



Géothermie haute température : le défi énergétique

Bernard Sanjuan, Vincent Bouchot, Alain Gadalia, Hervé Traineau

► To cite this version:

Bernard Sanjuan, Vincent Bouchot, Alain Gadalia, Hervé Traineau. Géothermie haute température : le défi énergétique. Géosciences, 2011, 14, pp.32-41. hal-00662098

HAL Id: hal-00662098

<https://brgm.hal.science/hal-00662098>

Submitted on 23 Jan 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Géothermie haute température : le défi énergétique pour 2020

Alors qu'elle représente un potentiel important pour la production d'électricité dans la plupart des îles volcaniques de l'Outre-mer, qui voient grimper leur facture énergétique et leurs rejets en CO₂, la géothermie haute température a du mal à s'y développer. Les objectifs ambitieux du Grenelle de l'environnement qui visent à produire, à l'horizon 2020, 50 % de l'électricité de l'outre-mer grâce aux énergies renouvelables, sont une opportunité, sans précédent, pour mettre en place une stratégie cohérente de développement de la géothermie dans ces îles.

Vue aérienne de la baie de Bouillante sur la côte ouest de Basse-Terre (Guadeloupe). En premier plan, la nouvelle usine géothermique productrice d'électricité mise en route en 2005.

An aerial view of Bouillante Bay on the western coast of Basse-Terre (Guadeloupe). In the foreground, the new geothermal power plant commissioned in 2005.

© BRGM Guadeloupe, July 2011.



Bernard Sanjuan

BRGM, DÉPARTEMENT GÉOTHERMIE
b.sanjuan@brgm.fr



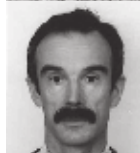
Vincent Bouchot

BRGM, DÉPARTEMENT GÉOTHERMIE
v.bouchot@brgm.fr



Alain Gadalia

BRGM, DÉPARTEMENT GÉOTHERMIE
a.gadalia@brgm.fr



Hervé Traineau

CFG SERVICES
h.traineau@cfg.brgm.fr

Les îles volcaniques de l'Outre-mer, du fait de leur insularité, sont confrontées à la fragilité de leur système énergétique et de leur environnement. Étant donné la demande croissante en électricité et l'augmentation significative et probablement durable du prix des hydrocarbures, ces territoires voient s'envoler leur facture énergétique. Des politiques visant à limiter le gaspillage énergétique ont très vite été mises en place avec des actions comme la diffusion massive des lampes basse consommation ou la promotion d'équipements électroménagers plus performants. Parallèlement, des programmes incitatifs de développement des énergies renouvelables, qui permettent en même temps de réduire les émissions de gaz à effet de serre, ont été engagés.

Ces îles volcaniques, qui bénéficient pour la plupart des vents alizés, d'un réseau hydrographique dense lié à un relief accentué et d'un fort ensoleillement, sont bien dotées en ressources énergétiques renouvelables et ont connu d'importantes réalisations dans ce domaine, ces dernières années. On peut citer ainsi : à la Réunion, un parc éolien de 6 MW qui devrait, à terme, atteindre 60 MW, et un parc d'électricité photovoltaïque de 7 MW, avec une croissance espérée de 5 à 6 MW par an ; en Guadeloupe, la mise en service de la centrale thermique du Moule (exploitant en partie de la bagasse) ou l'exemple, unique en France et dans la Caraïbe, de la centrale géothermique haute température de Bouillante (photo



d'entrée), dont les deux unités de production totalisent, aujourd'hui, une capacité de 15 MW, soit 6 % de la demande en électricité de l'île ; à Tahiti, les 30 % de l'électricité consommée, qui proviennent essentiellement de l'énergie hydraulique.

Les énergies renouvelables : la solution vers une autonomie énergétique

Néanmoins, tous ces efforts sont loin d'être suffisants et doivent être largement accrus et généralisés sur l'ensemble des territoires de l'Outre-mer si l'on veut atteindre les objectifs ambitieux du Grenelle de l'environnement, qui visent à produire, à l'horizon 2020, 50 % de l'électricité de l'Outre-mer, grâce aux énergies renouvelables, puis parvenir à l'autonomie énergétique en 2030. Pour cela, toutes les énergies doivent être mises à contribution, et la géothermie haute température (HT) semble être incontournable dans ces régions volcaniques. C'est en effet une énergie indépendante des aléas climatiques, disponible 24h/24, contrairement à l'éolien et au solaire, et ses coûts de production, significativement inférieurs à ceux des centrales thermiques à combustibles fossiles, restent parmi les plus compétitifs. Dans ces conditions, la mise en œuvre de projets de quelques mégawatts à quelques dizaines de mégawatts pourrait satisfaire une fraction importante des besoins en électricité de la plupart des territoires insulaires volcaniques. Par ailleurs, les ressources géothermiques peuvent aussi être valorisées pour la

production de froid ou pour des activités thermodynamiques, ce qui, dans ces îles tropicales à vocation touristique, serait un atout précieux.

La présence de gisements d'énergie géothermique HT nécessite :

- l'existence d'une source de chaleur à quelques kilomètres de profondeur, due à une activité volcanique ou intrusive récente (moins de 500 000 ans) ;
- une perméabilité élevée du sous-sol, généralement liée à la présence de failles ;
- une disponibilité d'eau de surface (eau météorique, mer) capable de s'infiltrer dans le sous-sol, circuler en profondeur et se réchauffer au contact des roches portées à haute température ;
- des formations géologiques superficielles imperméables jouant le rôle de couverture du gisement.

Jusqu'à présent, la géothermie HT s'est développée principalement dans les zones tectoniquement favorables (zones de subduction, rifts, points chauds...), qui sont le siège de flux de chaleur élevés et de systèmes fracturés susceptibles d'engendrer des circulations d'eau chaude proches de la surface (températures supérieures à 180 °C, à moins de 2 km de profondeur). Ce type de géothermie est déjà exploité (environ 10,7 GW installés à travers le monde (*figure 1*) et on estime atteindre 70 GW en 2050 [Bertani (2010)]. La plupart des territoires insulaires volcaniques de l'Outre-mer français se situent dans ce type d'environnement favorable.

Fig. 1 : Capacité installée de production électrique d'origine géothermique en 2010 à travers le monde.

© BRGM, C. Chéry (d'après les données de Bertani, 2010).

Fig. 1: Installed capacity for geothermal power generation in the world in 2010.

