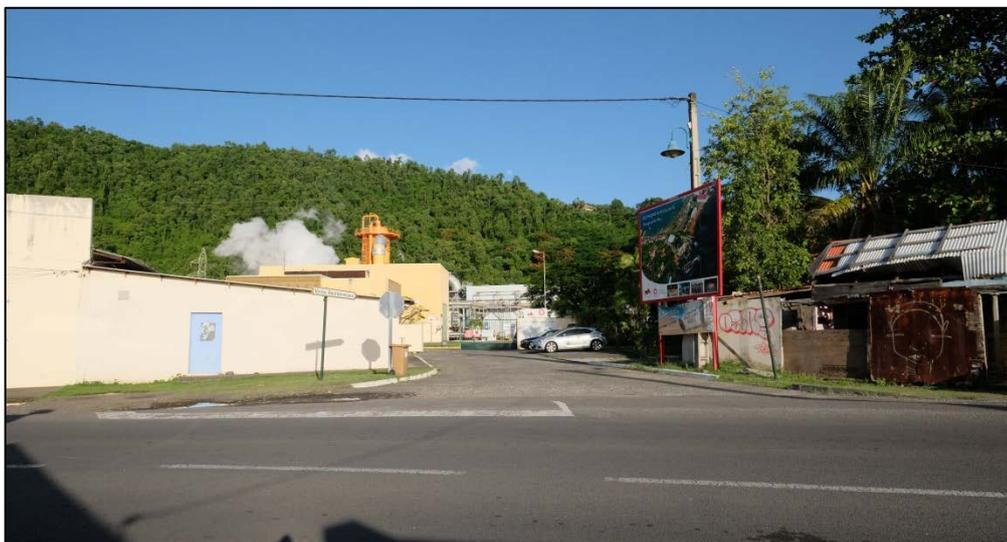


Figure 70 : Entrée de la centrale de Bouillante depuis la RN2 qui constituera également l’accès au chantier de forage du puits BO-11.

Des discussions sont en cours avec la Municipalité de Bouillante pour examiner la possibilité d’utiliser le parking devant le stade comme parking pour les voitures des employés du chantier et des visiteurs (voir Figure 11).

#### IV.8.3 Accès au chantier de forage du puits BO-12

Le plan d’accès au chantier de forage du puits BO-12 est indiqué sur la Figure 49. Les véhicules provenant de la Route nationale 2 emprunteront la rue du Lycée puis le chemin Descoudes qui est une voie relativement étroite et bordée d’habitations (Figure 71). Les croisements de véhicules, y compris les véhicules légers, y sont délicats, d’autant plus que ce chemin présente une déclivité importante. Ces contraintes doivent être prises en compte pour le trafic des camions et engins de chantier qui peut obliger à stopper temporairement la circulation du trafic local.

L’accès au chantier se fera par l’entrée de la plateforme actuelle (Figure 13 page 36). L’espace libre permettra aux véhicules de stationner et d’effectuer leur manœuvre de retournement sans entrave pour la circulation sur le chemin Descoudes. Des parkings pour les personnels et les visiteurs seront aménagés également au niveau de la plateforme actuelle.

#### IV.8.4 Mesures envisagées concernant la circulation

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.

Une communication destinée aux usagers des voies d’accès aux chantiers, en particulier le chantier du puits BO-12, sera mise en place afin de les informer sur la durée, l’avancée des travaux, etc...

Des panneaux routiers temporaires de chantier informeront les usagers des voies de circulation concernées par le passage d’engins de chantier. Etant donné la proximité immédiate des sites avec des habitations, des limitations de vitesse (30 km/h) pourront également être installées aux alentours du chantier.



Figure 71 : Vue du Chemin Descoudes qui est la voie d’accès au chantier de forage du puits BO-12.



Des mesures visant à réglementer la circulation aux abords des chantiers seront prises afin d'assurer la sécurité des usagers et d'éviter la gêne des véhicules liés au chantier. Le stationnement 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. Le stationnement des véhicules des personnels sur les voies d'accès aux abords du chantier sera contrôlé pour ne pas entraver la circulation.

Les raccordements des sites de travaux aux voies de circulation seront aménagés pour que les conducteurs d'engins puissent manœuvrer sans gêne pour la circulation ou constituer un risque.

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.

#### **IV.8.5 Les effets sur les infrastructures**

Pour pallier à l'exiguïté du site de forage du puits BO-11, Géothermie Bouillante a sollicité la municipalité de Bouillante afin de bénéficier d'une aire de stockage temporaire sur le parking du stade de Bouillante.

Ce lieu de stockage sera signalisé et sécurisé convenablement afin de ne pas représenter un risque pour la population.

#### **IV.9. LES EFFETS SUR LA SECURITE DES PERSONNES**

Lors des travaux, le public pourra être exposé à des risques liés principalement :

- Au chantier de forage lui-même ;
- Aux alentours du chantier de forage en lien avec une augmentation du trafic routier plus particulièrement due aux véhicules lourds accédant aux chantiers ;
- A une production d'eau géothermale avec émanations de vapeur et de gaz lors du forage et lors des tests de production ;
- Au stockage de produits divers sur les plates-formes ;
- A la hauteur du mât de l'appareil de forage ;
- A l'incendie.

Les mesures qui seront prises pour éviter, réduire ou compenser ces risques sont résumées ci-après.

#### **IV.9.1 Information des riverains**

Préalablement aux travaux, et à la demande du Préfet, Géothermie Bouillante mettra en place des actions d'informations destinées aux riverains et au public, notamment à travers la CLIC (Commission Locale d'Information et de Coordination de la centrale géothermique de Bouillante) qui a été créée par l'arrêté préfectoral n°2011-356 du 30 mars 2011. Les modalités de ces actions restent à définir. Leur objectif sera de présenter le projet ainsi que les impacts de ce dernier sur la vie des habitants (plans de circulation, bruits, impacts paysagers...).

Pendant les travaux, un affichage spécifique pourrait être mis en place au niveau des sites de chantier pour informer le public sur l'avancement des travaux et sur les principales opérations en cours (cf. Figure 72).



Figure 72 : Exemple d’un panneau d’information relatif à un chantier de forage géothermique.

#### IV.9.2 Protection et accès au site

Dans le cadre des mesures destinées à renforcer la sécurité des riverains, les chantiers seront entièrement entourés d’une clôture disposant d’une signalétique appropriée pour que les piétons et les automobilistes soient correctement avertis de la présence de travaux.

L’accès aux chantiers de forage sera interdit au public.

L’entrée des chantiers sera équipée de portail disposant d’un système de fermeture agréé. Le chantier sera fermé à clef avant l’arrivée du matériel, après son départ et lors des interruptions de travaux. Cependant, compte tenu du fonctionnement continu des chantiers et de la présence permanente de personnels et de superviseurs, le risque d’intrusion sera minime.

#### IV.9.3 Moyens de secours

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

#### IV.9.4 Sécurité des visiteurs

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

#### IV.9.5 Sécurité civile

Le mât de forage peut constituer un obstacle aérien. Il sera peint et balisé (éclairage de nuit) conformément aux prescriptions de l’aviation civile. De par la localisation du chantier de forage du puits BO-11 à proximité du stade de Bouillante qui est parfois utilisé comme aire d’atterrissage et de décollage pour des hélicoptères, cette disposition est importante.



#### **IV.9.6 Protection contre les émanations de vapeur et de gaz**

A tout moment, et en particulier lors de la traversée d'horizons potentiellement productifs, l'artésianisme du puits sera contrôlé par injection d'un fluide de forage de densité appropriée.

Les volumes des bacs à boue seront contrôlés en permanence. Conformément à la législation, des détecteurs de gaz seront installés par la société de forage ou de contrôle de la boue sur le circuit de boue à la sortie du puits pour identifier immédiatement toute émanation de gaz et en particulier de gaz H<sub>2</sub>S.

Pour éviter toute décharge accidentelle de fluide (eau, vapeur, gaz) durant les opérations de forage, la tête de puits sera équipée lors de la traversée d'horizons potentiellement éruptifs, d'un Bloc d'Obturation de Puits (BOP) permettant la fermeture urgente du puits en toutes circonstances.

#### **IV.9.7 Protection contre les risques de pollution**

Le fluide de forage (boue) sera élaboré à partir d'eau douce additionnée de bentonite (argile naturelle) et de polymères biodégradables, produits qui ne présentent pas de danger pour l'environnement.

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

#### **IV.9.8 Protection contre l'incendie**

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

### **IV.10. LES EFFETS SUR LES RISQUES NATURELS**

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

- ✓ Les sites de travaux seront aménagés de façon à ne pas entraver la circulation naturelle des eaux pluviales et générer des risques d'inondation pour les riverains du site, y compris en période cyclonique. Il en sera de même en ce qui concerne les eaux pluviales s'écoulant sur les plateformes de forage ;
- ✓ Pour ce qui concerne la prise au vent du mât de forage, les données de Météo France, en particulier la vitesse maximale des vents attendue lors des cyclones (cf. III.2.5.4 page 50), seront prises en compte pour calculer la résistance au vent du mât de la tour de forage et des sous structures.

## **IV.11. LES EFFETS DES DECHETS ET LA PROPRETE DES CHANTIERS DE FORAGE**

### **IV.11.1 Impacts potentiels des déchets et effluents**

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

- ✓ Résidus de fluides de forage et déblais de forage (cuttings) ;
- ✓ Déchets industriels banals (D.I.B) et déchets métalliques ;
- ✓ Fluide géothermal ;
- ✓ Eaux de ruissellement polluées ou souillées par des rejets accidentels ;
- ✓ Eaux usés ;
- ✓ déchets ménagers et assimilés ;
- ✓ déchets spéciaux (hydrocarbures...).

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

Dans 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).

Les mesures qui seront appliquées pour éviter, réduire ou compenser les impacts des travaux de forage des puits BO-11 et BO-12 sur l’environnement sont présentées ci-après.

### **IV.11.2 Mesures concernant les fluides de forage et déblais**

Bien que potentiellement peu polluants, les fluides de forage (boues) 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.

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

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.11.3 Mesures concernant les 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.



Figure 73 : Illustration du tri des déchets industriels banals tel qu’il est appliqué sur le site de la centrale et qu’il sera appliqué sur les chantiers de forage.

#### **IV.11.4 Mesures concernant les 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.11.5 Mesures concernant le 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, soit évacué

vers les installations de la centrale et intégré au rejet des effluents de cette dernière dans la baie de Bouillante ou dans la Ravine Blanche (cf. paragraphe IV.5).

#### IV.11.6 Mesures concernant les 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 (Figure 73).

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.

#### IV.11.7 Mesures concernant les 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 (Figure 74). 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.



Figure 74 : Bacs de rétention et stockage d’huile sur un chantier.



#### IV.11.8 Mesures concernant la 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.12. LES IMPACTS VISUELS DES TRAVAUX

#### IV.12.1 Principaux impacts attendus

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

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

#### IV.12.2 Le site de forage du puits BO-11

De par son implantation dans l’enceinte de la centrale, le chantier de forage du puits BO-11 aura peu d’impact. Pour les usagers de la RN2 et les riverains du centre bourg de Bouillante, le mât de forage sera en partie masqué par les installations de l’unité Bouillante 1 qui culmine à 15 m de hauteur (voir par exemple les Figure 54 et Figure 55 page 87). Ceci devrait contribuer à limiter son impact visuel aussi bien en vision proximale qu’en vision distale. De plus, l’éclairage nocturne du chantier de forage sera a priori peu impactant dans la mesure où il viendra s’ajouter à l’éclairage nocturne de la centrale et à l’éclairage urbain.

#### IV.12.3 Le site de forage du puits BO-12

De par son implantation, le site de forage du puits BO-12 set en particulier le mât de forage sera impactant visuellement pour les quelques riverains proches seulement (voir par exemple Figure 14 page 37 et Figure 47 page 76).

L’éclairage nocturne pourra impacter les mêmes riverains dans la mesure où il s’agit d’une zone en dehors de l’agglomération et dépourvu d’éclairage urbain.

#### IV.12.4 Mesures concernant l’impact visuel des travaux

Les mesures suivantes seront prises afin de **réduire** l’impact visuel de chacun des deux chantiers de forage sur leur environnement :

- ✓ L’aire du chantier sera clôturée avec une clôture de couleur neutre afin d’atténuer l’impact visuel lié à la présence d’engins et des équipements de forage (hors mât de forage). Cette clôture aura également pour effet d’interdire l’accès au chantier ;
- ✓ Une autre mesure concerne le panache de vapeur qui sera généré pendant les tests de production de courte durée. Pour réduire voire 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 (voir Figure 64 page 112); ce qui aura également pour effet de réduire le bruit ;

- ✓ L’éclairage de la plateforme sera adapté pour limiter la pollution lumineuse qui impacte certains oiseaux et chiroptères (éclairage bas tourné vers l’intérieur du site et privilégiant les lampes au sodium à basse pression). Cette mesure sera également destinée à réduire l’impact nocturne du chantier auprès des riverains.

