

Programme d'actions pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines en Polynésie française

Rapport de synthèse finale

BRGM/RP-69975-FR

Novembre 2020



Polynésie Française



Contrat
de Projets
POLYNÉSIE
FRANÇAISE | ETAT
2008 - 2013



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Programme d'actions pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines en Polynésie française

Rapport de synthèse finale

BRGM/RP-69975-FR
Novembre 2020

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM (AP16POL001)

Corbier P.

Vérificateur :

Nom : Jean-Marc Mompelat
Fonction : Délégué à l'Outre-Mer
Date : 26/11/2020
Signature : 

Approbateur :

Nom : Claudie Carnec
Fonction : Dir. Adj. des Actions
Territoriales, chargée de l'Outre-mer
Date : 27/11/2020
Signature : 

Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.
Contact : qualite@brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots-clés : Actions, Bilan, Eaux souterraines, Exploitation, Formation, Géologie, Géophysique, Gestion, Hydrogéologie, Hydrogéochimie, Législation, Polynésie française, Prélèvements, Prospections, Ressources, VAITEA

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Corbier P. (2020) – Programme d’actions pour l’exploitation et la gestion des eaux souterraines en Polynésie française – Rapport de synthèse finale. BRGM/RP-69975-FR, 94 p., 39 ill., 1 ann.

Synthèse

Le 6 mars 2016, la Polynésie française et le BRGM ont signé un accord (convention n° 1366 MCE) pour la mise en œuvre d'un programme dédié à l'exploitation et à la gestion des eaux souterraines et s'inscrivant dans le cadre des « Opérations diverses venant en appui des axes AEP, déchets et assainissement » du volet « Environnement » du Contrat de Projets 2008-2013.

Ce programme d'un montant de 287 M XPF a été financé à hauteur de 80 % par le Pays et de 20 % par le BRGM. Une part du financement de la Polynésie et représentant 50 % du total a été apportée par l'État dans le cadre du Contrat de Projets. Son pilotage opérationnel a été assuré par la DIREN.

Initialement prévu sur une durée de 36 mois, le programme a fait l'objet d'un premier report de son délai de réalisation d'une année par le biais de 2 avenants. Le premier concerne la convention n° 1366 BRGM/MCE (avenant n° 2 du 14 mai 2019 référencé 03126) et le second, la convention n° 055-14 État/Polynésie française/BRGM (avenant n° 3 du 10 mai 2019 référencé 2219). Un second report encadré par les avenants n° 3 à la convention n° 1366 BRGM/MCE et n° 4 à la convention n° 055-14 a repoussé sa fin contractuelle au 4 juillet 2020.

Sur la période 2016/2020, 14 rapports techniques et 9 rapports liés au pilotage du projet (y compris celui-ci) ont été livrés en complément de la mise en place de 2 outils numériques dédiés à la gestion et à la diffusion de données sur l'eau. Huit comités de suivi ont également été organisés entre le MCE, la DIREN et le BRGM.

En raison de la crise sanitaire Covid-19, la phase de restitution finale du projet n'a pas pu être organisée dans les délais contractuels. Le BRGM a toutefois préparé des supports de présentation et de communication (supports powerpoint, plaquettes, roll-ups, film) qui pourront être utilisés pour présenter le bilan du projet aux instances du Pays, de l'État ainsi qu'aux communes concernées lorsque la situation se sera améliorée.

Le matériel technique acheté pour les besoins du projet (courantomètre, sondes piézométriques manuelles, sondes PTEC, mallette de chimie, imprimante, ...) a, quant à lui, été rétrocédé à la DIREN qui pourra en faire usage sur de nouveaux projets. Ce transfert a été encadré par une convention spécifique.

La mise en œuvre du programme a permis de faire avancer significativement les connaissances sur les ressources en eau souterraine et de proposer des solutions pour sécuriser l'approvisionnement en eau de 4 des 5 zones étudiées. Le BRGM est aussi venu en appui au Pays sur les aspects règlementaires (révision de la procédure d'occupation du domaine public fluvial, taxe d'exhaure) et liés à la gouvernance. Par le biais de sessions de formation, le programme a enfin contribué au transfert de connaissances adaptées aux réalités locales.