© BRGM, C. Chéry (based on data from R. Bertani, 2010).

Les Antilles, un fort potentiel géothermique

La Guadeloupe et la Martinique font partie du chapelet d'îles qui constituent l'arc volcanique des petites Antilles (figure 2a). Long de 850 km, cet arc volcanique nord-sud est le résultat de la subduction de la plaque Atlantique qui s'enfonce sous la plaque Caraïbe à une vitesse moyenne de 2 cm par an (figure 2b). Située sur la côte ouest de l'île de Basse-Terre (Guadeloupe), le contexte géologique de la région de Bouillante est particulièrement favorable à l'existence de ressources géothermiques HT (figure 3). De nombreuses manifestations thermales superficielles à terre et en mer (figure 4) traduisent des fuites d'un réservoir géothermique profond [Traineau et al., (1997) ; Lachassagne et al., (2009) ; Millot et al., (2010)]. En Martinique, deux zones sont jugées priori-

taires pour un tel développement : la haute vallée de la rivière Chaude, près des dômes sommitaux de la Montagne Pelée, et la zone côtière de la source thermale de Petite Anse des Anses d'Arlets (figure dans encadré), révélée par des travaux de prospection de surface menés par le BRGM en 2003 [Sanjuan et al., (2005)] avec le soutien financier de la région Martinique, de l'Ademe Martinique et des fonds Feder.

“ La géothermie haute température s'est développée principalement dans les zones tectoniquement favorables (zones de subduction, rifts, points chauds...) ”

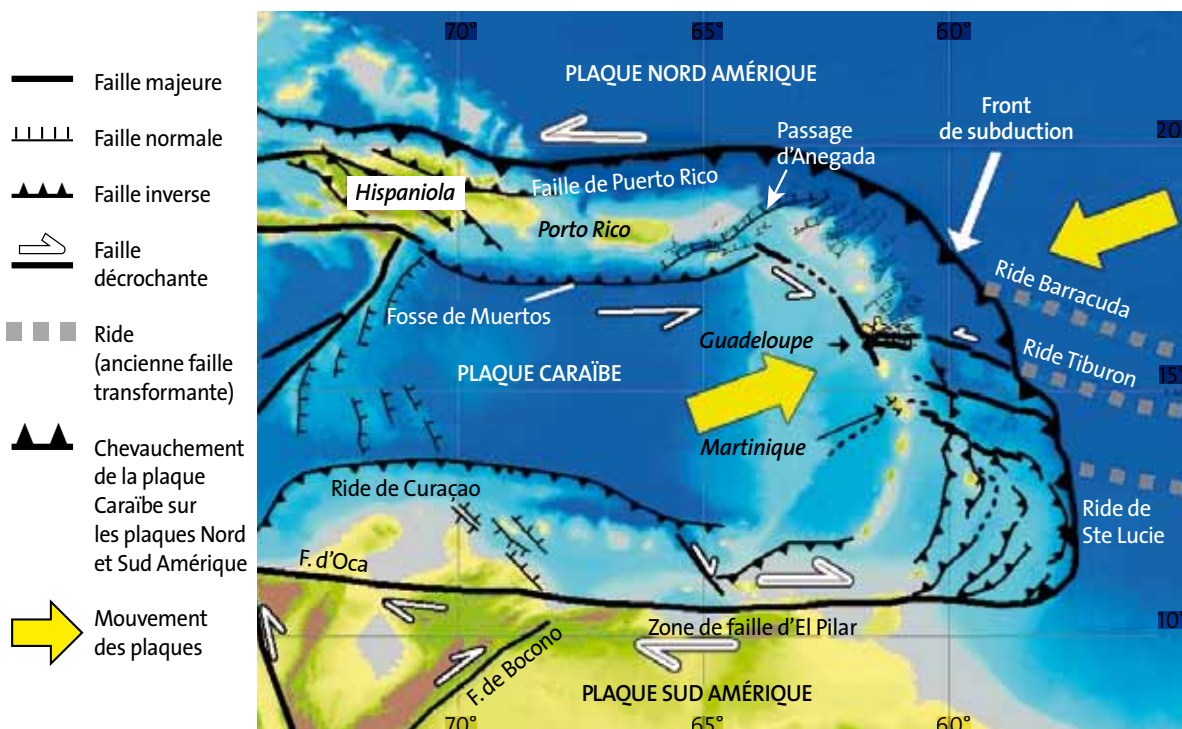


Fig. 2/a :
Contexte géodynamique de l'arc volcanique des Petites Antilles.

Modifiée d'après Feuillet et al., 2001.

Fig. 2/a:
Geodynamic context of the volcanic arc of the Lesser Antilles.

Modified from Feuillet et al., 2001.

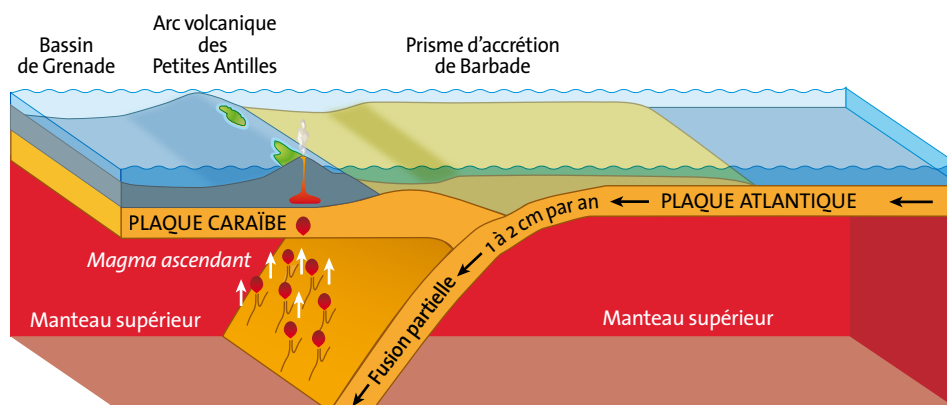


Fig. 2/b :
Coupe est-ouest synthétisant la subduction de la plaque Atlantique sous la plaque Caraïbe.

© D'après Mount-pelée.com

Fig. 2/b:
East-west cross-section depicting the subduction of the Atlantic plate beneath the Caribbean plate.