#### **IV.13. LES EFFETS SUR LE PATRIMOINE**

Comme évoqué dans le paragraphe III.7.4, les deux sites de travaux sont à l’écart de monuments historiques et ne sont soumis à aucune servitude liée à la protection du patrimoine.

#### **IV.14. LES EFFETS SUR LES ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES LOCALES ET REGIONALES**

##### **IV.14.1 Impacts des travaux sur les réseaux existants**

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

L’usage de ces réseaux sera proportionné à leur capacité et afin de ne pas créer de gêne ou de perturbations pour les autres utilisateurs.

##### **IV.14.2 Impacts des travaux sur les activités socio-économiques de la commune**

Ces impacts sont décrits au paragraphe II.7.4 « Développement local et retombées financières », page 28, et au paragraphe III.8.4 « Critères sociaux », page 92.

Les retombées socio-économiques des travaux de forage seront temporaires dans la mesure où ces deux chantiers auront une durée limitée que l’on peut estimer à environ 6 mois (Figure 3). Toutefois, elles sont destinées à être pérennisées puisque la finalité de ces travaux de forage 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.

Parallèlement, 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.14.3 Impacts sur l’activité touristique**

Géothermie Bouillante a pris note des remarques et des souhaits exprimés par le public lors de l’enquête publique récente relative aux travaux de forage des puits BO-8, BO-9 et BO-10 et qui s’est tenue à la mairie de Bouillante du lundi 22 octobre au jeudi 22 novembre 2018. Ces remarques concernaient le rôle que l’usine géothermique de Bouillante pourrait jouer dans le développement d’un tourisme industriel sur le territoire de la commune et contribuer à l’attractivité de Bouillante (notamment en garantissant le maintien des bains chauds).



Pour répondre à cette attente, Géothermie Bouillante s’engage à maintenir et/ou développer un certain nombre d’actions articulées autour de deux engagements forts qui rentrent pleinement dans le cadre d’un développement d’un tourisme industriel à Bouillante, à savoir :

- ⇒ Maintenir et développer l’accès aux installations géothermiques en tant que site de visite pour de nombreux publics, accès qui pourrait être élargi temporairement aux sites des travaux de forage des puits BO-11 et BO-12, en prenant bien sur toutes les mesures nécessaires concernant la sécurité des visiteurs ;
- ⇒ Maintenir pendant les travaux de forage et au-delà un débit d’effluents chauds en baie de Bouillante suffisant pour alimenter l’activité de bain de mer qui s’est développée à l’extrémité du canal de rejet.

#### **IV.14.3.1 La situation actuelle**

##### **IV.14.3.1.1 Les visites de la centrale**

Actuellement, la centrale géothermique reçoit de nombreux visiteurs. Ces visites sont organisées dans le cadre d’un partenariat entre la société Géothermie Bouillante et une jeune société guadeloupéenne **caraiufactory** ([www.caraiufactory.com](http://www.caraiufactory.com)), dont l’objectif est de développer le tourisme industriel en Guadeloupe et dans la Caraïbe. Ces visites sont organisées pour de nombreux publics :

- Scolaires et étudiants ;
- Touristes guadeloupéens et hors département ;
- Acteurs institutionnels ;
- etc...

Ces visites contribuent à faire connaître la centrale dans son fonctionnement et dans les bénéfices qu’elle procure au territoire local. Elles permettent ainsi de satisfaire la curiosité de ces divers publics, tout en donnant une image positive de la commune qui œuvre en faveur des énergies renouvelables et de l’environnement.

Les retombées en termes de fréquentation touristique pour la commune sont difficiles à chiffrer en l’absence d’enquêtes de satisfaction ou d’études de marché par exemple. A titre d’information, les chiffres disponibles pour l’année 2018 sont les suivants :

- Nombre de visites de groupes de scolaires, d’étudiants et touristes : 44
- Nombre de personnes reçues : 1330 dont 80% de « scolaires » et 20% « autres publics » ;
- Nombre de groupes d’acteurs institutionnels : 7 (Préfecture-DEAL-ADEME-Région Guadeloupe-Rectorat-Université de Guadeloupe-SDIS
- Autres visiteurs : riverains.

##### **IV.14.3.1.2 L’activité bain de mer**

Le rejet des effluents de la centrale en baie de Bouillante est ancien et date de la mise en service de la première unité de production Bouillante 1 en 1986. Avec la mise en service de la seconde unité Bouillante 2 en 2005, le débit des effluents a été multiplié par quatre. La configuration de l’émissaire en mer du canal de rejet a également été modifiée de façon à dévier le flux des effluents le long du rivage et non plus vers le large, pour éviter un recyclage de ces effluents au niveau de la prise d’eau. La conséquence a été un accès plus facile au panache de ces effluents dont la température moyenne se situe autour de 35°C environ (contre 25°C à 28°C pour l’eau de mer).



L’activité de bain de mer dans ces effluents de la centrale est observée depuis 1986. Toutefois, la fréquentation est longtemps restée confidentielle, sans doute en lien avec les difficultés techniques que la centrale a rencontrées durant les premières années de mise en service des unités Bouillante 1 puis Bouillante 2, qui se traduisaient par de fréquents arrêts de fonctionnement et donc par l’interruption du rejet des effluents en baie de Bouillante.

Depuis quelques années, le fonctionnement de la centrale s’est stabilisé de même que la permanence des effluents. En parallèle, on a vu se développer une activité de bain de mer qui attire progressivement de plus en plus de monde. Actuellement (novembre 2018), il n’est pas rare d’avoir en fin de journée entre 100 et 200 personnes se baignant dans le rejet de la centrale, générant une forte animation dans le bourg de Bouillante. Le public présent est varié et se compose :

- D’habitants de la commune ;
- D’habitants d’autres communes de la Basse-Terre et de Grande –Terre ;
- De touristes résidant à Bouillante ou en dehors de Bouillante ;

Cette activité de bain de mer est donc devenue progressivement une attraction touristique importante générée par le fonctionnement de la centrale géothermique de Bouillante et donc un bel exemple de « tourisme industriel ».

Cette activité de bain de mer est maintenant répertoriée sur le site internet de la commune de Bouillante ([www.destination-bouillante.com/Les-sources-chaudes](http://www.destination-bouillante.com/Les-sources-chaudes)) et sur d’autres sites internet guadeloupéens.

Comme pour les visites de la centrale, les retombées de cette activité de bain de mer en termes économiques sont difficiles à chiffrer (excepté pour le bar des Sources Chaudes qui se situe à proximité immédiate et qui bénéficie donc de retombées importantes directement mesurables). Au-delà, il serait logique de penser que cette activité de bain de mer, si elle se pérennise, a la capacité à dynamiser progressivement le bourg de Bouillante au niveau des commerces et de la restauration.

#### ***IV.14.3.2 Situation pendant les travaux de forage***

##### ***IV.14.3.2.1 Les visites de la centrale***

Pendant les travaux de forage, Géothermie Bouillante entend non seulement maintenir les visites du site industriel de Bouillante organisées en partenariat avec **caraiufactory** mais les élargir temporairement aux chantiers de forage. Ces visites seront bien sûr strictement encadrées et sécurisées, afin de ne pas exposer les visiteurs à un quelconque danger.

Les expériences vécues sur d’autres chantiers de forage géothermique en métropole ont montré que cette activité de visite de chantier de forage est sans risque lorsqu’elle est soigneusement organisée et qu’elle intéresse fortement tous les types de public. La fréquence des visites pourra être augmentée si la demande le nécessite.

Parallèlement aux visites, Géothermie envisage de mettre en place un panneau d’information à l’entrée de la centrale ou des chantiers de forage pour informer les riverains et les touristes de passage de la nature des travaux et de leur avancement, et plus largement au sujet de l’exploitation géothermique.

Ce panneau d’information « physique » pourrait avoir des relais « numériques » au niveau du site internet de Géothermie Bouillante et au niveau du site internet de l’office de tourisme de Bouillante ([www.destination-bouillante.com](http://www.destination-bouillante.com)).



Par ailleurs, il est envisagé d’inviter les médias sur le site de Bouillante à l’occasion de ces travaux de forage pour faire connaître l’exploitation géothermique et indirectement à travers cette couverture médiatique promouvoir le territoire de Bouillante comme un territoire innovant, doté d’une ressource énergétique locale et renouvelable, mise en valeur pour le bénéfice de la communauté.

Ces différentes actions pendant les chantiers de forage ont toutes pour finalité de susciter l’intérêt du public à visiter le territoire de Bouillante, en misant sur l’attractivité de ce chantier industriel temporaire. Elles pourraient faire l’objet d’un partenariat entre Géothermie Bouillante et l’Office du Tourisme de Bouillante (en complément du partenariat existant avec **caraiufactory**).

A l’occasion de ces chantiers de forage, une journée Portes Ouvertes pourrait être organisée en partenariat entre l’Office de Tourisme de Bouillante et Géothermie Bouillante à l’intention des acteurs économiques et institutionnels de la Guadeloupe œuvrant dans le domaine du tourisme. L’objectif serait de leur montrer un chantier de forage et au-delà le potentiel de ce tourisme industriel à Bouillante pour les inciter à prescrire la visite de Bouillante ou des séjours à Bouillante auprès de leurs clientèles.

Pour aller plus loin, la création d’une structure d’accueil temporaire (type Visitor Center) à proximité de la centrale pourrait être envisagée. Cette structure aurait pour mission d’informer les résidents et les touristes sur la réalisation des forages et plus largement sur la centrale géothermique. Elle serait également en charge d’organiser les visites en fonction des activités de chantier. Elle donnerait lieu à l’embauche temporaire d’un jeune ayant une formation de technicien et capable de maîtriser les informations techniques délivrées par Géothermie Bouillante et de les délivrer aux visiteurs. Cette structure pourrait être pérennisée au-delà des travaux de forage (?).

#### **IV.14.3.2.2 L’activité bain de mer**

L’activité de bain de mer ne sera pas impactée par les chantiers de forage. Le débit des effluents en mer et leur température seront maintenus dans la mesure où ces paramètres sont reliés directement à l’exploitation de la centrale. Ils ne seront pas modifiés par les chantiers de forage.

### **IV.14.3.3 Situation après les travaux de forage**

#### **IV.14.3.3.1 Situation concernant les visites**

L’accès aux installations de la centrale géothermique sera maintenu après la fin des travaux de forage. Les visites continueront à être organisées en partenariat avec **caraiufactory**.

L’idée d’une structure d’accueil (type Visitor Center) évoquée précédemment pourrait être étudiée.

#### **IV.14.3.3.2 Situation concernant l’activité de bain de mer**

A la fin des travaux de forage, il est prévu de mettre en exploitation les nouveaux puits dont un puits de production (BO-12) et un puits de réinjection (BO-11). Parallèlement, les puits existants BO-4 et BO-7 seront convertis en puits de réinjection. Avec cette nouvelle configuration, il est prévu de multiplier par quatre le débit de fluide géothermal (eau séparée) réinjecté dans le réservoir qui devrait passer de 100 T/h environ à 400 T/h. Toutefois, la pérennité du rejet des effluents en baie de Bouillante et donc de l’activité de bain chaud est assurée.

En effet, la quantité de fluide géothermal mélangée à l’eau de mer et rejetée en baie de Bouillante restera à peu près stable. Le Tableau 31 présente les débits de fluide géothermal et les

débits d’eau de mer utilisés pour le refroidissement du fluide géothermal, qui constituent les effluents rejetés en baie de Bouillante.

- Dans la situation actuelle, ce sont environ 550 t/h de fluide géothermal (123 T/h de vapeur condensée et 427 T/h d’eau séparée) qui sont présents dans les 8 750 m<sup>3</sup>/h d’effluents rejetés en mer ;
- Dans la situation future, ce sont environ 570 T/h de fluide géothermal (184 T/h de vapeur condensée et 386 T/h d’eau séparée) qui seront présents dans les 8 770 m<sup>3</sup>/h d’effluents rejetés en mer.

Suite aux travaux de forage et à la mise en exploitation des nouveaux puits BO-11 et BO-12, et à la reconfiguration de l’exploitation qui en découlera, les caractéristiques des effluents de la centrale ne seront donc pas sensiblement modifiées. L’activité de bain de mer pourra donc se maintenir.

	Production		Réinjection	Calcul du débit des effluents rejeté en mer		
	Débit Vapeur (T/h) A	Débit Eau séparée (T/h) B		Débit d’eau séparée réinjecté (T/h) C	Solde eau séparée (T/h) D = B - C	Débit eau de mer (m <sup>3</sup> /h) E
Situation actuelle (Novembre 2018)	123	527	100	427	8 200	8 750
Situation future	184	786	400	386	8 200	8 770

Tableau 31 : Situation actuelle et situation future des effluents de la centrale de Bouillante rejetés dans la baie de Bouillante.