En complément, le référentiel des points d'eau qui va permettre une gestion de l'eau de la « source au lagon » et le portail d'informations VAITEA (VALorisation des Informations Techniques sur l'Eau) devraient contribuer à l'émergence et à la structuration d'une communauté eaux souterraines et en définitive apporter une contribution significative à la Politique de l'Eau en Polynésie française dont ils représenteront le socle.

Les approches pluridisciplinaires qui ont été mises en œuvre se sont avérées robustes et pourront éventuellement être reproduites pour l'étude de nouvelles îles. Pour pallier le manque général de données disponibles, il est toutefois important que la Polynésie française s'engage dans des démarches d'acquisition de données de référence par le biais de réseaux instrumentés.

Le recours aux techniques modernes d'investigation de type géophysique aéroportée est également recommandé si la Polynésie française souhaite parfaire sa connaissance des aquifères et des phénomènes hydrogéologiques en jeu au sein des différentes îles. Les opérations qu'il conviendrait de mener sur l'île de Tahiti ont pu être chiffrées en première approche et pourraient constituer une suite logique et complémentaire aux investigations menées dans le cadre du programme 2016/2020.

Sur le plan financier, la mise en œuvre du programme a nécessité la mobilisation de toute l'enveloppe prévue. Le dépassement du budget initial de 3,1 % n'a pas fait l'objet d'une facturation auprès de la Polynésie française afin de respecter les termes contractuels. Ce dépassement a été couvert par un abondement unilatéral du BRGM.

Sommaire

1. Introduction.....	9
2. Travaux menés dans le cadre de l'axe 1 du projet	13
2.1. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE RELATIVE AUX MILIEUX VOLCANIQUES INSULAIRES	13
2.2. BILAN DES DONNÉES CLIMATOLOGIQUES, MORPHOLOGIQUES, GÉOLOGIQUES, HYDROGÉOLOGIQUES ET HYDROMÉTRIQUES RELATIVES À 5 OU 6 ÎLES.....	15
2.3. INVENTAIRE DES TYPES D'AQUIFÈRES PRÉSENTS SUR LE TERRITOIRE POLYNÉSIE SUR LA BASE DES RÉSULTATS DES 2 PHASES PRÉCÉDENTES ...	17
2.4. BILAN DE L'AXE 1.....	18
3. Travaux menés dans le cadre de l'axe 2 du projet	19
3.1. ANALYSE DE LA GESTION DES RESSOURCES	19
3.2. MISE EN PLACE D'OUTILS DE GESTION.....	21
3.2.1. Référentiel des points d'eau.....	21
3.2.2. Portail d'informations	22
3.2.3. Hébergement et opérabilité des outils	24
3.3. BILAN DE L'AXE 2.....	24
4. Travaux menés dans le cadre de l'axe 3 du projet	27
4.1. MISSION N° 1 : ENQUÊTE TÉLÉPHONIQUE AUPRÈS DES 48 COMMUNES DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE	27
4.2. MISSION N° 2 : RÉVISION DE LA PROCÉDURE DE DÉCLARATION DES OUVRAGES DE PRÉLÈVEMENT	28
4.3. MISSION N° 3 : MISE EN PLACE D'UN RÉSEAU PIÉZOMÉTRIQUE ET D'UN RÉSEAU QUALITÉ.....	29
4.4. MISSION N° 4 : RÉFLEXION SUR LA MISE EN PLACE D'UNE TAXE D'EXHAURE EN POLYNÉSIE FRANÇAISE	30
4.5. MISSION N° 5 : SESSIONS DE FORMATION À L'HYDROGÉOLOGIE	31
4.6. MISSION N° 6 : SUPPORTS DE COMMUNICATION	33
4.7. MISSION N° 7 : CHIFFRAGE D'UNE CAMPAGNE DE GÉOPHYSIQUE AÉROPORTÉE SUR L'ÎLE DE TAHITI	34