© From Mount-pelée.com

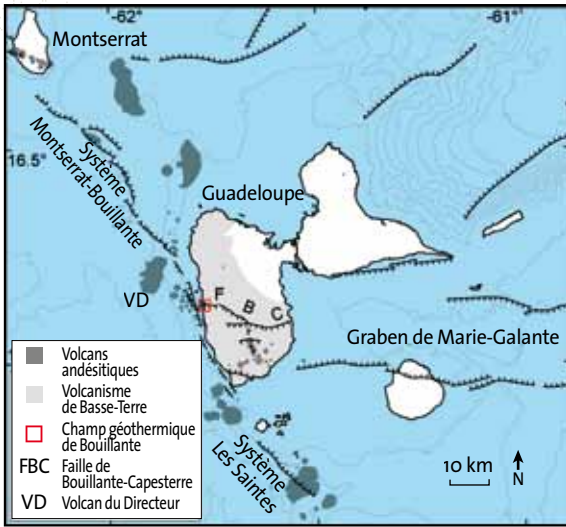


Fig. 3 : Position du champ géothermique de Bouillante (ouest de Basse-Terre, zone encadrée en rouge) à l'intersection du système de failles décrochant NNW-SSE de Montserrat-Bouillante-Les Saintes et du système de graben E-W de Marie-Galante.

D'après Calcagno et al., (2011).

Fig. 3: Location of the Bouillante geothermal field (on western Basse-Terre, zone inside the square red border) at the intersection of the NNW-SSE strike-slip fault system of Montserrat-Bouillante-Les Saintes and the Marie-Galante graben system.

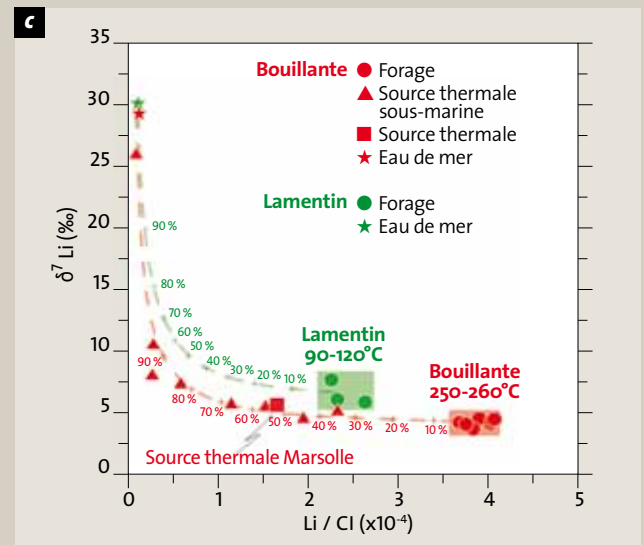
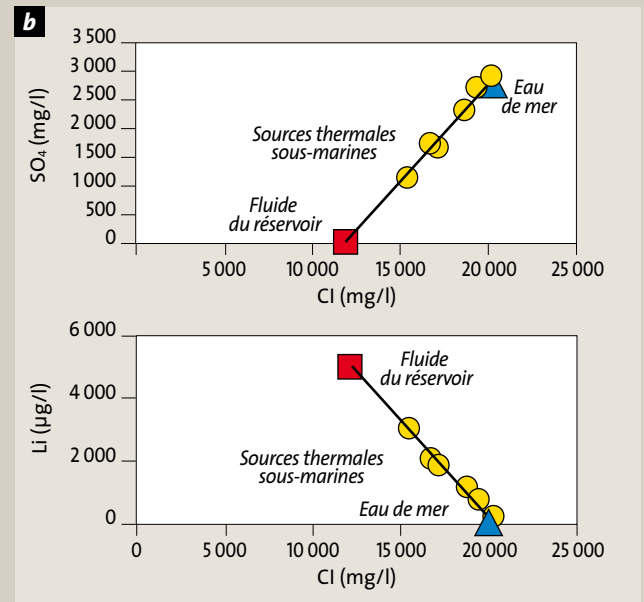
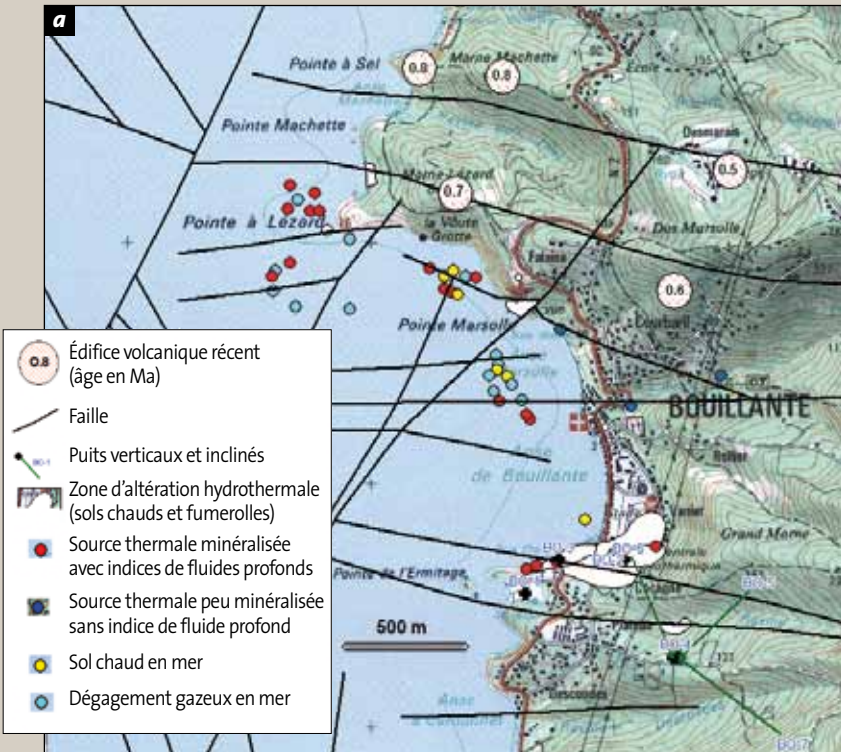
From Calcagno et al., (2011).

Fig. 4 :
a - Carte de localisation des principaux appareils volcaniques, failles et manifestations thermales à terre et en mer de la région de Bouillante, en Guadeloupe.
b et c - Les figures de droite mettent en évidence des mélanges de fluide du réservoir géothermique profond (fluide produit par les forages géothermiques) avec de l'eau de mer, qui alimentent les sources thermales sous-marines et certaines sources thermales terrestres.

Figure 4c extraite de Millot et al., 2010.