**IV.15. COÛTS DES MESURES DESTINÉES A EVITER, REDUIRE OU COMPENSER LES EFFETS NEGATIFS DES TRAVAUX**

En application du 2° du II de l'article L. 122-3 du Code de l’environnement relatif aux études d’impact, la description des mesures prévues par le maître d’ouvrage pour éviter, réduire ou compenser les effets négatifs notables du projet sur l’environnement ou la santé humaine doit être accompagnée de l’estimation des dépenses correspondantes.

Les mesures, recensées dans le cadre de cette Etude d’impact, sont reprises dans le Tableau 32 avec une estimation de leur coût, en indiquant éventuellement si le coût s’applique à chaque site et doit être multiplié par deux, avec :

- ✓ A : Mesures concernant les impacts sur le milieu naturel ;
- ✓ B : Mesures concernant les impacts sur les sols et les eaux de surface ;
- ✓ C : Mesures concernant les impacts sur les eaux souterraines ;
- ✓ D : Mesures concernant la qualité de l’air ;
- ✓ E : Mesure concernant les nuisances sonores ;
- ✓ F : Mesures concernant la circulation ;
- ✓ G : Mesures concernant la sécurité des personnes ;
- ✓ H : Mesures concernant les risques naturels ;
- ✓ I : Mesures concernant les déchets ;
- ✓ J : Mesures concernant l’impact visuel du chantier de forage ;

Le coût global de ces mesures d’évitement, de réduction ou de compensation des effets négatifs des travaux de forage sur l’environnement est évalué au minimum à 1 270 000 €.

Pour information, le coût prévisionnel de réalisation de ces deux forages BO-11 et BO-12, incluant le coût de ces mesures environnementales, est estimé de l’ordre de 11 M€ à 12 M€.

Tableau 32 : Tableaux récapitulants les mesures destinées à éviter, réduire ou compenser les effets négatifs du projet sur l’environnement et leurs coûts estimés.

A. Mesures concernant les Impacts sur le milieu naturel	Coût (€ HT)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesures concernant les impacts sur les sols et eaux de surface, destinées à éviter la pollution de ces milieux et à préserver la faune et la flore qu’ils renferment;</li> </ul>	Chiffré en B
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eclairage adapté pour limiter la pollution lumineuse qui impacte certains oiseaux et chiroptères (éclairage bas tourné vers l’intérieur du site et privilégiant les lampes au sodium à basse pression);</li> </ul>	2 000 € x 2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitation du volume sonore des engins pour ne pas trop perturber la faune et limiter son éloignement. Activités les plus bruyantes effectuées en période diurne (9h-16h) ;</li> </ul>	Non chiffrable car variable
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintien de la Propreté du site et enlèvement régulier des déchets pour ne pas attirer d’espèces nuisibles ;</li> </ul>	5 000 € x 2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitation des surfaces défrichées au strict minimum avec un défrichage manuel et progressif, effectué de préférence en dehors de la période de moindre activité reproductrice (août à février), soumis à l’avis d’un expert flore.</li> </ul>	15 000 €

B. Mesures concernant les impacts sur les sols et les eaux de surface	Coût (€ HT)
<p><u>1/ Aménagement du site</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'une semelle en béton imperméable au niveau de la plate-forme de forage ;</li> <li>Création de bassins de stockage temporaires des effluents bétonnés ou avec bâche géotextile imperméable ;</li> <li>Réseau de caniveaux pour collecte des eaux de pluie muni de dispositif déshuileur - débourbeur destiné à recueillir les traces d'hydrocarbures qui auraient pu s'échapper accidentellement des organes moteurs de l'appareil de forage ;</li> <li>Nettoyage et remise en état du site.</li> </ul>	<p>20 000 € x 2</p> <p>10 000 € x 2</p> <p>35 000 € x 2</p> <p>50 000 € x 2</p>
<p><u>2/ Stockage d'hydrocarbures et de boue - Stockage de produits divers</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Création d'une aire de stockage, avec bacs de rétention pour les produits inflammables ou potentiellement polluants, délimitée en lieu sûr, avec signalisation appropriée ;</li> <li>Mise en place de bacs de rétention sous tous les contenants de liquides potentiellement polluants ;</li> <li>Récupération et évacuation par des entreprises spécialisées suivant filière règlementaire des carburants et huiles de vidange des moteurs.</li> <li>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 ;</li> <li>Fluides de forage ("boues") élaborés à partir d'eau douce additionnée de bentonite (argile naturelle) et de polymères biodégradables ;</li> <li>Récupération des déblais et effluents solides dans un bassin dont l'étanchéité est assurée par un film polyane et coulage dallage en béton armé de 15 cm d'épaisseur.</li> </ul>	<p>10 000 € X 2</p> <p>6 000 €</p> <p>5 000 €</p> <p>Exigence réglementaire</p> <p>Surcoût compensé par une moins-value lors de l'élimination</p> <p>15 000 € x 2</p>
<p><u>3/ Production d'eaux ou de gaz géothermaux, détection des venues éruptives</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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 ;</li> <li>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 émanation de gaz ;</li> <li>Le fluide géothermal qui sera déchargé lors des essais sera réinjecté, ou évacué vers des bassins étanches 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 bétonné.</li> </ul>	<p>50 000 €</p> <p>25 000 €</p> <p>50 000 € X2</p>

C. Mesures concernant les impacts sur les eaux souterraines	Coût (€ HT)
<p>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.</p> <p>Toutefois, les mesures compensatoires qui sont habituellement mise en œuvre pour protéger les ressources en eau, resteront appliquées :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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 ;</li> <li>• Contrôle en continu des paramètres de la boue de forage pour limiter l'intrusion du fluide de forage dans les aquifères traversés et ajustement de la rhéologie de la boue. Gestion en temps réel des volumes perdus et des venues d'eau ;</li> <li>• En cas d'abandon des puits, la mise en place de bouchons de ciment conformément à la réglementation isolera parfaitement le réservoir géothermal profond des aquifères superficiels.</li> </ul>	<p>Pratiques inscrites dans les règles de l'art</p> <p>10 000 €</p> <p>150 000 €</p>

D. Mesures concernant les impacts sur la qualité de l'air	Coût (€ HT)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisation d'engins conformes à la réglementation concernant l'émission des gaz d'échappement ;</li> <li>• Arrosage de la plate-forme de forage lors des périodes sèches et ventées pour limiter l'émission et la dispersion des poussières ;</li> <li>• Contrôle continu de la concentration en H<sub>2</sub>S 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. Masques à gaz individuels et autonomes sur le chantier. Information du personnel et des riverains au début des travaux des risques afférents à l'H<sub>2</sub>S et à la conduite à tenir en cas d'éruption de vapeur d'eau ou d'H<sub>2</sub>S ;</li> <li>• Traitement de l'hydrogène sulfuré pendant les phases de test et de dégorgement des puits.</li> </ul>	<p>Critère de sélection de l'entreprise de forage</p> <p>2 000 € x 2</p> <p>25 000 €</p> <p>25 000 €</p>

E. Mesures concernant les nuisances sonores	Coût (€ HT)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insonorisation, capotage des moteurs des groupes électrogènes et de l’appareil de forage (mise aux normes) ;</li> <li>• Réalisation des opérations particulièrement bruyantes de préférence en période diurne et au cours de la semaine ;</li> <li>• Limitation de la circulation des véhicules aux abords des chantiers durant la nuit et le week-end, sauf en cas d’urgence;</li> <li>• Restriction de l’usage des klaxons et avertisseurs excepté pour la prévention et le signalement d’accident ;</li> <li>• Ecrans sonores ou murs anti-bruit en bordure du chantier ou au niveau des sources de bruit particulières du chantier ;</li> <li>• Ecran sonore, mur anti-bruit, travaux d’isolation phonique chez les proches riverains du chantier ;</li> <li>• Aménagements destinés à réduire le niveau sonore du séparateur atmosphérique utilisé pour les tests de production des puits ;</li> <li>• Campagnes de mesures acoustiques pendant les travaux afin d’évaluer précisément l’impact sonore des chantiers ;</li> <li>• Mesures compensatoires consistant si besoin est à indemniser les riverains exposés aux nuisances sonores des chantiers voire éventuellement leur assurer un relogement la nuit seulement ou la journée complète en fonction du niveau des nuisances sonores.</li> </ul>	<p>Critère de sélection de l’entreprise de forage</p> <p>Non chiffrable car variable</p> <p>Sans surcoût</p> <p>Sans surcoût</p> <p>50 000 € x 2</p> <p>50 000 € x 2</p> <p>25 000 €</p> <p>10 000 €</p> <p>100 000 €</p>

F. Mesures concernant la circulation	Coût (€ HT)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Information des usagers des voies de circulation concernées au moyen de panneaux signalant la sortie d’engins de chantier au niveau des voies d’accès au chantier.</li> <li>• 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 ;</li> <li>• Aire spécifique dans l’enceinte du chantier réservée à la manœuvre des véhicules leur permettant de faire demi-tour pour réemprunter l’accès sans entrave à la circulation ;</li> <li>• Mesures visant à réglementer la circulation aux abords du chantier afin d’assurer la sécurité des usagers et d’éviter la gêne des véhicules liés au chantier.</li> </ul>	<p>5 000 € x 2</p> <p>5 000 € X 2</p> <p>15 000 € x 2</p> <p>5 000 € x 2</p>



<b>G. Mesures concernant la sécurité des personnes</b>	<b>Coût (€ HT)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Clôture du site des travaux (grillage ou bardage de couleur neutre) et aux abords des accès (bardage de 2 m de hauteur).</li><li>• Dotation en matériel destiné à la lutte contre l'incendie (matériel entretenu par une entreprise agréée ou par un agent spécialisé du Service Sécurité de l'Entrepreneur de forage) : extincteurs à poudre polyvalente, extincteurs à poudre de carbone, couverture anti-feu.</li></ul>	30 000 € X 2  Exigence réglementaire

<b>H. Mesures concernant les risques naturels</b>	<b>Coût (€ HT)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Aménagement du réseau d'évacuation des eaux pluviales.</li><li>• Travaux de confortements des sols et des talus pour prévenir les risques de mouvements de terrain ;</li></ul>	15 000 € X 2  50 000 €

<b>I. Mesures concernant les déchets</b>	<b>Coût (€ HT)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Collecte et tri des déchets industriels et ménagers</li><li>• Traitement/Élimination des déchets par des centres de traitement agréés</li></ul>	10 000 €  20 000 €

<b>J. Mesures concernant l'impact visuel du chantier de forage</b>	<b>Coût (€ HT)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Clôture du site des travaux (grillage ou bardage de couleur neutre) et aux abords des accès (bardage de 2 m de hauteur).</li><li>• Système d'aspersion d'eau de mer au-dessus du séparateur pour condenser le panache de vapeur.</li></ul>	Déjà chiffré en G  10 000 €





## V. ANALYSE DES EFFETS CUMULÉS DU PROJET AVEC D'AUTRES PROJETS CONNUS

Il n'y a pas d'autre projet connu à proximité des sites de forage des puits BO-11 et BO-12 qui pourrait interférer avec ces travaux.



## VI. APPREHENSION DU PROJET DANS SON ENSEMBLE

### VI.1. RAPPEL DE LA REGLEMENTATION

Selon le III de l'Article L122-1 du Code de l'Environnement :

*Lorsqu'un projet est constitué de plusieurs travaux, installations, ouvrages ou autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage, il doit être appréhendé dans son ensemble, y compris en cas de fractionnement dans le temps et dans l'espace et en cas de multiplicité de maîtres d'ouvrage, afin que ses incidences sur l'environnement soient évaluées dans leur globalité.*

Au sens de cet article L122.1, la **réalisation de ces travaux de forages** qui font l'objet de cette demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers (DAOTM) et la **phase de travaux d'exploitation** qui s'ensuivra peuvent donc être considérées comme faisant partie d'un même projet, qui doit être appréhendé dans son ensemble afin que ses incidences sur l'environnement soient évaluées dans leur globalité.

Les travaux de forage et leurs impacts environnementaux ont déjà été analysés dans les chapitres précédents. Ce chapitre a pour objet de présenter les travaux d'exploitation de ces puits et les changements qui en découleront au niveau de l'exploitation géothermique par rapport à la situation actuelle, ainsi que leurs incidences éventuelles sur l'environnement.