4.8. BILAN DE L'AXE 3	35
5. Travaux menés dans le cadre de l'axe 4 du projet	37
5.1. RANGIROA	39
5.2. TAHITI / BASSIN VERSANT DE LA PAPENOO	41
5.3. TAHITI / BASSIN VERSANT DE LA PUNARUU	43
5.4. MOOREA	44
5.5. UA POU.....	47
5.6. BILAN DE L'AXE 4	49
6. Synthèse financière	51
7. Conclusion	53

Liste des illustrations

Illustration 1 : Contenu prévisionnel initial du projet.....	11
Illustration 2 : Schématisation des modèles canarien et hawaïen (Join <i>et al.</i> , 2005).....	14
Illustration 3 : Détails des données inventoriées par île.....	15
Illustration 4 : Exemples d'ouvrages ou de points d'eau souterrains inventoriés.....	16
Illustration 5 : Diagrammes circulaires établis pour Tahiti et Moorea	17
Illustration 6 : Gouvernance de l'eau et enjeux dans les territoires étudiés	20
Illustration 7 : Tarification de l'eau dans les territoires étudiés.....	20
Illustration 8 : Exemple de fiche relative à un point d'eau consultable via un dispositif mobile	22
Illustration 9 : Exemples d'articles consultables via le portail VAITEA.....	23
Illustration 10 : Répartition des captages d'eau souterraine au sein des archipels de la Polynésie française	27
Illustration 11 : Volet ¼ de la fiche de déclaration préalable établie	28
Illustration 12 : Localisation des ouvrages pouvant constituer le réseau piézométrique de Tahiti	29
Illustration 13 : Localisation des ouvrages pouvant constituer le réseau qualité de Tahiti	30
Illustration 14 : Synthèse et combinaisons de scénarios de redevances pour tous les usages	31
Illustration 15 : Visite des installations de captage de la Fautaua.....	32
Illustration 16 : Verso du portfolio faisant la liste des plaquettes établies	33
Illustration 17 : Bilan du projet dressé dans les jardins de l'Assemblée	34
Illustration 18 : Zones prioritaires définies par la DIREN en vue du lever de géophysique aéroportée sur l'île de Tahiti.....	34
Illustration 19 : Bilan des investigations menées sur les 5 zones d'étude (1/2).....	37
Illustration 20 : Bilan des investigations menées sur les 5 zones d'étude (2/2).....	38
Illustration 21 : Épaisseur maximale de la lentille d'eau douce en fonction de la largeur de l'atoll pour différents atolls du Pacifique d'après Bailey <i>et al.</i> , 2009 et observations réalisées à Rangiroa (en bleu)	39
Illustration 22 : Modèle hydrogéologique conceptuel établi pour l'atoll de Rangiroa	39
Illustration 23 : Localisation des secteurs d'intérêt.....	40
Illustration 24 : Modèle hydrogéologique conceptuel établi pour le bassin versant de la Papenoo.....	41
Illustration 25 : Source située à l'aval du barrage Tahinu dans la haute vallée	41
Illustration 26 : Extension de la zone propice à la réalisation d'un forage dans la haute vallée	42
Illustration 27 : Extension de la zone propice à la réalisation d'un forage au débouché de la Vaiputoa	42
Illustration 28 : Modèle hydrogéologique conceptuel établi pour le bassin versant de la Punaruu	43
Illustration 29 : Localisation des profils géophysiques et emplacements retenus pour la création d'un forage	44
Illustration 30 : Modèle hydrogéologique conceptuel établi pour le secteur d'Afareaitu à Moorea	45
Illustration 31 : Source Vaiava située au pied du plateau basaltique à Afareaitu	46
Illustration 32 : Cartographie des paléovallées (en traits blancs discontinus) imagées par les tomographies électriques.....	46

Illustration 33 : Modèle hydrogéologique conceptuel établi pour le secteur d'Hakahau à Ua Pou	47
Illustration 34 : Implantation des profils géophysiques réalisés	48
Illustration 35 : Ouvrage F3, situé près de l'école à Hakahau	48
Illustration 36 : Déroulé des études hydrogéologiques détaillées	49
Illustration 37 : Bilan des dépenses et références des rapports établis	51
Illustration 38 : Comparaison entre budgets prévisionnels et montants dépensés	52
Illustration 39 : Évolution des dépenses entre mars 2016 et juin 2020	52