Fig. 4:
a - Map showing the locations of the main volcanic structures, faults and thermal manifestations in the Bouillante region, Guadeloupe on land and at sea.
b et c - The right-hand figures illustrate the mixtures of fluids in the deep geothermal reservoir (fluid resulting from the geothermal wells) with the seawater that feeds the submarine hot springs and some hot springs on land.

Figure 4c taken from Millot et al., 2010.



coalescents (Salazie, Cilaos et Mafate). Les mesures thermométriques effectuées en forage révèlent des gradients de 18 à 20 °C par 100 m dans les cirques de Salazie et de Cilaos. Des indices hydrothermaux de surface (*figures 5a et 5b*) soulignent le potentiel du massif en terme de géothermie. La difficulté majeure dans l'exploration géothermique du massif du Piton des Neiges réside dans la localisation des structures volcanotectoniques, qui sont restées perméables et n'ont pas été colmatées par des dépôts de minéraux hydrothermaux. En ce qui concerne le Piton de la Fournaise, les conditions propices au développement d'un système hydrothermal

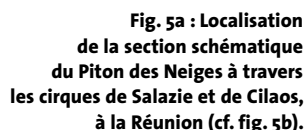
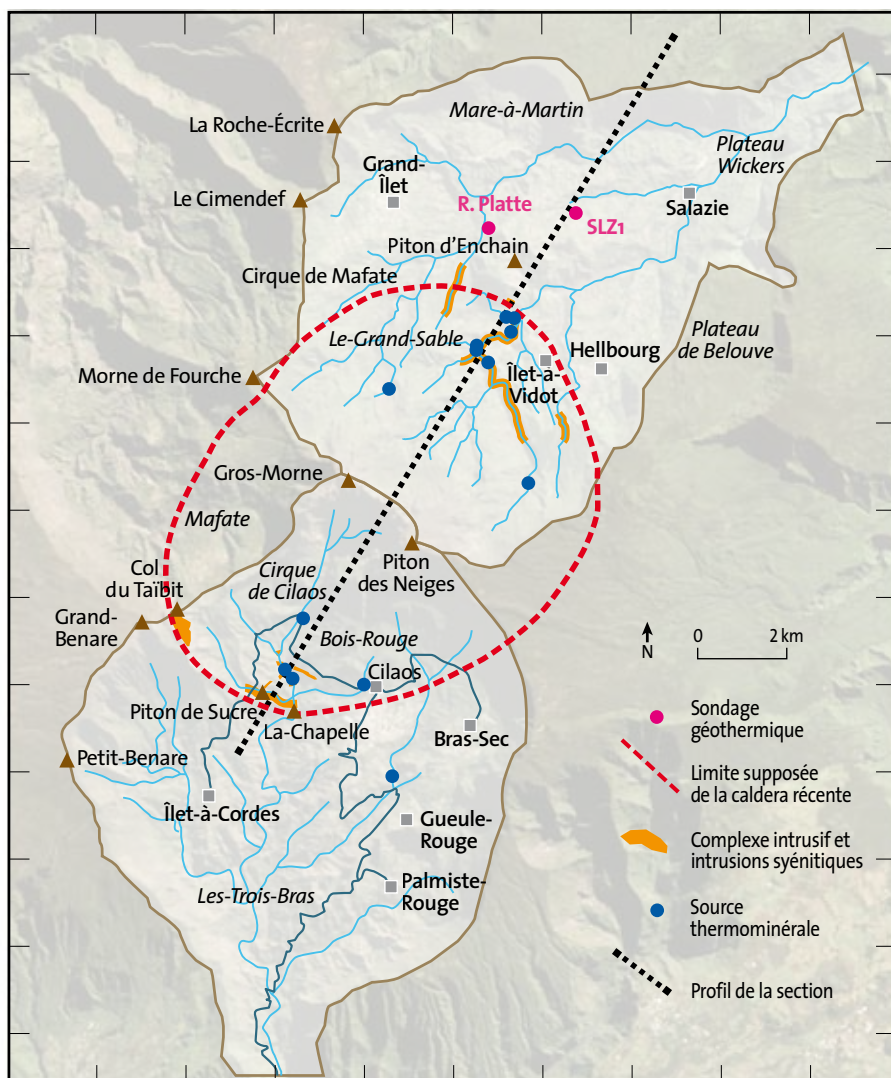
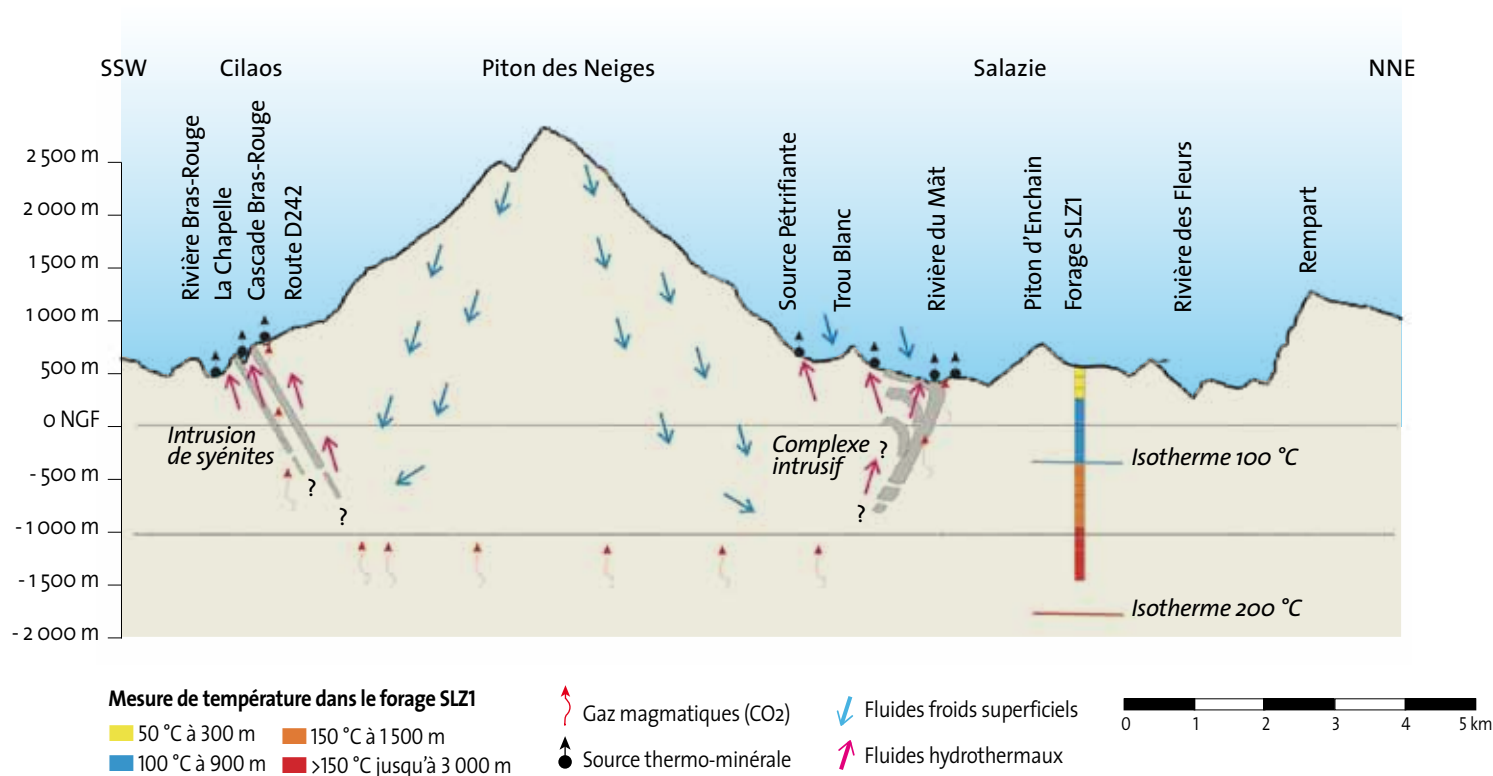