Dans la mesure où les résultats de ces travaux de forage ne sont pas encore connus et que les conditions de leur exploitation ne peuvent donc être précisées définitivement à ce jour, il s'agit d'une approche préliminaire. **Elle sera autant que de besoin actualisée ultérieurement dans le cadre de l'étude d'impact qui accompagnera la demande d'autorisation d'ouverture de travaux d'exploitation de ces puits.**

### VI.2. LES TRAVAUX D'EXPLOITATION DE CES NOUVEAUX PUIITS ET LES CHANGEMENTS A PREVOIR

Suite aux travaux de forage, et dans la mesure où les résultats sont positifs, il est prévu que ces deux puits BO-11 et BO-12 soient mis en exploitation. Cette mise en exploitation devrait conduire à un certain nombre de changements au niveau de la centrale géothermique par rapport à sa configuration actuelle, avec :

- 1) L'aménagement de plateformes d'exploitation des puits BO-11 et BO-12 à l'emplacement des plateformes de forage ;
- 2) La construction de conduites de transports des fluides reliant les nouveaux puits à la centrale géothermique, couplée avec la construction de nouveaux séparateurs vapeur/eau séparée ;
- 3) Les travaux d'exploitation *sensu stricto* de ces deux nouveaux puits BO-11 et BO-12;
- 4) L'augmentation de la capacité de production du réservoir et de la capacité de production électrique de la centrale, à travers la construction éventuelle d'une nouvelle unité.

Ces différents changements et leurs incidences sur l'environnement sont présentés ci-après.

### VI.3. RAPPEL CONCERNANT LES CARACTERISTIQUES DES NOUVEAUX PUIITS

La localisation des deux nouveaux puits est indiquée sur la Figure 58 page 89. Le puits BO-11 est situé dans l'enceinte de la centrale. Le puits BO-12 est situé à proximité de la plateforme des puits actuelle à Plateau, à environ 600 mètres à vol d'oiseau du site de la centrale

Le puits BO-11 d'une longueur prévisionnelle de 1550 m sera un puits dirigé vers le nord-est (Figure 59). Il est destiné à être un **puits de réinjection**.

Le puits BO-12 d'une longueur prévisionnelle de 1100 m sera dirigé vers le nord. Il est destiné à être un **puits de production**.

### VI.4. L'AMENAGEMENT DE NOUVELLES PLATEFORMES D'EXPLOITATION

#### VI.4.1 La plateforme d'exploitation du puits BO-11

##### VI.4.1.1 Aménagement envisagé

La plateforme de forage du puits BO-11 sera reconvertie en plateforme d'exploitation. Elle sera entièrement localisée à l'intérieur du site actuel de la centrale.

A la fin des travaux de forage, les équipements de forage seront déménagés et la plateforme sera entièrement débarrassée de tous déchets, produits et matériels ayant servi au forage. Seule la tête de puits implantée dans une cave et la plateforme bétonnée environnante subsisteront. Le réseau d'évacuation des eaux pluviales existant sera maintenu ou adapté. Cette plateforme d'exploitation sera assez semblable à la plateforme actuelle des puits située à Plateau (Figure 75), en étant toutefois beaucoup plus petite puisqu'elle ne comportera qu'un seul puits.

Les nouveaux équipements qui seront mis en place sont illustrés sur la Figure 76, avec :

- Une conduite de liaison calorifugée entre la conduite d'eau séparée en provenance du séparateur HP et la tête du puits BO-11 ;
- Une pompe de réinjection qui pourra être positionnée à proximité de la conduite d'eau séparée HP ou à proximité du puits BO-11 ;
- Un ensemble de vannes d'isolement et de vannes de régulation du débit d'injection dans le puits BO-11 ;
- Un ensemble de capteurs de pression et température reliés au système de contrôle et de régulation de la centrale ;
- Un organe de sécurité (soupape mécanique ou pressostat) destiné à protéger la ligne des surpressions accidentelles ;
- Un bouton d'arrêt d'urgence.

##### VI.4.1.2 Incidences environnementales des travaux d'aménagement et d'exploitation

Les travaux d'aménagement de cette nouvelle plateforme d'exploitation du puits BO-11 donneront lieu à l'intervention d'entreprises de chaudronnerie et de génie civil principalement. Ils mettront en œuvre des engins de travaux classiques tels que des chariots élévateurs, grues, compresseurs et des outils classiques de chaudronnerie (poste de soudure, disquuse, ...). Les engins utilisés seront conformes à la réglementation notamment en matière d'émissions sonores. Ces travaux seront réalisés de jour avec des horaires normaux.

En raison de sa localisation à l'intérieur du site de la centrale, l'impact visuel de la plateforme et de ses équipements sera nul. L'éclairage sera conforme aux prescriptions de l'inventaire

faunistique réalisé par le bureau d'études environnementales. Les eaux pluviales seront évacuées vers le réseau d'assainissement du bourg de Bouillante par l'intermédiaire de dispositif déboureur/déshuileur. A priori, aucun produit chimique ne sera stocké au niveau de cette plateforme.

A noter que la réinjection dans le puits BO-11 se fera en « système clos ». Il n'y aura aucun rejet de fluide dans le milieu naturel, ni émission de vapeur et de gaz à l'atmosphère.

En cours d'exploitation, l'activité régulière sur cette plateforme sera limitée à la surveillance et aux travaux de maintenance courante et d'entretien (graissage, peinture, ...). Périodiquement, il est à prévoir une opération de curage du puits qui donnera lieu au déploiement d'une machine de forage. La fréquence de ce type de travaux est toutefois faible pour des puits de réinjection et de l'ordre d'une fois tous les 5 à 10 ans. Cette opération dure environ 1 semaine (voir plus loin).

En conclusion, les activités qui seront réalisées sur cette nouvelle plateforme d'exploitation du puits BO-11 en phase d'aménagement puis en phase d'exploitation ne devraient pas avoir d'incidence significative sur l'environnement naturel et humain, en raison à la fois de leur nature et de leur localisation à l'intérieur du site de la centrale.



Figure 75 : Vue générale de la plateforme actuelle de Plateau illustrant une plateforme d'exploitation de puits géothermiques. A noter que cette plateforme comporte 4 têtes de puits (BO-4, BO-5, BO-6, BO-7) alors que les nouvelles plateformes des puits BO-11 et BO-12 ne comporteront qu'un seul puits.

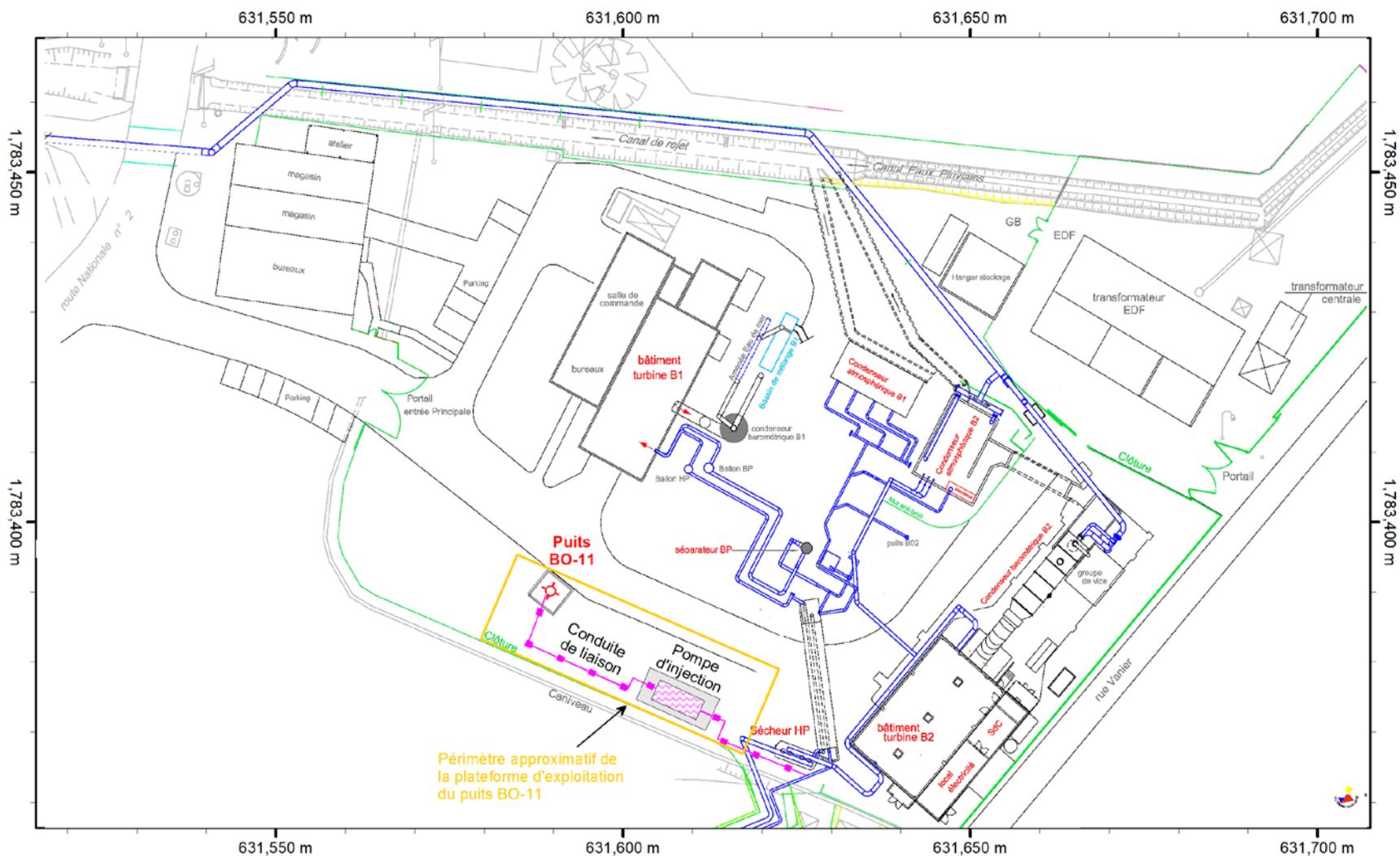


Figure 76 : Périmètre de la plateforme d'exploitation du puits BO-11 et implantation envisagée des équipements de réinjection.

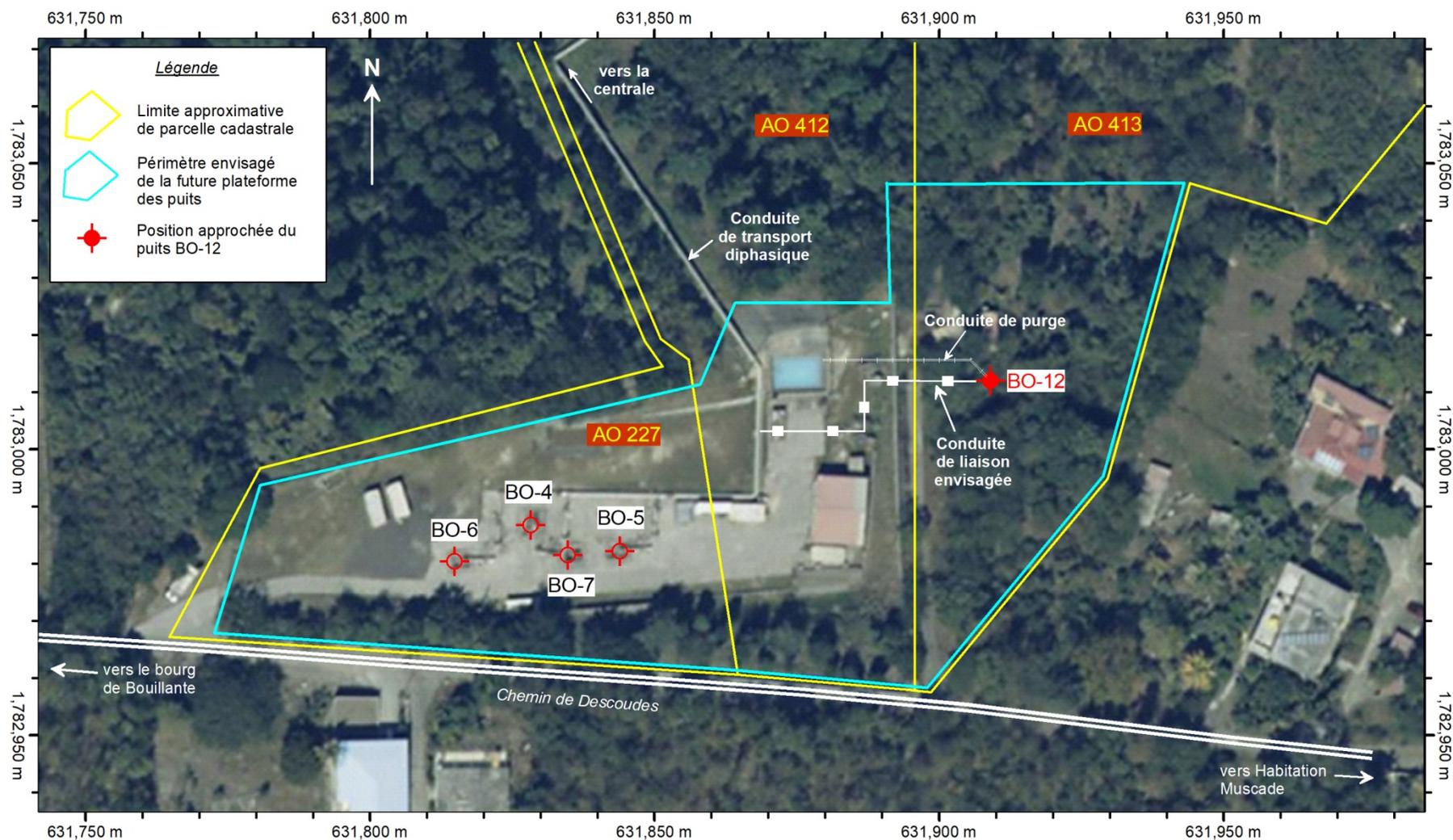


Figure 77 : Périmètre envisagé pour la future plateforme d’exploitation des puits incluant BO-12 et le tracé envisagé pour la conduite de liaison qui raccordera le puits BO-12 à la conduite de transport diphasique qui relie les puits à la centrale via le séparateur HP.



