



HAL
open science

Les ressources en eau souterraine en contexte volcanique insulaire

Patrick Lachassagne, Jean-Christophe Maréchal

► **To cite this version:**

Patrick Lachassagne, Jean-Christophe Maréchal. Les ressources en eau souterraine en contexte volcanique insulaire. *Géosciences*, 2011, 14, pp.42-49. hal-00662103

HAL Id: hal-00662103

<https://brgm.hal.science/hal-00662103>

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.



Les ressources en eau souterraine en contexte volcanique insulaire

Les ressources en eau des territoires de l'outre-mer français possèdent des caractéristiques communes : apports en pluie très variables dans le temps et l'espace, territoires de faible superficie, systèmes aquifères complexes au sein des édifices volcaniques.

La connaissance des eaux souterraines nécessite de mettre en œuvre de nombreuses disciplines des géosciences. C'est un défi majeur pour nos sociétés : les pressions auxquelles sont soumises les ressources en eau sur ces petits territoires les transforment en véritables « laboratoires » précurseurs des changements de demain.



Patrick Lachassagne

RESPONSABLE ENVIRONNEMENT
ET RESSOURCES EN EAU
EVIAN-VOLVIC SOURCES – DANONE EAUX FRANCE
patrick.lachassagne@danone.com

Jean-Christophe Maréchal

RESPONSABLE UNITÉ NOUVELLES RESSOURCES
ET ÉCONOMIE
BRGM, SERVICE EAU
jc.marechal@brgm.fr

▲
**Émergences d'eaux souterraines.
Cascades de Grand-Galet (la Réunion).**

*Groundwater outflows.
The Grand-Galet waterfalls on Reunion Island.*

© BRGM – P.Vassal.

À l'exception de la Guyane et de Saint-Pierre-et-Miquelon, les territoires de l'outre-mer français habités sont des îles situées en contexte intertropical. Les pluies sont abondantes, localement plusieurs fois supérieures à celles mesurées en métropole, mais irrégulièrement réparties dans l'espace et recueillies par de petits bassins versants insuffisants pour assurer l'alimentation en eau des populations. En effet, hormis la Nouvelle-Calédonie, toutes ces îles présentent une superficie modeste et sont essentiellement constituées de roches volcaniques. Seules quatre d'entre elles (la Réunion, la Guadeloupe, la Martinique et Tahiti) ont une superficie supérieure à 1 000 km² et trois autres seulement (Nuku Hiva, Mayotte et Hiva Oa) une superficie supérieure à 300 km².

“ Dans les îles volcaniques, les pluies sont abondantes, mais irrégulièrement réparties dans l'espace. ”

Les îles antillaises résultent majoritairement d'un volcanisme andésitique d'arc insulaire tandis que les autres îles volcaniques (la Réunion, Mayotte, l'archipel polynésien, Wallis et Futuna) sont des volcans boucliers du volcanisme océanique basaltique.

Photo 1 : Pompage d'eau souterraine par soufflage sur le forage de Fond Lahaye (Martinique).

Photo 1: Blow out on pumping the Fond Lahaye well (Martinique).

© BRGM – B. Vittecoq.

Ce cadre insulaire, tropical et volcanique, de superficie modeste, détermine les spécificités et les contraintes auxquelles sont soumises les ressources en eau souterraine. Leur exploitation est néanmoins rendue nécessaire par les problèmes d'alimentation en eau que connaissent ces îles pourtant très arrosées.

Spécificité de la ressource en eau en contexte insulaire volcanique

Un certain nombre de facteurs conditionnent fortement le rapport de force entre demande et disponibilité en eau sur ces îles. Les fortes précipitations orographiques (liées à la présence de reliefs) sont à l'origine de cours d'eau pérennes. Le recours à ces eaux de surface pour l'alimentation en eau potable est cependant compliqué par leur sensibilité aux épisodes pluvieux intenses qui peuvent rapidement les rendre turbides (troubles, chargées de matières en suspension). En dehors des secteurs affectés par ces fortes précipitations, la saisonnalité des pluies, avec une saison sèche dont la durée pourrait s'accroître sous l'effet du changement climatique, induit un stress hydrique aussi bien pour les activités agricoles que pour l'alimentation en eau potable. Ce régime pluviométrique s'accompagne par ailleurs d'une forte variabilité spatiale des apports en eau, avec généralement de fortes pluies sur la côte « au vent » exposée aux alizés et de faibles précipitations sur la côte « sous le vent » (exemple de la Réunion). La morphologie volcanique et la faible superficie des îles de l'outre-mer français induisent une segmentation des territoires en petits bassins versants aux ressources limitées. La forte densité de population le long de la côte, où la pluviométrie est plus faible, augmente encore la pression sur la ressource en eau. Des transferts d'eau sont ainsi nécessaires entre les zones plus humides et les territoires à forte demande en eau potable comme c'est le cas en Martinique, en Guadeloupe ou encore à la Réunion (cf. encadré page 45). Les transferts sont limités par le caractère insulaire de ces territoires, même si, par endroits (les Saintes, la Désirade), il est effectué du « continent » vers les îles. On constate aussi l'accroissement local des besoins, comme par exemple