Liste des annexes

Annexe 1 : Plaquettes de communication	57
--	----

1. Introduction

En Polynésie française, le recours aux eaux souterraines est important mais ces ressources sont vulnérables du fait de l'insularité. Les pressions exercées sont par ailleurs grandissantes du fait d'une augmentation des besoins en lien avec le développement démographique et touristique et des effets du changement climatique (sécheresse accrue et élévation du niveau de la mer).

Bien que très utilisées, les eaux souterraines et les phénomènes hydrogéologiques associés restent relativement méconnus. Les dernières grandes études datent en effet de la fin des années 1960.

C'est dans ce contexte et dans une perspective d'offrir au Pays des conditions de développement durable, respectueuses des ressources en eau, que la Polynésie française et le BRGM ont signé le 6 mars 2016 un accord pour la mise en œuvre d'un programme dédié à l'exploitation et à la gestion des eaux souterraines (convention n° 1366 MCE). Ce programme s'inscrit dans le cadre des « Opérations diverses venant en appui des axes AEP, déchets et assainissement » du volet « Environnement » du Contrat de Projets 2008-2013.

D'un montant de 287 M XPF, il a été financé à hauteur de 80 % par le Pays et de 20 % par le BRGM. Une part du financement de la Polynésie, et représentant 50 % du total, a été apportée par l'État dans le cadre du Contrat de Projets. Son pilotage opérationnel a été assuré par la DIREN.

Initialement prévu sur une durée de 36 mois, le programme a fait l'objet d'un premier report de son délai de réalisation d'une année par le biais de 2 avenants. Le premier concerne la convention n° 1366 BRGM/MCE (avenant n° 2 du 14 mai 2019 référencé 03126) et le second, la convention n° 055-14 État/Polynésie française/BRGM (avenant n° 3 du 10 mai 2019 référencé 2219). Un second report encadré par les avenants n° 3 à la convention n° 1366 BRGM/MCE et n° 4 à la convention n° 055-14 a repoussé sa fin contractuelle au 4 juillet 2020.

Sur le plan technique, le programme a été bâti selon 4 axes respectivement dédiés à des travaux d'inventaire et de synthèse (AXE 1), à la mise en place d'outils de gestion (AXE 2), à des missions d'assistance technique et réglementaire (AXE 3) et à des études hydrogéologiques détaillées (AXE 4) concernant une île haute, une île mixte, un atoll et deux bassins versants ; l'objectif étant de pouvoir définir une approche méthodologique reproductible.

L'illustration 1 présente le contenu prévisionnel initial du programme. Ce dernier a fait l'objet d'ajustements en fonction des souhaits du MCE et de la DIREN, des contraintes rencontrées ou des premiers résultats obtenus.

Les principales adaptations, validées à l'occasion du premier report de délai, concernent :

- pour l'axe 1 : un bilan mené sur 3 îles supplémentaires ;
- pour l'axe 2 : la création d'un référentiel des points d'eau en complément de la plateforme d'information et un élargissement de la couverture des outils mis en place à toutes les îles de la Polynésie française (initialement, seule l'île de Tahiti était prévue) ;
- pour l'axe 4 : une modification du programme analytique (suppression des analyses en phytosanitaires notamment), la réalisation de cartes représentant l'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (IDPR) pour les îles hautes et mixtes afin de pallier le manque

de données hydrométriques et la suppression des volets dédiés au modèle maillé et à la recharge artificielle pour l'atoll (opérations jugées non réalisables ou non souhaitables).