## VI.4.2 La plateforme d'exploitation du puits BO-12

### VI.4.2.1 Aménagement envisagé

La plateforme de forage du puits BO-12 sera reconvertie en plateforme d'exploitation qui sera annexée à la plateforme actuelle (Figure 77 et Figure 75). Cette reconversion ne nécessitera pas de travaux de génie civil ni de défrichage supplémentaire. La clôture sera éventuellement renforcée afin d'empêcher toute intrusion sur le site et limiter l'impact visuel des installations. Le réseau d'évacuation des eaux pluviales existant sera maintenu ou adapté. L'éclairage sera maintenu en conformité avec les prescriptions issues de l'inventaire faunistique.

La Figure 77 donne un aperçu du périmètre élargi de la nouvelle plateforme. Elle aura une superficie de l'ordre de 8 000 m<sup>2</sup>. Elle comportera 5 puits (BO-4, BO-5, BO-6, BO-7, BO-12). Elle sera en tout point similaire à la plateforme existante (Figure 75).

D'un point de vue technique, les équipements additionnels qui seront ajoutés sur cette plateforme élargie seront limités, avec :

- La tête du puits BO-12 positionnée dans une cave ;
- Une conduite de liaison calorifugée entre BO-12 et la conduite diphasique, d'une longueur de 50 m environ, équipée de vannes d'isolement et de régulation du débit, de capteurs de pression et de température reliés à l'automate de contrôle de la centrale;
- une conduite de purge destinée à l'évacuation de faibles volumes de fluide déchargés lors des phases transitoires de démarrage ou d'arrêt vers le bassin de rétention existant (volume : 1000 m<sup>3</sup>) qui est illustré sur la Figure 63.

La Figure 78 illustre bien ce que sera la configuration de la tête du puits BO-12 et de la conduite de liaison calorifugée pour son raccordement à la conduite diphasique.

### VI.4.2.2 Incidences environnementales des travaux d'aménagement et d'exploitation

Les travaux d'aménagement de cette nouvelle plateforme d'exploitation du puits BO-11 donneront lieu à l'intervention d'entreprises de chaudronnerie et de génie civil principalement. Ils mettront en œuvre des engins de travaux classiques tels que des chariots élévateurs, grues, compresseurs et des outils classiques de chaudronnerie (poste de soudure, disqueuse, ...). Les engins utilisés seront conformes à la réglementation notamment en matière d'émissions sonores. Ces travaux seront réalisés de jour avec des horaires normaux.

Cette nouvelle plateforme restera masquée en vue distale. En vue proximale, elle sera également masquée des deux habitations riveraines proches (Figure 77) en maintenant si possible un écran de végétation en bordure de plateforme, qui viendra s'ajouter à la clôture. L'éclairage sera conforme aux prescriptions de l'inventaire faunistique réalisé par le bureau d'études environnementales. Un réseau d'évacuation des eaux pluviales muni de dispositifs déboureur/déshuileur sera installé. A priori, aucun produit chimique ne sera stocké au niveau de cette plateforme.

L'exploitation de ce puits BO-12 se fera en « système clos ». Il n'y aura aucun rejet de fluide dans le milieu naturel, ni émission de vapeur et de gaz à l'atmosphère. Seules les phases transitoires d'ouverture et de chauffe du puits pourront donner lieu à la décharge de fluide géothermal en volume limité (10 à 20 m<sup>3</sup>). Ce fluide sera déchargé dans le bassin de rétention existant via une conduite de purge (Figure 77) puis éliminé par évaporation ou évacué par un trop plein vers la Ravine Blanche (cf. § IV.3.2.2 page 102).



Figure 78 : Vue du puits BO-6 sur la plateforme de Plateau illustrant la tête d'un puits géothermique placée dans une cave bétonnée, munie de vannes d'isolement et connectée à une conduite de transport des fluides calorifugée. La cave est entourée d'une barrière de sécurité. La tête de puits est maintenue par des traverses métalliques prenant appui sur les murs de la cave pour limiter ses mouvements en cas de séisme.

En cours d'exploitation, l'activité régulière sur cette plateforme sera limitée à la surveillance et aux travaux de maintenance courante et d'entretien (graissage, peinture, ...). Ces activités n'entraîneront pas de nuisances sonores. Périodiquement, il est à prévoir une opération de curage du puits qui donnera lieu au déploiement d'une machine de forage. Le retour d'expérience de l'exploitation actuelle montre que ce type de travaux intervient tous les 3 ou 4 ans seulement. Cette opération dure environ 1 semaine (voir plus loin).

En conclusion, les activités qui seront réalisées sur cette nouvelle plateforme d'exploitation du puits BO-12 en phase d'aménagement puis en phase d'exploitation ne devraient pas avoir d'incidence significative sur l'environnement naturel et humain

Les Tableau 33 et Tableau 34 fournissent des informations préliminaires sur les incidences environnementales des travaux d'aménagement et d'exploitation des plateformes d'exploitation des puits BO-11 et BO-12. Ces informations seront complétées ultérieurement lors de l'étude d'impact qui accompagnera la demande d'autorisation d'ouverture de travaux d'exploitation de ces puits.

Activité	Aménagement des plateformes d'exploitation des puits BO-11 et BO-12				
Phase	Construction				
Milieu	Impacts avant mesures		Positif / Négatif	Mesures Prévention/Réduction/Compensation	impacts résiduels après mesures
Milieu physique	sur les sols	pollution accidentelle par engins de chantier	N	Bac de rétention, imperméabilisation des sols	nul à très faible
	sur les eaux superficielles	pollution accidentelle par engins de chantier	N	Réseau d'eaux pluviales avec dispositif débourbeur/déshuileur	nul à très faible
	sur les eaux souterraines				
	sur le milieu marin				
	sur les aléas naturels	érosion, mouvements de terrain	N	Précautions habituelles en matière de stabilité des sols Application des normes parasismiques et anticycloniques	faible
	sur le réservoir géothermal				
Milieu naturel	sur la faune et la flore terrestres	bruit des engins de chantier et des outils divers	N	Engins conformes à la réglementation Travaux en période diurne seulement	nul à très faible
	sur la faune et la flore marines				
Milieu humain	sur les nuisances sonores	bruit des engins de chantier et des outils divers lors des travaux de construction	N	Engins conformes à la réglementation Travaux en période diurne seulement	faible
	sur la qualité de l'air	Emissions de poussières		Arrosage régulier de la plateforme si nécessaire	nul à très faible
	liés aux déchets	Production de déchets de chantier	N	Déchets éliminés vers filières agréées	nul à très faible
	sur les transports et trafic routier	Augmentation temporaire du trafic	N	Propreté des voies, signalisation appropriée	faible
	sur les aspects socio/économiques	Accroissement temporaire de l'activité économique	Po	Sous-traitances auprès des entreprises locales	modéré
	sur la santé/sécurité des personnels	accidents	N	ports des EPI, chantier interdit aux personnes non habilitées	nul à très faible
Cadre de vie	sur le paysage	Impact nul de la plateforme du puits BO-11 Impact limité de la plateforme du puits BO-12	N	Application des normes locales d'aménagement mise en place d'une clôture le long de la rue Vanier	Nul à faible
	sur le patrimoine				

Tableau 33 : Informations préliminaires sur les incidences environnementales des **travaux de construction** des nouvelles plateformes des puits BO-11 et BO-12 et sur les mesures correctrices qui pourront être appliquées et le niveau estimé des impacts résiduels après application de ces mesures.

Activité	Aménagement d'une nouvelle plateforme d'exploitation des puits				
Phase	Exploitation				
Milieu	Impacts avant mesures		Positif / Négatif	Mesures Prévention/Réduction/Compensation	impacts résiduels après mesures
Milieu physique	sur les sols	pollution accidentelle par engins de chantier	N	Bac de rétention, imperméabilisation des sols	nul à très faible
	sur les eaux superficielles	pollution accidentelle par engins de chantier	N	réseau d'eaux pluviales avec dispositif déboureur/déshuileur	nul à très faible
	sur les eaux souterraines				
	sur le milieu marin				
	sur les aléas naturels	érosion, mouvements de terrain	N	Précautions habituelles en matière de stabilité des sols Application des normes parasismiques et anticycloniques	faible
	sur le réservoir géothermal				
Milieu naturel	sur la faune et la flore terrestres	bruit des engins de chantier et des outils divers lors des travaux de maintenance, Pollution lumineuse	N	Engins conformes à la réglementation Eclairage aménagé	nul à très faible
	sur la faune et la flore marines				
Milieu humain	sur les nuisances sonores	bruit des engins et matériel de chantier lors des travaux de maintenance	N	Engins conformes à la réglementation Travaux en période diurne seulement	faible
	sur la qualité de l'air	Emission limitée de H <sub>2</sub> S dans l'atmosphère	N	Contrôle de la teneur en H <sub>2</sub> S dans l'air	nul à très faible
	liés aux déchets	Production de déchets de chantier	N	Déchets éliminés vers filières agréées	nul à très faible
	sur les transports et trafic	Trafic lié à la maintenance	N	propreté des voies, parkings aménagés	nul à très faible
	sur les aspects socio/économiques				
	sur la santé/sécurité des personnels	Accidents	N	ports des EPI, chantier interdit au personnes non habilitées	nul à très faible
Cadre de vie	sur le paysage	BO-11 : impact nul de la plateforme du puits BO-12 : Pollution lumineuse auprès des	N	Maintien d'un écran de végétation, clôture, éclairage adapté	Nul à très faible
	sur le patrimoine				

Tableau 34 : Informations préliminaires sur les incidences environnementales des **travaux d'exploitation** des nouvelles plateformes des puits BO-11 et BO-12 et sur les mesures correctrices qui pourront être appliquées et le niveau estimé des impacts résiduels après application de ces mesures.

## **VI.5. LA CONSTRUCTION DE CONDUITES DE TRANSPORT ET DE BALLONS SEPARATEURS**

### **VI.5.1 Le puits de réinjection BO-11**

Le puits BO-11 est destiné à être un puits d'injection. Son raccordement aux installations existantes se fera à l'intérieur du périmètre de la centrale (Figure 76). Il sera connecté directement à la conduite d'eau séparée actuelle en provenance du séparateur HP, à proximité du ballon sécheur HP, par l'intermédiaire d'une conduite d'une longueur de 30 m environ, tel que discuté dans le paragraphe VI.4.1.1 et illustré sur la Figure 76.

En raison de l'importance limitée de ces travaux et de leur localisation à l'intérieur du site de la centrale, leur incidence sur l'environnement humain et naturel est considérée comme nulle.

### **VI.5.2 Le puits de réinjection BO-12**

#### **VI.5.2.1 Les travaux envisagés**

Le puits BO-12 est destiné à être un puits de production. Il sera raccordé à la conduite de transport diphasique existante au niveau de la plateforme des puits par l'intermédiaire d'une conduite de liaison d'une longueur de 40 m environ (voir Figure 77). Le transport du fluide qui sera produit par le puits BO-12 ne nécessite donc pas de construire une nouvelle conduite de transport entre la plateforme des puits et la centrale. L'implantation du puits BO-12 à proximité de puits existants est donc bénéfique d'un point de vue environnemental. Le tracé de cette conduite de transport diphasique est indiqué sur la Figure 2 et une illustration en est donnée Figure 79.

Par contre, le ballon séparateur eau/vapeur HP existant qui est situé sur le parcours de la conduite diphasique devra être remplacé par un séparateur de capacité supérieur. Une illustration de ce séparateur est donnée sur la Figure 80. La fonction de ce ballon séparateur est de séparer par gravité la vapeur et l'eau résiduelle.



Figure 79 : Tronçon de la conduite diphasique qui transportera le fluide délivré actuellement par les puits BO-5 et BO-6 et par le futur puits BO-12 de la plateforme des puits jusqu'au ballon séparateur eau/vapeur HP.