à Mayotte, consécutif à la croissance de la population et à l'élévation du niveau de vie, avec le raccordement au réseau d'eau potable de populations jusque-là non desservies. Ces besoins génèrent aussi des conflits d'usage, comme sur la côte ouest de la Réunion (cf. encadré page 46) marquée par une forte croissance de la demande en eau potable liée à l'urbanisation et de la demande en eau pour l'irrigation de la canne à sucre.

Le recours aux eaux souterraines constitue une alternative essentielle pour la diversification de l'alimentation en eau (photo 1) et l'atteinte des objectifs de la directive cadre européenne sur l'eau (restauration des débits d'étiage). Les réservoirs souterrains stockent naturellement la ressource en eau durant la période sèche et sont moins vulnérables aux pollutions ponctuelles. Leur exploitation requiert une bonne connaissance des

“ Le recours aux eaux souterraines constitue une alternative essentielle pour la diversification de l'alimentation en eau. ”

aquifères volcaniques insulaires (voir ci-après). Elle nécessite aussi de prendre garde aux intrusions souterraines d'eau de mer en région côtière, où les pompages augmentent le risque de salinisation des eaux qui s'ajoute au risque induit par la remontée du niveau marin sous l'effet du changement climatique. Sur le reste du territoire, la problématique de la pollution des eaux souterraines par le chlordécone a surgi notamment en Guadeloupe et en Martinique et met en évidence l'impact à long terme de pratiques agricoles polluantes (cf. encadré page 49). À ce jour, le développement de l'exploitation des eaux souterraines est encore limité par les habitudes héritées du passé et surtout par le coût des forages dans un marché restreint où la topographie des sites complique l'accessibilité à l'eau.

Les îles volcaniques présentent toutes une histoire géologique similaire. La construction de l'île sur le plancher océanique débute par du volcanisme sous-marin (dépôts de hyaloclastites notamment). En contexte de volcanisme andésitique, les mouvements de soulèvement [Lachassagne (2006)] permettent aux formations sous-marines d'affleurer largement.

À l'inverse, en contexte basaltique, où le phénomène de subsidence domine, les formations sous-marines sont plutôt enfouies. L'édification de l'île se poursuit par du volcanisme de type aérien (laves, pyroclastites...) : elle est souvent étroitement associée à des périodes de démantèlement qui produisent des formations de type lahar (coulée de boue) et autres coulées de débris. Les îles les plus anciennes (Antilles, Mayotte, îles polynésiennes anciennes) sont particulièrement marquées par les processus d'altération climatique. Ainsi, les mêmes formations géologiques contemporaines peuvent présenter des degrés d'altération très

La mise en valeur, la protection et la gestion des aquifères requièrent des approches « haute résolution ».