Fig. 5a: Location of the cross-section of the Piton des Neiges volcano (Réunion Island) cutting through the Salazie and Cilaos cirques (cf. fig. 5b).



existent à l'aplomb des cratères sommitaux. La mise en valeur, dans cette zone, d'une ressource géothermale pose, cependant, des difficultés en termes d'accès, d'environnement très sensible (zone protégée)... et de risque volcanique fort. Sur les flancs du volcan, des zones spécifiques, à l'image de la *rift zone* à l'est du Kilauea, à Hawaii, pourraient être favorables au développement d'un système géothermique. Cependant, la connaissance actuelle des structures externes de ce volcan n'est pas encore suffisante et aucun indice de surface (source thermique...) ne vient aujourd'hui étayer l'existence d'une ressource géothermique.

“ L'île de la Réunion doit sa formation à la présence d'un point chaud, aujourd'hui quelques centaines de kilomètres plus à l'est. ”



▲ **Fig. 5b : Section verticale schématique du Piton des Neiges à travers les cirques de Salazie et de Cilaos, à la Réunion, élaborée à partir des observations effectuées par le BRGM, en 2001. La coupe illustre le modèle conceptuel d'un système hydrothermal superficiel de moyenne-haute température (160-200 °C).**

Fig. 5 b: A vertical cross-section of the Piton des Neiges volcano (Réunion Island) cutting through the Salazie and Cilaos cirques, prepared on the basis of observations made by BRGM in 2001. The section illustrates the conceptual model of a superficial, intermediate-to-high-temperature hydrothermal system (160-200 °C).

© BRGM.

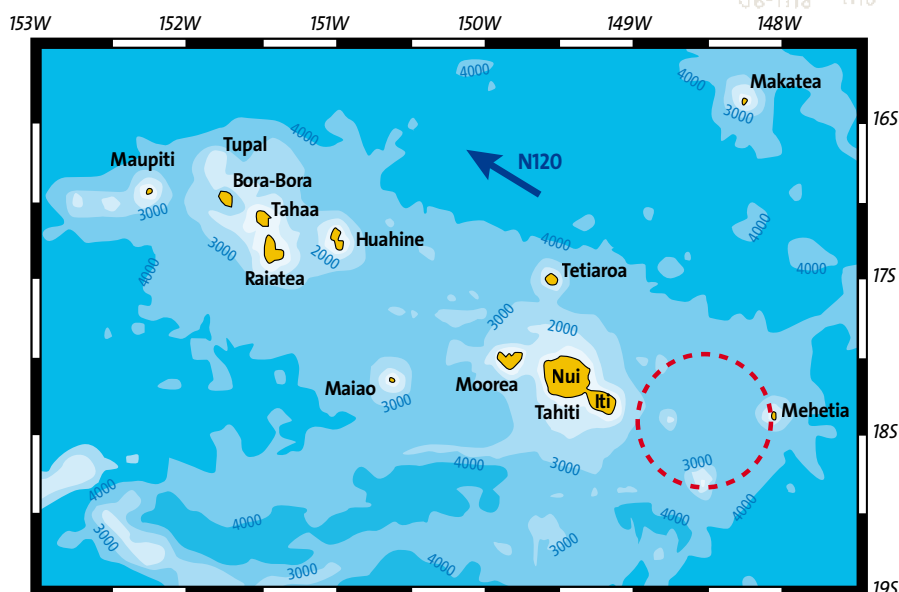


Fig. 6 : Tahiti et l'alignement de l'archipel de la Société : données bathymétriques, sens de déplacement de la plaque Pacifique Sud (flèche bleue) et position actuelle du point chaud (cercle rouge).

D'après Hildenbrand et al., (2006).

Fig. 6: Tahiti and the alignment of the Society, the bathymetric data, the direction of movement of the South Pacific plate (blue arrow) and the current position of the hot spot (red circle).

From Hildenbrand et al., (2006).

Tahiti, un volcanisme de point chaud déjà ancien

Tahiti, île principale de la Polynésie française, est constituée de deux appareils volcaniques distincts : Tahiti Nui (le corps principal) et Tahiti Iti (ou presqu'île), dont seul le premier a connu un début d'exploration. Ces deux volcans appartiennent à un ensemble d'îles volcaniques (archipel de la Société) qui se sont formées à partir d'un point chaud (figure 6). En l'état actuel des connaissances, suite aux travaux d'exploration menés par le BRGM en 2008, sans que l'on puisse écarter l'existence d'une ressource géothermique HT exploitable, le contexte y semble moins favorable que dans celui des Antilles et de la Réunion. En effet, les indices hydrothermaux de surface y sont beaucoup moins importants et l'activité volcanique y est plus ancienne (maximum volcanique entre 1,3 et 0,45 Ma sur Tahiti Nui et entre 0,9 et 0,3 Ma sur Tahiti Iti).