Le remplacement du ballon séparateur HP existant par un ballon de taille supérieur donnera lieu à des travaux qui seront circonscrits à la parcelle AO 584 sur laquelle est implanté le séparateur et qui appartient à Géothermie Bouillante (Figure 81). Il s'agira :

- ✓ De travaux de génie civil pour modifier les fondations du ballon séparateur ;
- ✓ De travaux de levage pour enlever le séparateur existant et mettre en place le nouveau ballon séparateur ;
- ✓ De travaux de chaudronnerie classique (découpe, soudure, calorifugeage).

Ces travaux se dérouleront sur un site industriel déporté de la centrale géothermique qui est largement anthropisé.

La durée de ces travaux est évaluée à 4 semaines environ.

#### **VI.5.2.2 Incidences environnementales des travaux**

Les travaux de construction de la conduite de liaison entre le puits BO-12 et la conduite diphasique n'auront pas d'impact notable sur le milieu naturel et humain du fait qu'ils seront circonscrits à l'enceinte de la plateforme des puits et qu'ils se dérouleront sur un site largement anthropisé.

Les travaux de remplacement du ballon séparateur HP auront des effets temporaires sur l'environnement qui sont les suivants :

- ✓ Une augmentation du trafic routier au niveau du chemin de Fifi ;
- ✓ Des nuisances sonores liées aux engins de chantier et aux outils utilisés ;
- ✓ La production de déchets de chantier.

Les mesures correctrices qui seront prises sont les suivantes :

- ✓ Les travaux seront effectués de jour et à des horaires normaux pour limiter les nuisances sonores pour les riverains ;
- ✓ Les engins utilisés seront conformes aux réglementations en matière d'émissions sonores et d'émissions de gaz d'échappement ;
- ✓ Une signalisation appropriée au niveau du Chemin de Fifi et de l'accès au chantier afin d'informer les usagers et riverains. La circulation à proximité du chantier sera règlementée et le stationnement des véhicules sera contrôlé afin d'assurer la sécurité ;
- ✓ Les déchets de chantier seront collectés et triés et dirigés vers des centres de traitement agréés.

En conclusion, les travaux d'aménagement induits par l'exploitation du puits BO-12 ne devraient pas avoir d'incidence significative sur l'environnement naturel et humain, en raison à la fois de leur caractère temporaire et de leur localisation au niveau d'un site déporté de la centrale qui est déjà largement anthropisé.

A titre préliminaire, le Tableau 35 récapitule les incidences environnementales de ces travaux. Ces informations seront complétées ultérieurement lors de l'étude d'impact qui accompagnera la demande d'autorisation d'ouverture de travaux d'exploitation de ces puits.



Figure 80 : Vue du ballon séparateur eau/vapeur HP existant qui sera remplacé par un ballon séparateur plus grand pour prendre en compte le surcroît de fluide qui sera apporté par le puits BO-12.



Figure 81 : Photographie aérienne (©géoportail) montrant les limites cadastrales de la parcelle AO584 sur laquelle est implanté le ballon séparateur HP existant.

Activité	Construction de conduites de transport des fluide et de ballons séparateurs				
Phase	Construction / Exploitation				
Milieux	Impacts avant mesures		Positif / Négatif	Mesures Prévention/Réduction/Compensation	impacts résiduels après mesures
Milieu physique	sur les sols				
	sur les eaux superficielles				
	sur les eaux souterraines				
	sur le milieu marin				
	sur les aléas naturels				
	sur le réservoir géothermal				
Milieu naturel	sur la faune et la flore terrestres	Bruit des engins de chantier et des outils divers lors des travaux de construction	N	Engins conformes à la réglementation Travaux en période diurne seulement	nul à très faible
	sur la faune et la flore marines				
Milieu humain	sur les nuisances sonores	Bruit des engins de chantier et des outils divers lors des travaux de construction	N	Engins conformes à la réglementation Travaux en période diurne seulement	très faible à faible
	sur la qualité de l'air	émissions de gaz d'échappement		Engins conformes à la réglementation	nul à très faible
	liés aux déchets	Production de déchets de chantier	N	Déchets triés et éliminés vers filières agréées	nul à très faible
	sur les transports et trafic routier	Augmentation du trafic routier sur le chemin de Fifi, stationnement des véhicules	N	Signalisation appropriée, circulation réglementée et stationnement contrôlé	faible
	sur les aspects socio/économiques	Accroissement temporaire de l'activité économique	Po	Sous-traitances auprès des entreprises locales	faible
	sur la santé/sécurité des personnels	accidents	N	Ports des EPI, chantier interdit au personnes non habilitées	nul à très faible
Cadre de vie	sur le paysage				
	sur le patrimoine				

Tableau 35 : Informations préliminaires sur les incidences environnementales des travaux d'exploitation des nouvelles plateformes des puits BO-11 et BO-12 et sur les mesures correctrices qui pourront être appliquées et le niveau estimé des impacts résiduels après application de ces mesures.

## **VI.6. LES TRAVAUX D'EXPLOITATION SENSU STRICTO DES DEUX NOUVEAUX PUIITS**

### **VI.6.1 Le puits d'injection BO-11**

Le puits BO-11 sera utilisé comme puits injecteur. Il sera artésien avec une pression statique en tête de puits de l'ordre de 10 bars-g. Il recevra l'eau séparée issue des puits producteurs BO-5, BO-6 et BO-12 via le ballon séparateur HP (Figure 2).

La réinjection s'effectuera en circuit fermé sans décharge de fluide à l'atmosphère. Les pressions et températures attendues pour la réinjection sont de l'ordre de 6-7 bars-g et 168°C.

La réinjection s'effectuera à l'aide d'une pompe malgré le fait que ce puits BO-11 sera équipé d'un cuvelage en grand diamètre (13" 3/8) qui réduira fortement les pertes de charge.

Le débit d'injection escompté est élevée et de l'ordre de 200 t/h. Il contribuera à augmenter le ratio de fluide géothermal réinjecté par rapport au fluide extrait ; ce qui sera bénéfique pour le soutien de la pression au sein du réservoir. Il contribuera également à réduire le ratio de fluide géothermal dans les effluents rejetés en mer ; ce qui contribuera à réduire les impacts chimiques et thermiques de ces effluents sur le milieu marin.

### **VI.6.2 Le puits de production BO-12**

Le puits BO-12 sera utilisé comme puits producteur. Il sera artésien avec une pression statique en tête de puits comprise entre 0 et 5 bars-g. En production, il délivrera en tête de puits un fluide géothermal partiellement vaporisé avec une phase vapeur et une phase liquide. Le débit de ce puits sera régulé par un orifice ou une vanne réglante. Ses paramètres d'exploitation prévisionnels sont :

- Débit : 300-350 t/h ;
- Pression dynamique en tête de puits : 10-20 bars-g ;
- Température en tête de puits : 185-215°C.

La mise en production du puits BO-12 en complément des puits producteurs BO-5 et BO-6 devrait théoriquement conduire à une baisse de la pression au sein du réservoir. Cette baisse de la pression sera toutefois compensée par une augmentation de la proportion d'eau séparée qui sera réinjectée (cf. ci-dessus) et qui devrait contribuer au soutien de la pression et à maintenir éloigné le risque d'ébullition au toit du réservoir.

L'exploitation du puits BO-12 se fera en système clos, sans décharge de fluide en surface et sans émission de vapeur et de gaz à l'atmosphère. Seules les phases transitoires de chauffe du puits ou de maintien en température lors d'arrêt fortuit de la centrale donneront lieu à la décharge de faibles volumes du fluide géothermal dans le bassin de stockage bétonné situé sur la plateforme (Figure 63). Ces phases durent de quelques heures à quelques dizaines d'heure et donnent lieu à la décharge de quelques m<sup>3</sup> à quelques dizaines de m<sup>3</sup> (voir § III.3.2.3 page 62).

#### **VI.6.2.1 Incidences environnementales**

Avec la mise en service du puits BO-12, l'augmentation du débit de fluide extrait du réservoir devrait se traduire par une augmentation du volume de ces fluides dans les effluents de la centrale (mélange d'eau de mer et de fluide géothermal) rejetés dans la baie de Bouillante, et donc par une augmentation des impacts chimiques et thermique sur le milieu marin. Toutefois, cette augmentation sera compensée par une augmentation du volume de fluide réinjecté dans le



réservoir (voir plus loin). Le bilan d'un point de vue chimique et thermique devrait donc être neutre au niveau des effluents.

En conditions normales, l'exploitation des deux nouveaux puits BO-11 et BO-12 se fera en système clos. Il n'y aura pas d'émission de vapeur et de gaz à l'atmosphère ni de rejet de fluide géothermal dans le milieu naturel. Ces conditions d'exploitation supprimeront les nuisances sonores liées à la décharge de fluide à haute température, les nuisances visuelles liées à la formation de panache de vapeur, et les risques de pollution des sols et des milieux aquatiques superficiels.

Lors des phases transitoires d'exploitation (chauffe des puits, maintien en température), les fluides produits en quantités très limitées seront rejetés dans le milieu naturel en utilisant les installations existantes au niveau du site de la centrale et de la plateforme des puits qui permettent de minimiser les impacts sur l'environnement.

Pour limiter le niveau sonore des écoulements de fluide diphasique dans les conduites et à travers les organes tels que les vannes, tous ces équipements seront calorifugés.

Les puits seront tubés avec un double cuvelage et cimentés et il n'y aura pas de risque de fuite de fluide géothermal vers les aquifères superficiels.

Le puits BO-11 est destiné à être un puits de réinjection. Il sera équipé d'un groupe de pompage avec un moteur électrique qui fonctionnera en permanence. Ce moteur sera capoté de façon à limiter le niveau sonore et le mettre en conformité avec les dispositions de l'arrêté préfectoral n°2012-965 et en particulier celles du chapitre 3.6. Prévention des nuisances sonores et des vibrations qui fixe les niveaux d'émergences admissibles.

Périodiquement, ces puits pourront faire l'objet de travaux de curage nécessitant l'utilisation d'une machine de forage. Le retour d'expérience de l'exploitation des puits existants montre que ce type de travaux intervient tous les 3 ou 4 ans seulement pour les puits de production et tous les 5 à 10 ans pour les puits de réinjection. Ils durent environ 1 semaine par puits. Ils pourront générer des nuisances pour les riverains tels que le bruit de la machine de forage ou le trafic des véhicules. Pour limiter les nuisances, les travaux seront exécutés de jour seulement. Les riverains seront informés de la date et de la durée de ces travaux.

Un débit de réinjection élevé dans le puits BO-11 serait susceptible de favoriser l'apparition d'une micro-sismicité induite au niveau du réservoir. Cependant, ce risque est jugé faible dans la mesure où la région de Bouillante comme le reste de la Guadeloupe se caractérise par un régime tectonique en distension. Cette situation est favorable à la réinjection de fluide dans le réservoir sans contrainte hydraulique forte et donc sans sismicité associée élevée.

En conclusion, dans la mesure où les conditions d'exploitation de ces deux nouveaux puits seront similaires à celles des puits existants et en raison des différentes mesures qui seront prises, les incidences de leur exploitation sur l'environnement apparaissent très limitées.

Le Tableau 36 récapitule de façon préliminaire les impacts potentiels liés à l'exploitation de ces deux nouveaux puits BO-11 et BO-12 et les mesures correctrices qui seront appliquées ainsi que le niveau estimé des impacts résiduels après application de ces mesures. Ces informations sont destinées à être complétées ultérieurement lors de l'étude d'impact qui accompagnera la demande d'autorisation d'ouverture de travaux d'exploitation de ces puits.

Activité	Exploitation des deux nouveaux puits (Production, Réinjection)				
Phase	Exploitation				
Milieux	Impacts avant mesures		Positif / Négatif	Mesures Prévention/Réduction/Compensation	impacts résiduels après mesures
Milieu physique	sur les sols				
	sur les eaux superficielles	Décharge limitée de fluide géothermal lors des phases transitoires d'exploitation	N	Stockage du fluide géothermal dans bassin étanche, rejet utilisant les installations existantes	très faible à faible
	sur les eaux souterraines	Contamination des aquifères souterrains	N	Puits conçus avec double cuvelage et cimentation des annulaires	nul à très faible
	sur le milieu marin		N		
	sur les aléas naturels	Sismicité induite par la réinjection	N	Mise en place d'un réseau de surveillance sismique	nul à très faible
	sur le réservoir géothermal	Baisse de la pression en lien avec l'augmentation du débit de fluide extrait du	N	Augmentation de la proportion de fluide géothermal réinjecté dans le réservoir afin de soutenir la pression	faible
Milieu naturel	sur la faune et la flore terrestres				
	sur la faune et la flore marines				
Milieu humain	sur les nuisances sonores	Bruit lié à l'écoulement du fluide diphasique Bruit des chantiers temporaires de curage	N	Calorifugeage des têtes de puits, ballons et conduites Travaux de maintenance en période diurne seulement	nul à très faible
	sur la qualité de l'air				
	liés aux déchets	Déchets de chantier liés aux travaux de maintenance et de curage des puits	N	Déchets éliminés vers filières agréées	nul à très faible
	sur les transports et trafic routier	Augmentation épisodique du trafic liée aux chantier de curage	N	Information des riverains, signalisation appropriée	nul à très faible
	sur les aspects socio/économiques	Activités de maintenance et d'entretien	Po	Sous-traitances auprès d'entreprises locales	faible
	sur la santé/sécurité des personnels	Accidents	N	ports des EPI, chantier interdit au personnes non habilitées	nul à très faible
Cadre de vie	sur le paysage				
	sur le patrimoine				

Tableau 36 : Informations préliminaires sur les incidences environnementales de l'exploitation des deux nouveaux puits BO-11 et BO-12 et sur les mesures correctrices qui pourront être appliquées et le niveau estimé des impacts résiduels après application de ces mesures.