Spécificité hydrogéologique des aquifères volcaniques insulaires

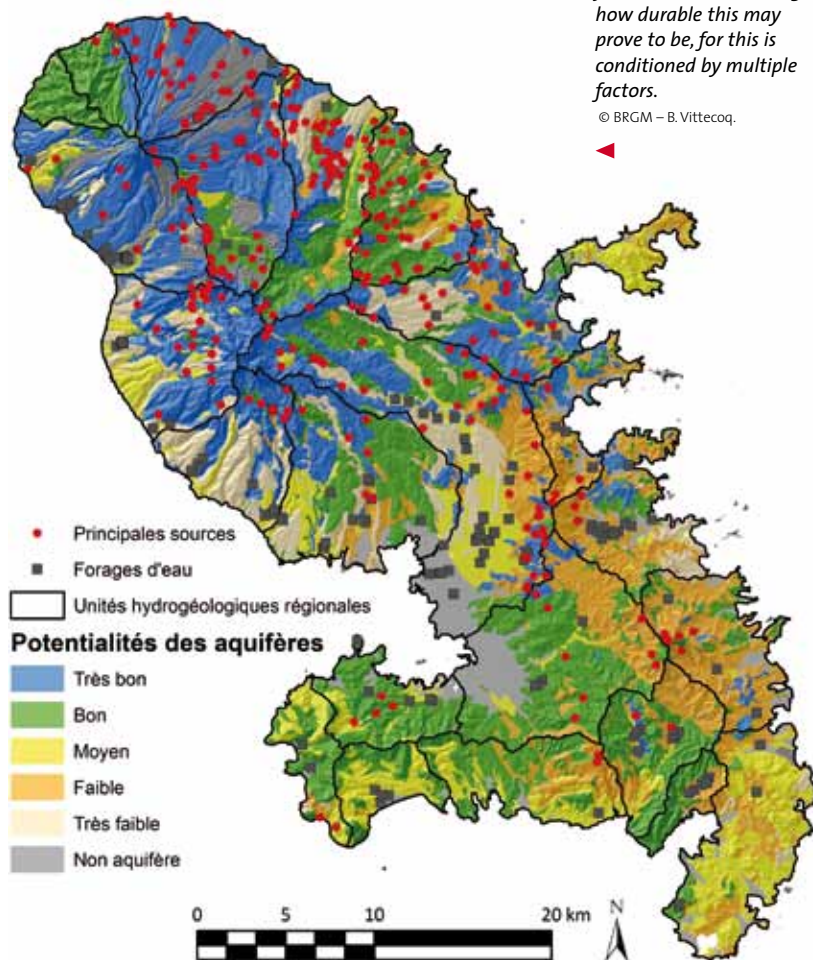
Si les îles tropicales des territoires de l'outre-mer français présentent de fortes similitudes (caractère volcanique, fort relief, petits bassins versants), leur structure et leurs modalités de fonctionnement hydrogéologique varient néanmoins sensiblement d'un contexte géologique à un autre.

La Grande Terre de Guadeloupe constitue, avec Marie-Galante, la Désirade et les îles basses polynésiennes, la principale exception sédimentaire. Elle est constituée d'une plate-forme carbonatée récifale de plus de 100 mètres d'épaisseur [Petit (2006)]. Dans ce contexte, la caractérisation, la mise en valeur, la gestion et la protection de la ressource en eau souterraine requièrent l'application des concepts relatifs aux aquifères karstiques littoraux. Leur karstification est impactée par les variations eustatiques quaternaires et les processus tectoniques, tout particulièrement le soulèvement de la région des Grands Fonds et la subsidence de la plaine de Grippon. Ces territoires sédimentaires constituent des lieux privilégiés pour l'étude de futurs projets de recharge artificielle, notamment lorsqu'ils se situent près de régions présentant de fortes précipitations orographiques.

Fig. 1 : Carte hydrogéologique de la Martinique, où les aquifères ont été cartographiés sur cinq niveaux superposés. Seuls les premiers aquifères rencontrés sont représentés, classés en fonction de leurs débits potentiels relatifs, mais sans tenir compte de leur exploitabilité à long terme, sujette à des facteurs multiples.

Fig. 1: A hydrogeological map of Martinique, with aquifers mapped on five superimposed levels. Only the first aquifers encountered are shown, rated in terms of their relative potential yield, without indicating how durable this may prove to be, for this is conditioned by multiple factors.

© BRGM – B. Vittecoq.



► LES AQUIFÈRES DU NORD DE LA RÉUNION. CREUSEMENT DE LA GALERIE DU TRANSFERT DES EAUX

Bertrand Aunay – BRGM la Réunion – b.aunay@brgm.fr
Marie Genevier – BRGM Corse – m.genevier@brgm.fr

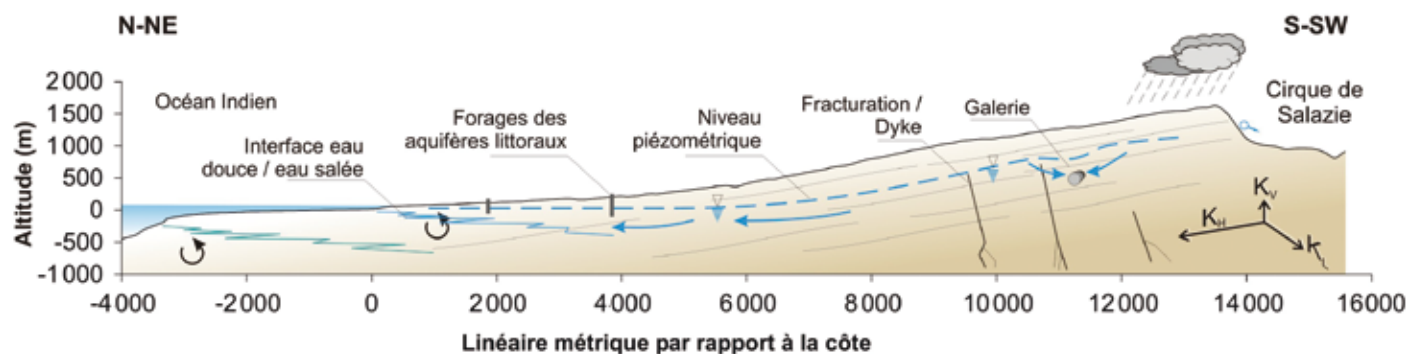
L'ambitieux projet du « transfert des eaux », piloté par le Conseil général de la Réunion, a pour objectif d'amener les eaux de surface des secteurs pluvieux de l'est et du centre de la Réunion (2 000 à 3 000 mm/an) vers les secteurs moins arrosés de l'ouest (< 700 mm/an). Après un parcours de près de 8 km, à 1 km de profondeur, le creusement de la galerie Salazie Amont s'est achevé en mai 2011. Lors du creusement, le débit total (1 500 l/s) des venues d'eau souterraine a largement dépassé le faible débit initialement attendu, ce qui permet d'améliorer le modèle hydrogéologique de l'île.