Un potentiel géothermique sous-exploité

Si l'intérêt pour la géothermie HT dans les îles volcaniques de l'Outre-mer français et des îles voisines de Dominique et de Sainte-Lucie dans la région Caraïbe a débuté dès les années 1960-1970 et s'est poursuivi de façon intermittente jusqu'à nos jours, force est de constater que peu de forages ont été réalisés, malgré les nombreuses prospections de surface. Aujourd'hui, à l'exception de la région de Bouillante, les quelques forages effectués en Martinique, à Sainte-Lucie et à la Réunion n'ont pas mis en évidence de ressources géothermiques HT exploitables.

À Tahiti, le contexte d'une ressource géothermique exploitable semble moins favorable qu'aux Antilles ou à la Réunion.

Face à ces déconvenues et au manque de financement pour forer davantage, on peut mieux comprendre le bilan mitigé affiché par le développement de la géothermie HT sur ces territoires. Même si, depuis 2005, la centrale géothermique de Bouillante a vu pratiquement tripler sa capacité de production (de 4,5 MW avant 2005 à 15 MW), on peut néanmoins noter que son développement a mis presque 20 ans pour atteindre ce niveau et ce malgré des résultats encourageants à chaque étape franchie. L'absence à ce jour d'extension de l'exploitation de ce champ géothermique vers la partie nord de la baie de Bouillante, dont le potentiel géothermique est reconnu depuis 1998, est une autre illustration de la difficulté à développer des projets de géothermie HT. On peut citer quatre raisons principales à cette « inertie » :

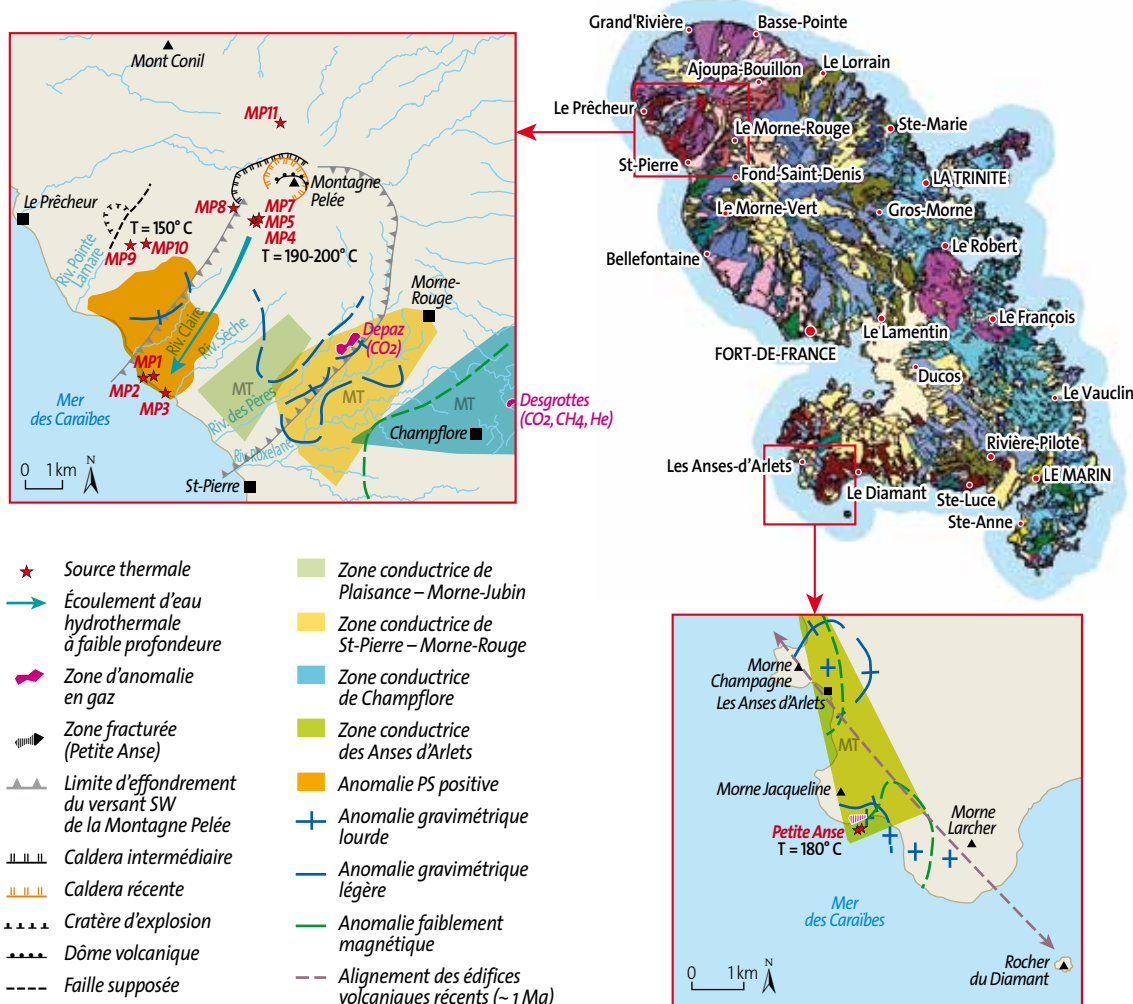
- le risque géologique considéré comme trop important en phase amont des projets et le coût élevé des forages d'exploration, qui n'attirent pas les investisseurs privés. Ce risque spécifique aux projets de géothermie, surtout en contexte insulaire volcanique, est lié à la nature de cette ressource, difficile à quantifier à partir des seuls indices de surface ;
- l'absence de stratégie et de financement public pour le développement de la géothermie dans ces territoires. Malgré une politique locale souvent très favorable à ce type de projet, les moyens financiers publics ont été,