## VI.7. L'AUGMENTATION DE LA CAPACITE DE PRODUCTION DU RESERVOIR ET LA CONSTRUCTION EVENTUELLE D'UNE NOUVELLE UNITE DE PRODUCTION ELECTRIQUE

### VI.7.1 Rappel de la situation actuelle

La capacité nominale de production électrique brute cumulée des deux unités Bouillante 1 et Bouillante 2 est actuellement de 15,5 MW (4,5 MW + 11 MW). Ce fonctionnement au nominal des deux unités Bouillante 1 et 2 requièrent en théorie l'extraction d'un débit de fluide du réservoir de l'ordre de 635 t/h, correspondant à un débit vapeur HP de 122 t/h après séparation à 6,5 bars-a. Toutefois, dans la mesure où le rendement des deux unités est aujourd'hui légèrement dégradé par rapport à la valeur nominale, le débit de fluide qui est fourni actuellement aux deux unités est légèrement supérieur et plutôt de l'ordre de 650 t/h (Tableau 37). Cette production de fluide est actuellement assurée par les deux puits producteurs BO-5 et BO-6 qui ont des productivités élevées et la capacité de délivrer chacun des débits de l'ordre de 300 à 350 t/h.

	Puits producteurs	Débit de fluide extrait du réservoir (t/h)	Puissance électrique brute (MW)
2018	BO-5 + BO-6	650	15,5
A partir de mi-2019	BO-5 + BO-6 + BO-12	970	23-25

Tableau 37 : Débit de fluide extrait du réservoir actuellement (nov. 2018) et dans la perspective de la mise en exploitation du puits BO-12 et leur équivalence en termes de capacité de production électrique brute.

### VI.7.2 L'augmentation de la capacité de production des puits

L'ajout d'un troisième puits producteur BO-12 aux deux puits existants BO-5 et BO-6 devrait permettre d'augmenter le débit de fluide extrait du réservoir de un tiers. Les projections tablent sur un débit de l'ordre de 970 t/h (Tableau 37). Grâce à cet apport du puits BO-12, il peut être envisagé de construire une nouvelle unité pour augmenter la capacité de production électrique de la centrale de Bouillante. Selon que cette nouvelle unité sera équipée d'une turbine à vapeur conventionnelle (utilisant la vapeur HP seule) ou d'une turbine de type ORC (valorisant la vapeur HP et l'eau séparée), le surcroît de production électrique peut être estimé entre 7 MW et 10 MW brut environ. Toutefois, aucune décision n'est encore arrêtée sur la capacité de cette nouvelle unité et ce pour plusieurs raisons :

- Tant que le puits BO-12 n'aura pas été foré et testé, il subsistera une incertitude sur sa capacité de production ;
- Parallèlement, il subsistera une incertitude sur la capacité du réservoir à assurer à moyen et long terme un tel niveau de production ;
- Les unités Bouillante 1 et Bouillante 2 sont anciennes et leurs rendements se sont légèrement dégradés et pourront continuer à se dégrader dans les années à venir. Il peut être nécessaire de les alimenter avec un débit de vapeur supérieur au débit nominal, réduisant d'autant le gain de production apporté par le puits BO-12, disponible pour une nouvelle unité;

- Il est encore trop tôt pour définir le type de turbine qui serait le plus approprié. Comme indiqué plus haut, le choix peut se faire entre une turbine à vapeur conventionnelle ou une turbine de type ORC.

Géothermie Bouillante sera également amenée à faire un choix entre les deux solutions suivantes :

- La construction d'une troisième unité venant s'ajouter aux deux premières, dont l'emplacement n'est pas encore arrêté et sera en partie dicté par le type de turbine retenu et les contraintes foncières dans le bourg de Bouillante;
- Le remplacement de l'unité Bouillante 1 (voir Figure 82) par une nouvelle unité de capacité plus importante.

Au vu de ces incertitudes, Géothermie Bouillante estime que la décision finale de construire une nouvelle unité ne pourra être arrêtée qu'après le forage des puits BO-11 et BO-12, et après une période d'essai probatoire de ces deux puits de plusieurs mois. Les choix du type, de la taille et de l'emplacement de cette nouvelle unité seront particulièrement déterminants en termes d'incidence environnementale.

Par ailleurs, il faut signaler que, bien que dans l'incapacité d'évaluer correctement les incidences environnementales d'une nouvelle unité sur le site de Bouillante, Géothermie Bouillante a déjà entamé un travail préliminaire d'information et de concertation avec la population de Bouillante au sujet de cette nouvelle unité à travers des réunions de la Commission de Suivi de Site (CSS). L'exploitant s'engage à poursuivre cette démarche dans l'esprit de l'article L122-1 du Code de l'Environnement.

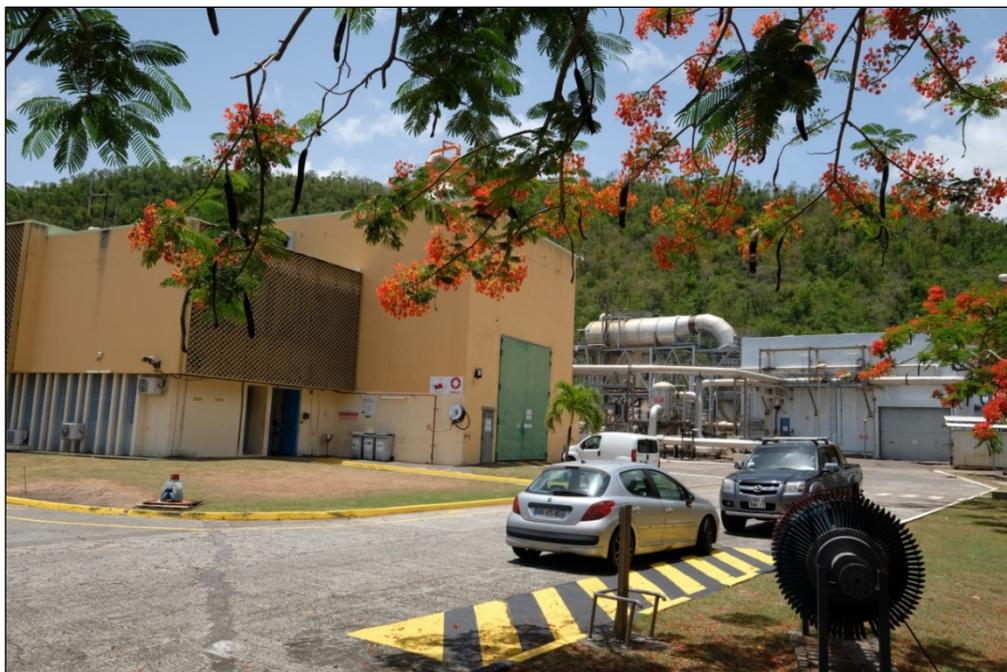


Figure 82 : Vue du bâtiment de couleur beige de l'unité Bouillante 1 abritant le groupe turbo-alternateur de 4,5 MW (à gauche) et du bâtiment de couleur bleu ciel de l'unité Bouillante 2 abritant le groupe turbo-alternateur de 11 MW (au fond à droite).

Le chronogramme indicatif d'un projet regroupant les travaux de forage des nouveaux puits BO-11 et BO-12 et la construction d'une nouvelle unité de production électrique à Bouillante permet de visualiser les échéances d'un tel projet (Tableau 38). Il participe à cette démarche d'information et de concertation.

	Année 1		Année 2		Année 3		Année 4	
Forage des puits BO-11 et BO-12								
Test et mise en service des nouveaux puits								
Conception d'une nouvelle unité								
Obtention des autorisations nécessaires								
Travaux de construction d'une nouvelle unité								
Essais et mise en service de la nouvelle unité								

Tableau 38 : Chronogramme indicatif d'un projet incluant le forage des nouveaux puits BO-8 et BO-9 et la construction d'une nouvelle unité de production électrique à Bouillante.

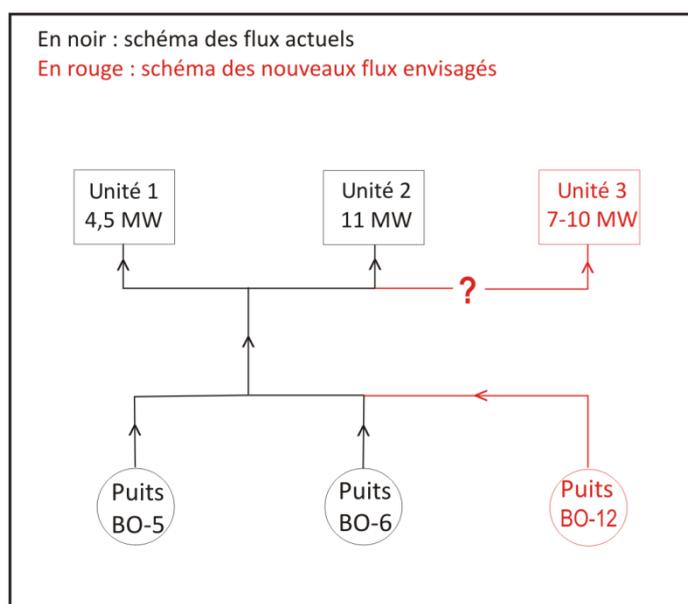


Figure 83 : Représentation schématique de la configuration d'exploitation actuelle des deux unités Bouillante 1 et 2 (en noir) et des modifications éventuelles engendrées par le forage du nouveau puits de production BO-12 (en rouge).

### VI.7.3 Configuration transitoire de l'exploitation

Lorsque le puits BO-12 sera mis en service, la nouvelle unité qui est envisagée ne sera pas encore construite. Dans un premier temps, la production du puits BO-12 sera donc mutualisée avec celle des puits existants BO-5 et BO-6 pour couvrir les besoins des unités Bouillante 1 et Bouillante 2, comme cela est illustrée sur la Figure 83. Cette configuration est prévue pour durer quelques années si l'on prend en compte les temps nécessaires à la conception d'une nouvelle unité, à l'obtention des autorisations nécessaires, à la construction de cette unité et à sa mise en service (Tableau 38).

Cette configuration ne requière pas d'augmentation du débit d'eau de mer utilisée pour le refroidissement du fluide géothermal. De même, il n'y aura pas d'augmentation de la quantité de gaz incondensables (dont H<sub>2</sub>S) rejetée dans l'atmosphère.

#### VI.7.4 Incidences environnementales de la construction d'une nouvelle unité

Le forage puis la mise en exploitation des deux nouveaux puits BO-11 et BO-12 peuvent avoir des incidences environnementales fortes s'ils aboutissent à la construction d'une nouvelle unité de production électrique. Au sens de l'article L122-1 du Code de l'Environnement qui prescrit d'analyser un projet dans son ensemble, Géothermie Bouillante est tenu de préciser les incidences environnementales de cette nouvelle unité.

A ce stade, et comme cela a été explicité précédemment, il n'est pas encore possible pour Géothermie Bouillante de détailler les caractéristiques de cette nouvelle unité et d'évaluer précisément ses incidences environnementales. Les principales incertitudes portent sur :

- ✓ L'implantation de cette nouvelle unité ;
- ✓ La capacité de production de cette nouvelle unité ;
- ✓ Le type de turbine qui sera retenu.

L'implantation de cette nouvelle unité sera dictée par les contraintes techniques, foncières et environnementales. D'un point de vue technique, il peut être envisagé d'implanter cette nouvelle unité au niveau ou à proximité de l'un des sites actuels d'exploitation de la centrale pour bénéficier des infrastructures existantes, à savoir : le site actuel de l'usine dans le bourg de Bouillante, le site de la plateforme des puits à Plateau, le site de la station de pompage en eau de mer (Figure 2). D'un point de vue foncier, les possibilités seront dictées par la disponibilité des terrains et les possibilités d'achat.

A ce stade, les principales incidences environnementales des travaux de construction d'une nouvelle unité qui sont identifiées et qui devront faire l'objet de mesures de prévention/réduction ou compensation, seront liées :

- ✓ Aux travaux éventuels de défrichage, d'excavation et de terrassement ;
- ✓ Aux nuisances sonores générées par les engins de chantier ;
- ✓ A la pollution accidentelle des eaux de surfaces par des rejets de polluants (huiles, ...) ;
- ✓ A l'émission de poussières ;
- ✓ A la production de déchets de chantier de nature diverses ;
- ✓ A l'augmentation locale du trafic ;
- ✓ A la modification éventuelle de la topographie et du cadre de vie.