Une analyse systémique⁽¹⁾ des aquifères littoraux du nord de la Réunion a été entreprise afin d'évaluer les interactions entre le creusement du tunnel et les ressources en eau souterraine.

(1) Décomposition du signal piézométrique observé en signaux élémentaires significatifs.

Les analyses ont permis de quantifier les phénomènes périodiques tels que la marée ou les prélèvements par pompage, ainsi que les déphasages existant entre la pluviométrie ou la marée et la piézométrie. Le fonctionnement des aquifères volcaniques a été caractérisé selon leur vitesse de transfert de pression : rapide (quelques jours), lent (2 à 3 mois) ou intermédiaire. Aucun phénomène pluriannuel n'a pu être mis en évidence. L'étude a montré des phénomènes caractérisant les milieux volcaniques jeunes : une double porosité avec un stockage de l'eau dans une porosité matricielle interagissant avec un réseau de fractures, des aquifères complexes hétérogènes et des similarités avec le milieu karstique.

Il a aussi été démontré que la recharge des aquifères littoraux s'effectue à partir d'un bassin versant souterrain se développant depuis l'amont du tunnel jusqu'au littoral via des circulations rapides en milieu fissuré. ■



▲ **Coupe synthétique des aquifères du nord de la Réunion et de la galerie du transfert des eaux. La variation du tenseur de perméabilité (K), liée à la structure du volcan bouclier du Piton des Neiges, contribue à la conservation des flux vers les aquifères littoraux.**

Synthetic cross-section of aquifers in the northern part of Reunion Island and water transfer gallery. The variation of the permeability tensor (K), linked to the structure of the Piton des Neiges shield volcano, contributes to preserving flows to the coastal aquifers.

Source : Rapport BRGM RP-57955-FR (2010).

différents et, par conséquent, des propriétés hydrodynamiques très contrastées, selon leur localisation sur une côte au vent ou sous le vent. En contexte andésitique, la tectonique active contribue aussi au développement et à l'entretien de la perméabilité des aquifères [Lachassagne *et al.*, (2011)]. De cette histoire géologique complexe résulte un milieu caractérisé par une très forte variabilité verticale et latérale des formations géologiques et, par voie de conséquence, une très forte variabilité des propriétés hydrodynamiques comme la perméabilité [Charlier *et al.*, (2011) ; Lachassagne (2006)].

La mise en valeur, la protection et la gestion des aquifères requièrent toujours des approches « haute résolution » : géologie et hydrogéologie de terrain et, le

cas échéant, géophysique, afin d'atteindre une échelle d'investigation supérieure à celle de la carte géologique à 1:50 000 (en Martinique, par exemple) ou d'établir une carte géologique locale lorsque celle-ci est absente ou ancienne (à Mayotte ou en Guadeloupe, par exemple). Les observations hydrologiques et hydrogéologiques (zones de pertes, de venues d'eau ou de sources ; Charlier *et al.*, 2011) permettent de compléter les données en mettant en évidence des contrastes de perméabilité d'origine géologique et d'améliorer le modèle conceptuel local. Ainsi, même si la cartographie géologique montre l'existence de grands ensembles géologiques, comme le « volcan bouclier du Morne Jacob » en Martinique, l'approche hydrogéologique doit toujours être locale afin d'intégrer la structure géologique de détail : paléovallées, interstratification de

formations laviques et de démantèlement, altération (climatique ou hydrothermale), fissuration, etc.