► LES TRAVAUX D'EXPLORATION GÉOTHERMIQUE EN COURS

Un projet de relance de la géothermie en Martinique a été engagé en 2010 par le BRGM, avec l'appui financier et technique de la Région et de l'Ademe Martinique. Ce projet a mis en place un comité de pilotage composé des différentes parties prenantes (État, collectivités locales, experts, société civile, etc.) pour préparer des forages d'exploration dans les régions jugées prioritaires de la Montagne Pelée et d'Anse d'Arlets (*figure*), des travaux de prospection de surface, avec un important soutien financier des fonds Feder. Une opération de production de froid à partir de la ressource géothermale basse température (90 °C) mise en évidence dans la plaine du Lamentin est également envisagée. Quant à la Guadeloupe, en dehors de la réalisation des forages d'exploration dans le nord de la baie

de Bouillante, des travaux de prospection géothermique plus poussés sur la commune de Vieux-Habitants, dans l'île de Basse-Terre, devraient bientôt démarrer grâce au soutien de la Région, de l'Ademe Guadeloupe, des fonds Feder et du BRGM. Enfin, à la Réunion, qui a vu l'abandon du projet de forages d'exploration géothermique dans la plaine des Sables en 2009 (zone protégée sensible), une étude de relance de la géothermie HT a été proposée par le BRGM. Cette étude vise à établir un bilan de tous les résultats obtenus par le passé, à compléter les résultats de cette synthèse par des prospections de surface sur des zones considérées plutôt comme favorables à la géothermie, mais qui auraient été moins étudiées par le passé. Un comité de pilotage sera chargé de suivre l'étude et de

donner les orientations des développements futurs. À côté de ces travaux, l'Agence française de développement (AFD), le Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM) et la Facilité énergie de l'Union européenne (FEUE) se sont engagés financièrement dans un projet qui devrait assurer l'exploitation des ressources géothermales de la Dominique (potentiel estimé à au moins 100 MW sur la zone investiguée de Wotten-Waven) et permettre à ce pays de vendre de l'électricité à moindre coût à la Guadeloupe et à la Martinique via une interconnexion par câble sous-marin. Ce projet emblématique favoriserait ainsi le développement économique de la Dominique et la coopération entre îles voisines de la Caraïbe. ■



▲ **Zones prioritaires pour l'implantation de forages d'exploration géothermique en Martinique, suite aux travaux de reconnaissance de surface menés par le BRGM en 2003.** Les zones conductrices ont été déterminées à partir de données magnétotelluriques (MT). D'après Sanjuan et al., (2005).

Most promising zones for drilling exploratory geothermal wells in Martinique, consecutive to surface reconnaissance efforts carried out by BRGM in 2003. The conductive zones have been identified from magnetotelluric data (MT). From Sanjuan et al., (2005).

“ La ressource géothermale peut avantageusement être utilisée pour produire... du froid. ”

40

jusqu'ici, rarement à la hauteur des enjeux. Le fait que les demandes en énergie restent modestes sur ces îles n'a pas favorisé la situation ;

- les conditions de vente de l'électricité, qui sont le facteur déterminant pour la rentabilité des projets, n'étaient pas, pendant longtemps, du tout incitatives. Plus généralement, les intérêts économiques locaux et internationaux étaient plutôt favorables, jusqu'à une période récente, à l'utilisation d'hydrocarbures qu'à la recherche de solutions alternatives ;

- les questions liées à l'intégration environnementale des projets de géothermie doivent être prises en compte très en amont, au risque de voir les projets rejetés par les populations locales (comme ce fut le cas, très récemment, pour la plaine des Sables, à la Réunion). La réalisation de projets de géothermie sur ces territoires, où l'espace est limité et fragile, peut entrer rapidement en conflit avec les exigences de protection des milieux naturels, les contraintes foncières ou l'activité touristique, qui constitue souvent le moteur économique de ces îles. En outre, à la différence des ressources minérales et des hydrocarbures, l'exploitation géothermique ne verse pas de revenus aux collectivités locales à même de compenser les éventuelles nuisances.

Une fois ces principaux verrous levés ou atténués, le panorama pour l'avenir s'annonce plutôt prometteur. Sur la base des seuls prospectifs identifiés à ce jour, les perspectives à l'horizon 2020 devraient permettre de couvrir au moins 20 % de la consommation d'électricité sur la plupart des îles volcaniques (*voir encadré*). En estimant un coût de 3 M€ par mégawatt installé, cela représenterait un investissement de l'ordre de 500 M€, dont une partie concerne des dépenses locales (génie civil, sous-traitance technique...). En fonctionnement, ces centrales généreraient un chiffre d'affaires annuel de l'ordre de 130 M€, avec un impact fort sur l'emploi local. Une économie d'au moins 50 M€ par an serait faite par rapport au prix de vente de l'électricité d'origine thermique. Par ailleurs, la ressource géothermale peut être utilisée pour produire du froid, la climatisation étant un facteur important de croissance de la consommation électrique dans les pays tropicaux.

Une voie de développement de la géothermie pour le futur est probablement celle de la transposition de la technologie EGS (*Enhanced Geothermal Systems*) à ces

champs conventionnels. Appliquée à des zones de faible perméabilité, mais où la présence d'une source chaude a été identifiée (zones périphériques du champ de Bouillante, par exemple, ou réservoirs partiellement colmatés, comme à Salazie, à la Réunion), cette technologie pourrait rendre certaines de ces zones exploitables.

Vers un grand programme d'exploration et un centre d'excellence en géothermie

La mise en place d'une stratégie menée par les pouvoirs publics, intégrant une importante subvention de leur part sur les premières phases d'exploration et l'instauration d'un mécanisme d'assurance contre le risque géologique, est nécessaire pour déclencher le flux d'investissements privés à la hauteur des enjeux. Les objectifs ambitieux du Grenelle de l'environnement et le récent éclairage politique porté sur la géothermie, lors des états généraux de l'Outre-mer du 6 novembre 2009, présidé par le président de la République, offrent une opportunité sans précédent de mettre en place cette stratégie de manière cohérente. En effet, à l'issue de ces états généraux, il a été demandé au BRGM d'établir une cartographie précise des sites qui pourraient accueillir la géothermie *via* des forages d'exploration aux Antilles et à la Réunion, et à l'Ademe d'accompagner financièrement cette production d'énergie propre. D'ores et déjà, le BRGM a lancé plusieurs opérations de relance de la géothermie allant dans ce sens (*voir encadré*). Dans tous ces projets, le développement de la géothermie devra être impérativement conçu en étroite concertation avec les parties prenantes locales et avec des objectifs d'excellence environnementale. Il importe aussi de veiller à ce que les retombées économiques de la géothermie bénéficient aux populations locales.

Le développement de la géothermie dans les territoires insulaires d'Outre-mer peut être créateur d'emploi et de valeur ajoutée. Pour cela, il faut qu'une filière industrielle française émerge. Il est donc nécessaire de constituer un cœur de compétences en matière de géothermie, notamment en milieu insulaire volcanique, qui puisse devenir le moteur du développement de la géothermie sur ces territoires.