Ces incidences seront temporaires et limitées à la durée du chantier de construction. Le Tableau 39 répertorie ces incidences environnementales et les mesures correctrices envisagées, ainsi que le niveau estimé des impacts résiduels après application des mesures correctrices.

La construction de cette nouvelle unité aura également un impact positif notable sur l'activité socio-économique de la commune de Bouillante et de la Guadeloupe car elle fera travailler directement et indirectement de nombreuses entreprises locales (génie civil, bâtiment, électricité, chaudronnerie, restauration, hôtellerie, ...) pendant 2 ans environ.

Activité	Construction d'une nouvelle unité				
Phase	Construction				
Milieu	Impacts avant mesures		Positif / Négatif	Mesures Prévention/Réduction/Compensation	impacts résiduels après mesures
Milieu physique	sur les sols	Pollution accidentelle par engins de chantier, érosion des sols liée à excavation et défrichage	N	Bac de rétention, stabilisation des sols, revégétalisation	faible
	sur les eaux superficielles	Pollution accidentelle par engins de chantier, turbidité des eaux	N	réseau d'eaux pluviales avec dispositif débourbeur/déshuileur	faible
	sur les eaux souterraines				
	sur le milieu marin				
	sur les aléas naturels	Mouvements de terrain, aléas sismique et cyclonique	N	Précautions habituelles en matière de stabilité des sols Application des normes antisismique et anticyclonique	faible
	sur le réservoir géothermal				
Milieu naturel	sur la faune et la flore terrestres	Nuisances sonores du chantier Défrichage éventuel, perte d'habitat	N	Engins conformes à la réglementation, travail en période diurne seulement, limitation des surfaces défrichées, revégétalisation	faible
	sur la faune et la flore marines				
Milieu humain	sur les nuisances sonores	Nuisances sonores du chantier	N	Engins conformes à la réglementation Travail en période diurne seulement	faible à modéré
	sur la qualité de l'air	Poussières du chantier	N	arrosage du chantier	nul à très faible
	liés aux déchets	Déchets de chantier	N	Déchets éliminés vers filières agréées	nul à très faible
	sur les transports et le trafic routier	Augmentation temporaire du trafic, stationnement des véhicules	N	Information des riverains, signalisation appropriée, création de parking	faible
	sur les aspects socio/économiques	activités de chantier	Po	sous-traitances auprès entreprises locales	elevé
	sur la santé/sécurité des personnels	accidents	N	ports des EPI, chantier interdit au personnes non habilitées	nul à très faible
Cadre de vie	sur le paysage	Modification de la topographie, construction de bâtiment, mise en place d'équipements	N	Intégration paysagère, choix des coloris et des matières revégétalisation,	faible à modéré
	sur le patrimoine				

Tableau 39 : Informations préliminaires sur les incidences environnementales des **travaux de construction** d'une nouvelle unité de production électrique et sur les mesures correctrices qui pourront être appliquées et le niveau estimé des impacts résiduels après application de ces mesures.

Activité	Exploitation d'une nouvelle unité				
Phase	Exploitation				
Milieu	Impacts avant mesures		Positif / Négatif	Mesures Prévention/Réduction/Compensation	impacts résiduels après mesures
Milieu physique	sur les sols	Pollution accidentelle par déversements d'huile ou de fluide géothermal	N	Bacs de rétention, imperméabilisation des sols, réseau d'eaux pluviales avec dispositifs déboureur/déshuileur	nul à très faible
	sur les eaux superficielles	Pollution accidentelle par déversements d'huile ou de fluide géothermal	N	Bacs de rétention, imperméabilisation des sols, réseau d'eaux pluviales avec dispositifs déboureur/déshuileur	nul à très faible
	sur les eaux souterraines				
	sur le milieu marin	Prélèvement eau de mer pour refroidissement du fluide géothermal, rejet des effluents	N	Réinjection partielle du fluide géothermal dans le réservoir	faible
	sur les aléas naturels	Mouvements de terrain, aléas sismique et cyclonique	N	Précautions habituelles en matière de stabilité des sols, Application des normes antisismique et anticyclonique	nul à très faible
	sur le réservoir géothermal				
Milieu naturel	sur la faune et la flore terrestres	Pollution lumineuse, nuisances sonores	N	Eclairage aménagé, isolation phonique des bâtiments	nul à très faible
	sur la faune et la flore marines	Rejet des effluents en mer	N	Réinjection partielle du fluide géothermal dans le réservoir Surveillance des populations	nul à très faible
Milieu humain	sur les nuisances sonores	bruit de fonctionnement des installations	N	Isolation phonique des bâtiments, sélection de process permettant de réduire le bruit, écrans phoniques	Faible
	sur la qualité de l'air	Rejet de gaz H <sub>2</sub> S à l'atmosphère Réduction des émissions de CO <sub>2</sub>	N Po	Surveillance de la concentration en H <sub>2</sub> S dans l'atmosphère	faible
	liés aux déchets	Déchets liés à l'exploitation et la maintenance	N	Déchets éliminés vers filières agréées	nul à très faible
	sur les transports et trafic		N		
	sur les aspects socio/économiques	Accroissement des activités de maintenance et d'entretien, Réduction dépendance énergétique de l'île	Po Po	Embauche de personnels à la centrale, Sous-traitances auprès entreprises locales	faible à modéré
	sur la santé/sécurité des personnels et des visiteurs	Accidents	N	Ports des EPI, entrée du site interdit aux personnes non habilitées, visiteurs accompagnés	nul à très faible
Cadre de vie	sur le paysage				Faible
	sur le patrimoine				

Tableau 40 : Informations préliminaires sur les incidences environnementales des **travaux d'exploitation** d'une nouvelle unité de production et sur les mesures correctrices qui pourront être appliquées et le niveau estimé des impacts résiduels après application de ces mesures.

### **VI.7.5 Incidences environnementales de l'exploitation d'une nouvelle unité**

En ce qui concerne les travaux d'exploitation de cette nouvelle unité, les principales incidences environnementales identifiées seront similaires à celles générées par l'exploitation des unités Bouillante 1 et Bouillante 2. Elles sont répertoriées dans le Tableau 40. Parmi les incidences négatives, on peut citer :

- ✓ Des nuisances sonores générées par les équipements en fonctionnement ;
- ✓ Des émissions atmosphériques de gaz et en particulier du gaz H<sub>2</sub>S (hydrogène sulfuré) ;
- ✓ Le rejet des effluents dans la baie de Bouillante.

Le Tableau 40 indique les mesures correctrices qui seront mises en œuvre pour éviter, réduire ou compenser ces incidences. Le niveau des impacts résiduels sera étroitement dépendant de la localisation de cette nouvelle unité, du type de turbine retenue et de sa capacité de production ; paramètres qui restent encore à définir. Les choix techniques qui seront faits viseront à réduire au maximum ces incidences environnementales négatives.

L'exploitation de cette nouvelle unité aura également des incidences environnementales positives avec :

- ✓ Un accroissement de la part des énergies renouvelables et locales dans le mix énergétique guadeloupéen, venant en substitution d'énergies fossiles ;
- ✓ Une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> ;
- ✓ Un accroissement de l'activité sur le site de Bouillante qui devrait se traduire par des embauches supplémentaires de personnels par la société Géothermie Bouillante et par un volume accru des sous-traitances auprès des entreprises locales pour les travaux de maintenance et d'entretien.

### **VI.8. CONCLUSIONS**

L'objet de ce chapitre VI était de préciser les changements au niveau de l'exploitation géothermique qui découleront de la réalisation de ces deux nouveaux puits BO-11 et BO-12, afin d'appréhender le projet dans sa globalité ainsi que les incidences sur l'environnement.

Ces changements ont été identifiés et regroupés sous quatre rubriques différentes. Pour chacune d'entre-elles, une description succincte des travaux de construction et/ou d'exploitation a été donnée ainsi qu'une évaluation préliminaire de leur incidence potentielle sur l'environnement. Des tableaux de synthèse ont été élaborés afin de présenter les impacts sur les différents milieux ainsi que les mesures correctrices qui pourront être mises en œuvre. Les impacts résiduels après application de ces mesures sont également évalués. Il s'agit d'une évaluation préliminaire et non définitive qui a pour ambition d'informer sur le niveau attendu de ces impacts résiduels.

Parmi ces changements, il a été envisagé la construction d'une nouvelle unité de production électrique destinée à prendre en compte l'augmentation de la quantité de fluide géothermal extrait du réservoir. Dans la mesure où il subsiste encore de nombreuses incertitudes sur le type, la taille et l'emplacement de cette nouvelle unité, il est difficile à ce stade d'évaluer définitivement ses incidences sur l'environnement. Cette première approche devra être complétée lors de la nouvelle étude d'impact qui sera réalisée ultérieurement lorsque le projet de construction de cette nouvelle unité sera validé.



## VII. LES METHODES D'ÉVALUATION DES IMPACTS ET LES DIFFICULTES RENCONTREES

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 ;
- ✓ Gabrielle Négrel, Ingénieur géochimiste et environnement ;
- ✓ Anne-Lise Gille, Ingénieur hydrogéologue ;
- ✓ Louis Hirsinger, Ingénieur forage.

Cette étude d'impact a bénéficié de deux contributions externes importantes :

- ⇒ Une contribution de l'**Agence Régionale du BRGM** (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), basé à Petit-Bourg, Guadeloupe, en ce qui concerne l'évaluation des risques naturels au niveau du site de forage des puits BO-12 ;
- ⇒ Une contribution du bureau d'études **Caraïbe Environnement Développement**, basé à Baie-Mahault, Guadeloupe, en ce qui concerne l'étude faunistique et floristique du site.

L'évaluation des impacts des travaux de forage des puits BO-11 et BO-12 sur l'environnement a reposé sur l'analyse des sensibilités environnementales du site, la prise en compte de la nature des travaux qui seront réalisés, et la comparaison entre l'état initial du site et l'état projeté.

Aucune difficulté particulière n'a été rencontrée pour évaluer ces impacts.

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

- AEC (2018) – Mesurages Acoustiques puits BO-11 & BO-12. Centrale géothermique de Bouillante. Rapport A3759-R03-EV, 22/11/2018, 113 pages.
- 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<sup>ème</sup> partie : Etude d'Impact. Rapport n° 388Q-R0904/09/PS/OF, 145 pages.
- Caraïbes Environnement (2017) – Mesures d'impact sonore dans l'environnement des installations de la centrale géothermique ORMAT, septembre 2017, 24 pages, 2 annexes.
- CFG Services (2010) - Cartographie des émissions atmosphériques d'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) 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.



- Gwad'air (2010) – Campagne de mesure de la pollution atmosphérique sur la Cote-sous-le-vent, septembre 2010, 81 pp.
- INERIS (2011) - Fiche de données toxicologiques et environnementales de l'Hydrogène sulfuré (mise à jour du 29/09/2011). 106pp.
- Météo France Guadeloupe (2017) – Bulletin climatique annuel 2016 de la Guadeloupe, 4 pages.
- OREC (2017) – Les chiffres clés de l'Energie en Guadeloupe. Bilan 2016, 40 pages.
- Région Guadeloupe, DEAL (2017) - Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) 2016-2018/2019-2023 de la Guadeloupe, 113 pages.
- CFG Services (2010) - Cartographie des émissions atmosphériques d'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) de l'unité B1 de la centrale géothermique de Bouillante. Rapport 10 CFG 65, 26 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
- 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'Energie (PPE) 2016-2018/2019-2023 de la Guadeloupe, 113 pages.

Les principaux textes législatifs qui ont été consultés sont les suivants :

- ✓ 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.

\* \* \* \* \*



## ANNEXES

- Annexe 1** : Plans cadastraux des parcelles AO 612 et AO 413 sur lesquelles sont implantés les puits BO-11 et BO-12.
- Annexe 2** : Rapport du BRGM sur l'évaluation et le zonage des risques naturels.
- Annexe 3** : Préfecture de la Région Guadeloupe. Commune de Bouillante – Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles. Règlement. Mai 2007.
- Annexe 4** : Rapport de Caraïbes Environnement Développement sur L'Etude faunistique et floristique de la parcelle AO413 de Bouillante et de sa proche périphérie
- Annexe 5** : Etude Acoustique – Centrale de Bouillante. Rapport de la société AEC, novembre 2018.
- Annexe 6** : Fiches de Données de Sécurité des principaux produits utilisés pour la fabrication du fluide de forage (Bentonite, baryte, carbonate de calcium, IDOS 130A).
- Annexe 7** : INERIS – Fiche de données toxicologiques et environnementales de l'Hydrogène sulfuré. Mise à jour : 29/09/2011.