Ces recommandations sont tout particulièrement importantes en contexte andésitique qui se caractérise par une très forte variabilité lithologique [Lachassagne *et al.*, (2009)] :

- les laves sous la forme de coulées (andésites du Morne Jacob) ou de dômes récents (dacites des Pitons du Carbet) sont à l’origine de nombreuses sources en Martinique. Leur perméabilité, qui peut parfois dépasser 10^{-2} m/s (forages ou sources pouvant produire jusqu’à près de 100 m³/h), dépend étroitement de leur degré de fissuration et d’altération. Une approche combinant géologie et bilan hydrologique, mise en œuvre pour l’établissement des périmètres de protection et peu onéreuse, a permis d’évaluer avec une précision très acceptable le bassin d’alimentation de chacune de ces sources de Martinique (*figure 1*) ;
- les pyroclastites (nuées ardentes, ponces) présentent une porosité d’interstices et, pour les nuées ardentes, des zones chenalées très perméables ($> 10^{-2}$ m/s) contemporaines de leur mise en place. Les ponces sont particulièrement sensibles aux processus d’altération climatique. Dans les régions « au vent » (est de la Montagne Pelée en Martinique par exemple), elles forment une couche semi-perméable ou imperméable inter-stratifiée au sein de nuées ardentes moins altérées, donc aquifères. Elles constituent des aquifères importants : ouest et est de la Montagne Pelée (Martinique), est de la Soufrière (Guadeloupe), par exemple ;
- les hyaloclastites (hyaloclastites, tuffites, conglomérats) sont formées par l’accumulation de produits volcaniques fins émis en milieu sous-marin. Leur porosité primaire est toujours complètement oblitérée. Leur transmissivité peut néanmoins atteindre 10^{-2} m/s (forages pouvant produire quelques dizaines de m³/h) lorsqu’elles sont fissurées/fracturées ou qu’elles renferment des laves fissurées interstratifiées (est et sud de la Martinique, par exemple) ;
- les formations de démantèlement (conglomérats, lahars, coulées de débris) sont très peu perméables.

En contexte basaltique (volcans boucliers), les formations laviques (laves massives, fissurées, scoriacées) dominent en volume et présentent souvent une perméabilité très élevée ($> 10^{-1}$ m/s, forages pouvant produire plusieurs

► GESTION DE L’EAU À LA RÉUNION : PROSPECTIVE ET ÉVALUATION ÉCONOMIQUE

Nina Graveline – BRGM – Service EAU – n.graveline@brgm.fr

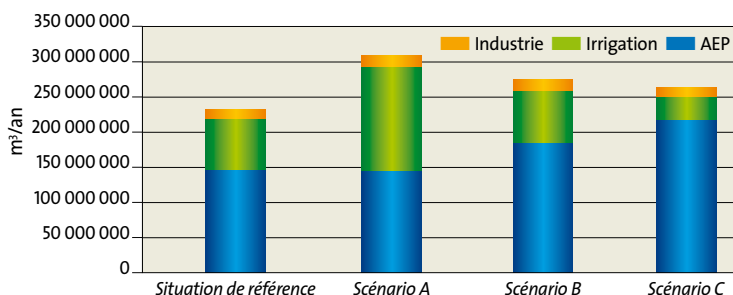
Sur l’île de la Réunion, l’évolution de la demande en eau potable et agricole est soumise à une forte incertitude. Les ressources en eau sont inégalement réparties avec de faibles précipitations sur la côte « sous le vent » où la demande est la plus forte. Les institutions en charge de la gestion et de la planification de l’eau ont alors besoin de se projeter pour mettre en place dès aujourd’hui des mesures conciliant bon état des milieux aquatiques⁽¹⁾ et satisfaction de la demande.

Des scénarios d’évolution de la demande en eau à 2030 ont été construits selon une méthode de prospective participative faisant intervenir une trentaine d’experts. Ils correspondent à des combinaisons de scénarios « eaux potable » et « agricole » cohérentes du point de vue de l’aménagement du territoire. Le scénario A, « volontariste », est caractérisé par une maîtrise foncière qui permet de limiter la demande malgré une population en forte croissance tout en maintenant le développement de la canne à sucre irriguée. Le scénario B présente une évolution géographique contrastée : le nord-est de l’île développe l’agriculture irriguée tandis que le sud-ouest réduit drastiquement ses surfaces irriguées sous une pression foncière forte pour l’habitat résidentiel. Dans le scénario C, « catastrophe », la perte de maîtrise du foncier agricole due au développement de l’habitat individuel conduit au déclin de l’agriculture irriguée sur l’ensemble de l’île. Ces scénarios impliquent une augmentation de 4 % (C) à 22 % (A) de la demande en eau. Dans tous les scénarios, les bilans sont en déficit, mais il y en a davantage dans le scénario C, bien que ce soit, globalement, le moins demandeur en eau. L’évolution de la demande en eau potable semble réellement problématique si elle n’est pas maîtrisée, car ces ressources sont plus vulnérables que celles mobilisées par le secteur agricole.