Il est ainsi envisagé de créer un centre d'excellence en géothermie aux Antilles. Soutenu par les pouvoirs publics, ce centre réunira les partenaires de recherche et les industriels au sein d'un consortium *ad hoc*, qui portera une volonté de développement de la géothermie dans les territoires de l'Outre-mer. Les actions de recherche et d'innovation concerneront la connaissance et l'accès à la ressource géothermique, la compréhension du



SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES POUR L'ENVIRONNEMENT GARANTISSANT VOS MESURES DE SURVEILLANCE!

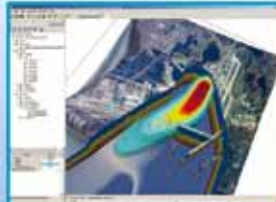
EAUX SOUTERRAINES ET SUPERFICIELLES, SOLS, SÉDIMENTS, DÉCHETS





DIVER par 

Mini/ Micro/Céra/CTD-Diver



Logiciels: Visual Modflow, HydroGeo Analyst, AquiferTest Pro...



Humidimètres TDR Stations: Météo GPRS



ÉCHANTILLONNAGE



Pompes immergées



Bailers



Bennes à sédiments



Carottiers manuels...



et sur chenilles

SDEC France, Z.I. de la Gare - BP 27 - Tauxigny 37310 REIGNAC sur INDRE, FRANCE/ EUROPE
 Tél.: +33 247941000, Fax: +33 247941713 e-mail: info@sdec-france.com www.sdec-france.com

fonctionnement des réservoirs géothermiques, les usages de la géothermie. Ces actions mobiliseront des compétences très variées (de l'exploration du sous-sol jusqu'à la maintenance des équipements industriels de surface) et comprendront la mise en place d'un volet formation, tant au niveau de la formation supérieure qu'au niveau de la formation professionnelle. Le savoir-faire acquis devra permettre au consortium d'entreprendre des travaux d'exploration et de développement dans les îles françaises, mais aussi dans les îles voisines de la Caraïbe (Dominique, Sainte-Lucie, etc.). Des collaborations avec des pays d'Amérique centrale (Mexique, Costa Rica, Salvador, etc.), où il existe des champs géothermiques semblables, pourront être engagées. Enfin, le caractère insulaire, en milieu tropical volcanique, dans des régions à l'équilibre socio-économique et environnemental précaire, confère aux actions en cours dans l'Outre-mer une dimension de laboratoire pour l'ensemble des îles à travers le globe qui sont dans un contexte équivalent. Contrairement à des territoires plus étendus et moins urbanisés, les questions environnementales et de disponibilité foncière posent nettement plus de problèmes sur ces petites îles. ■



High-temperature geothermal energy: the challenge for 2020

The French Overseas Territories possess a huge potential for power generation from high-temperature geothermal energy (HT). Although they are experiencing mounting energy costs and CO₂ emissions, this promising energy source is difficult to develop in most of these volcanic islands. While such other renewable sources as wind, solar, hydraulic or biomass energies are regularly called on in these territories, still electricity production from HT geothermal energy is indispensable for them to be able to hope to achieve energy self-sufficiency. Unlike most of other renewable energies, HT geothermal energy is available continuously for electricity production and is cheaper than fuel-based technologies. It can also be used for thermal applications such as cooling. Unfortunately, the Bouillante geothermal power plant in Guadeloupe, which since 2005 has acquired a total production capacity of 15 MW (about 6% of the island's electricity needs), is currently the only example of this type of power plant on

these territories, and indeed in the Caribbean at large. There are a number of factors which probably account for the timid development of the HT geothermal energy and will need to be overcome. These include high levels of geological risks and drilling costs that are dissuasive for private investors, the absence of public strategy and funding, a lack of incentives in the past in the marketing conditions for geothermal electricity, the long time-spans entailed by the projects and issues relative to the environmental impact, which must be integrated during the earliest stages of the projects. The ambitious objectives of the "Grenelle de l'environnement" for 2020, with a contribution of 50% of renewable energy in overseas power production, afford an exceptional opportunity to implement a coherent strategy of geothermal energy development in these territories and create a center of excellence featuring a scientific and industrial network for promoting and developing this technology in the Caribbean region.

Bibliographie : Bertani R. (2010) – Geothermal power generation in the world 2005-2010 update report. In Proceedings World Geothermal Congress 2010 (WGC2010), Bali, Indonesia, 25-29 April 2010, 41 p. Calcagno P., Bouchot V., Thoinon I., Bourguin B. (2011) – A new 3D fault model of the Bouillante geothermal province combining onshore and offshore structural knowledge (French West Indies). Tectonophysics, doi:10.1016/j.tecto.2011.08.012. Feuillet N., Manighetti I., Tapponnier P. (2001) – Extension active perpendiculaire à la subduction dans l'arc des Petites Antilles (Guadeloupe, Antilles françaises). C. R. Acad. Sciences de la Terre et des planètes, 333, 583-590. Hildenbrand A., Gillot P.-Y., Bonneville A. (2006) – Offshore evidence for a huge landslide of the northern flank of Tahiti-Nui (French Polynesia). Geochemistry, Geophysics, Geosystems, G3, electronic journal of the Earth Sciences, published by AGU and the Geochemical Society, 12 p, doi:10.1029/2005GC001003. Lachassagne P., Maréchal J.-C., Sanjuan B. (2009) – Hydrogeology of a high-energy geothermal field (Bouillante area, French West Indies). Hydrogeology Journal, 17, 1589-1606. Millot R., Scaillet B., Sanjuan B. (2010) – Lithium isotopes in island arc geothermal systems: Guadeloupe, Martinique (French West Indies) and experimental approach. Geochimica et Cosmochimica Acta, 74, 1852-1871. Sanjuan B., Millot R., Brach M., Foucher J.-C., Roig J.-Y., Baltassat J.-M. (2005) – Geothermal exploration in the Mount Pelée volcano-Morne Rouge and Diamant areas (Martinique, West French Indies). In World Geothermal Congress 2005 (WGC 2005), Antalya, Turquie, 24-29/04/2005, 12 p. Traineau H., Sanjuan B., Beaufort D., Brach M., Castaing C., Correia H., Genter A. and Herbrich B. (1997) – The Bouillante geothermal field (F.W.I.) revisited: New data on the fractured geothermal reservoir in light of a future stimulation experiment in a low productive well. Proceedings, Twenty-Second Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, January 27-29, 97-103.