Des ratios coûts-efficacité permettent de classer treize des mesures retenues par les experts. La sensibilisation ainsi que les dispositifs hydro-économiques semblent prometteuses. La réduction des pertes sur les réseaux de distribution, bien que coûteuse, permettrait d’économiser de très importants volumes. Le programme de mesures est estimé entre 3,5 M€/an (scénario A) et 5,8 M€/an (scénario C). ■

Ce texte présente la démarche et les résultats du projet PROSPECTIV’EAU (BRGM, CG 974, DIREN, Office de l’eau de la Réunion). Les trois rapports de l’étude sont téléchargeables sur le site du BRGM.

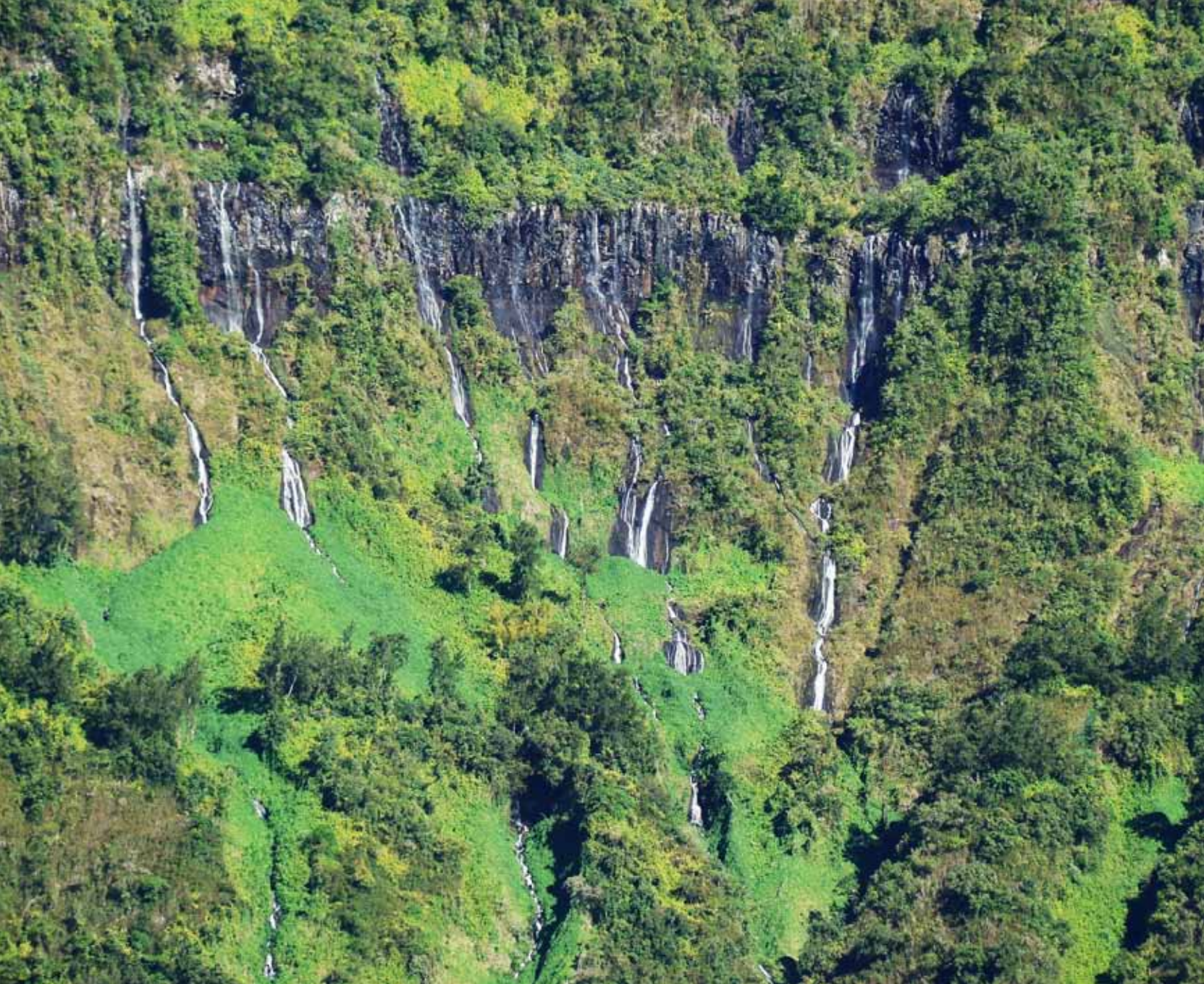
(1) Conformément à la directive-cadre sur l’eau et à la loi sur l’eau et les milieux aquatiques.



▲ Niveau de prélèvement par secteur pour les trois scénarios et la situation de référence.

Water uptake per sector for the three scenarios and the reference situation.

© BRGM – N. Graveline.



centaines de m³/h, nombreux à la Réunion). Celle-ci décroît néanmoins avec l'âge des formations concernées : ainsi les îles récentes (la Réunion ; Join *et al.*, 2005) présentent-elles globalement une meilleure perméabilité que les îles plus anciennes (Mayotte, Polynésie).

Cette règle générale ne doit néanmoins pas masquer la complexité des édifices volcaniques. Ainsi, le volcan bouclier du Piton des Neiges à la Réunion, en apparence simple et relativement récent (moins de 3 Ma), résulte d'une histoire géologique polyphasée, comprenant de grandes périodes d'édification du volcan bouclier (mise en place, monotone, de coulées peu épaisses, très perméables) et des phases de démantèlement majeures au cours desquelles une très grande partie de l'édifice a été érodée. Il en résulte, notamment dans la partie nord et nord-est de l'édifice, l'emboîtement de

plusieurs volcans boucliers successifs dont les formations géologiques sont d'autant moins perméables qu'ils sont anciens. Les contrastes de perméabilité entre ces ensembles laviques d'âges variés sont ponctués par des sources de fort débit, qui matérialisent les interfaces géologiques majeures (*photo 3*). L'analyse géomorphologique complète bien les approches géologique et hydrogéologique pour cartographier la géométrie de ces ensembles.

À l'inverse, les édifices volcaniques plus anciens comme Mayotte ou les volcans boucliers polynésiens anciens, bien que fortement affectés par la subsidence et l'érosion, comportent de profondes paléovallées plus récentes. Ces paléovallées renferment des coulées (*laves fissurées et scoriacées, photo 4*) de bonne perméabilité, interstratifiées avec des formations alluviales et



Photo 2 : Cascades du Voile de la Mariée, la Réunion.

Photo 2: Voile de la Mariée waterfalls on Reunion Island.

© B. Aunay.



▲ **Photo 3 : Reconnaissance géologique et hydrogéologique dans la Ravine Bras des Lianes, au nord-est de la Réunion.**

Photo 3: A geological and hydrogeological reconnaissance in the Bras des Lianes Ravine, in north-eastern Reunion Island.

© P. Lachassagne.



▲ **Photo 4 : Coulées de laves fissurées sur leur semelle scoriacée (massif du Mtsapéré, Mayotte).**

Photo 4: Cracked lava flows resting on their scoriaceous sole (Mtsapéré Massif, Mayotte).

© P. Lachassagne.

pyroclastiques peu perméables : en atteste le forage de Koualé à Mayotte qui produit plus de 60 m³/h en continu. La mise en évidence de ces structures hydrogéologiquement favorables, mais non affleurantes, requiert la combinaison d'approches géologiques et géophysiques de haute résolution ; la géophysique héliportée, calibrée sur la géologie et la géophysique de terrain, est très efficace. L'analyse du fonctionnement de ces systèmes hydrogéologiques requiert aussi des investissements (suivis hydrologiques, piézométriques, méthodes hydrochimiques) afin de les caractériser et d'investir à bon escient pour leur gestion et leur protection. On montre ainsi que ces aquifères volcaniques peuvent faire l'objet d'une gestion active efficace. À Mayotte, par exemple, sur le site de Koualé, l'exploitation de l'aquifère en saison sèche permet d'augmenter la recharge en saison des pluies tout en réduisant le « débordement » de l'aquifère qui se produisait en seconde partie de saison des pluies.

Par les contraintes auxquelles ils sont soumis (ressources limitées, forte densité de population), les territoires de l'outre-mer français constituent des « laboratoires » de choix pour la définition de stratégies d'adaptation des activités humaines, vis-à-vis des changements globaux (climatique et anthropique), stratégies qui pourront ensuite être déployées et transposées vers la métropole ou dans les pays tiers.

L'eau souterraine constitue pour ces territoires une ressource encore assez peu exploitée. Elle présente de ce fait un fort potentiel et une aptitude à accompagner le développement humain et économique. La plupart des territoires de l'outre-mer français comportant de fortes similarités, la caractérisation de leurs ressources en eau souterraine nécessite la mise en œuvre de méthodologies similaires, qui peuvent être mutualisées d'une région à l'autre.

La complexité des hydrosystèmes volcaniques requiert une approche pluridisciplinaire et de « haute résolution » pour la compréhension de leur structure et de leur fonctionnement, afin de mettre en évidence leurs ressources en eau et assurer leur gestion et leur protection. Les indices obtenus au moyen d'une seule discipline (géologie ou hydrochimie par exemple) ne peuvent être déterminants ; seule la convergence d'un faisceau d'indices concordants permet de conclure. Dans cette perspective, la mise en œuvre combinée des différentes disciplines des géosciences est indispensable : géologie du volcanisme, géophysique, hydrogéologie de terrain (contexte d'émergence des sources, relations nappes-cours d'eau), hydrodynamique (piézométrie, interprétation des pompages d'essai, traitement du signal haute fréquence), hydrochimie (majeurs, traces, isotopes), modélisation. ■

“ La reconnaissance sur le terrain permet d'identifier les faciès favorables du point de vue hydrogéologique. ”



Groundwater resources in insular volcanic contexts

Most of France's populated overseas territories are small intertropical volcanic islands. This context determines water availability and the constraints weighing on this resource. Surface water, resulting from orographic rainfall, is limited by the small size of the catchments, as well as by the rainfall's extreme spatial variability and the resource's vulnerability to pollution. Canalizations can be used to transfer the resource from rainy sectors to ones where rainfall is sparser. However, groundwater also represents an alternative that is essential for diversifying drinking water supply. Yet, this alternative requires taking into account other threats such as saline intrusion and pollution from agricultural sources, including chlordecone in the Antilles, where attempts at soil remediation are being made to. The potential for tapping them is conditioned by a thorough knowledge of the hydrogeology of the volcanic complexes, which calls for a multi-disciplinary and "high-resolution" approach. In this perspective, the combined implementation of various branches of the geosciences is an absolute necessity. In view of the constraints to which they are subject (limited resources, dense demography), French overseas territories act as ideal "laboratories" for defining strategies aimed at adapting man's activities in the face of climate change.

► PERSPECTIVES DE REMÉDIATION DES SOLS CONTAMINÉS PAR LE CHLORDÉCONE AUX ANTILLES

Christophe Mouvet – BRGM – Service Environnement et Procédés Innovants
Unité Bio Géo chimie Environnementale – c.mouvet@brgm.fr

L'emploi par l'agriculture moderne de produits phytosanitaires de synthèse peut entraîner des problèmes de pollution diffuse. Aux Antilles, c'est le chlordécone (CLD, insecticide organo-chloré), largement utilisée entre 1972 et 1993 pour lutter contre le charançon du bananier, qui pose aujourd'hui de graves problèmes environnementaux. En Martinique, 50 à 55 % des points d'eau échantillonnés dépassent pour le CLD la norme dans l'eau potable (0,1 µg/L), atteignant parfois 6,1 µg/L. La contamination des légumes racines par le CLD a obligé les préfets à prendre en 2003 des arrêtés de précaution relatifs à leur commercialisation et à interdire la consommation et la commercialisation de poissons et crustacés. Par ailleurs, l'étude épidémiologique Karuprostate vient de mettre en évidence un lien entre l'exposition au CLD et le taux de cancer de la prostate.

Seule une élimination ou une séquestration totale et irréversible du CLD stockée dans le sol pourrait remédier à l'ensemble des problèmes environnementaux posés par cette substance. Dans le cadre des actions du Grenelle de l'environnement, le ministère en charge de l'Écologie a confié au BRGM une étude testant des procédés de remédiation des sols contaminés par le CLD. Deux procédés ont été testés.

Le premier procédé était basé sur l'ajout de compost avec soit le maintien de conditions aérobies, soit une alternance de conditions aérobies et anaérobies. Aucune de ces deux variantes n'a abouti à une diminution significative des concentrations en CLD.

Le second procédé, dénommé *In Situ Chemical Reduction* (ISCR), met en œuvre l'amendement Daramend® (mélange de matière organique végétale et de micro-particules de fer) par une série de cycles avec une alternance de conditions d'anaérobies très réductrices et de conditions d'aérobies. Après six mois de traitement en laboratoire, la concentration initiale en CLD avait baissé, de façon différente selon la nature des sols traités : de 44 % dans l'andosol, de 95 % dans le ferralsol et de 90 % dans le nitisol. Le 5b-hydrochlordécone (dérivé monodéchloré de la CLD) n'est pas généré par le procédé.

Une étape importante reste à franchir : la vérification des performances de l'ISCR-Daramend® en conditions réelles de terrain aux Antilles. Ce projet, en cours de préparation, inclura la prise en compte de la bioaccumulation dans des végétaux comestibles, ainsi qu'un volet écotoxicologique. ■

Pour plus d'informations : rapport RP-59481-FR téléchargeable sur www.brgm.fr



◀ Bananeraie de Martinique.

A banana plantation in Martinique.

© BRGM – C. Mouvet.