En matière de pilotage, 8 comités de suivi ont permis au BRGM d'informer le MCE et la DIREN du déroulé du programme, d'en faire évoluer son contenu, de présenter les résultats obtenus et de faire les arbitrages nécessaires à la poursuite du programme. Le comité de suivi final s'est tenu le 17 novembre 2020 en visioconférence. Des sessions de restitution pour les instances du Pays, l'État, les communes concernées et le cas échéant, le Grand Public pourront, quant à elles, être programmées en présentiel lorsque la situation sanitaire se sera améliorée, en concertation avec le MCE.

Par ailleurs, à la suite d'un premier rapport dédié au contenu de la première année (BRGM/RP-66420-FR), sept rapports d'avancement référencés BRGM/RP-68206-FR (pour l'année 2017), BRGM/RP-68307-FR (pour le premier semestre 2018), BRGM/RP-68463-FR (pour la période juillet à octobre 2018), BRGM/RP-68714-FR (pour la période novembre/décembre 2018), BRGM/RP-69087-FR (pour le premier semestre 2019), BRGM/RP-70236-FR (pour le second semestre 2019) et BRGM/RP-70243-FR (pour le premier semestre 2020) ont été produits au fil du projet et ont accompagné les appels de fonds correspondants.

Le présent rapport constitue le dernier livrable contractuel du projet. Il fait le bilan axe par axe des productions réalisées et propose en dernier lieu une synthèse financière.

Axe 1 : Synthèse des connaissances et typologie des aquifères polynésiens

- Synthèse bibliographique relative aux milieux volcaniques insulaires : comparaison des modèles conceptuels existants, bilan des connaissances sur les milieux similaires à ceux de la Polynésie (Hawaï, Mayotte, Galapagos, Réunion, Corée...) et inventaire des méthodes de prospection.
- Bilan des données climatologiques, morphologiques, géologiques, hydrogéologiques et hydrométriques relatives à 5 ou 6 îles (travail similaire à celui mené sur Tahiti en 2011-2012).
- Inventaire des types d'aquifères présents sur le territoire polynésien sur la base des résultats des 2 phases précédentes.

Axe 2 : Élaboration d'outils de gestion de la ressource en eau sur l'île de Tahiti

- Analyse de la gestion des ressources en eau en Polynésie, de la réglementation et des problèmes liés à sa mise en œuvre et des structures mises en place dans des Pays de la zone Pacifique ou dans des contextes similaires.
- Enquête auprès des services en charge de la gestion des ressources afin de cerner les besoins, mise en place d'outils de gestion incluant une plateforme d'information de type SIGES (Système d'Information et de Gestion des Eaux Souterraines) permettant la mise à disposition des informations récoltées dans le cadre du projet.

Axe 3 : Assistance technique pour une gestion intégrée et durable de la ressource en eau souterraine

- Missions d'assistance technique : organisation de formations, réalisation de guides méthodologiques, interventions à la demande (tierce-expertises, appui aux maîtres d'ouvrage...), appui à la rédaction de cahiers des charges (périmètres de protection, nouveaux captages...), définition de zones d'intérêt pour la recherche de nouvelles ressources.
- Missions d'assistance réglementaire : réflexions sur de nouvelles réglementations, sur la taxe d'exhaure, sur la coordination technique des acteurs de la gestion des eaux souterraines...

Axe 4 : Étude hydrogéologique détaillée d'une île haute, d'une île mixte, d'un atoll et de deux bassins versants de Tahiti

- Caractérisation détaillée d'une île haute, d'une île mixte et de deux bassins versants de Tahiti : reconnaissances géologiques (remontée des ravines, analyse de la fissuration) et hydrogéologiques (mesures physico-chimiques sur sources et cours d'eau, analyses d'eau, logs qualité dans les forages, pompages d'essai sur quelques ouvrages), bilan hydrologique, géophysique (panneaux électriques).
- Caractérisation détaillée d'un atoll : reconnaissances géologiques et hydrogéologiques (repérage des sources et des forages littoraux, cartographie du niveau piézométrique grâce à des sondages à la tarière, analyses d'eau, logs qualité dans les forages), bilan hydrologique, géophysique (panneaux électriques), modèle maillé (gestion de la lentille d'eau douce) et étude de faisabilité d'une recharge artificielle.

Illustration 1 : Contenu prévisionnel initial du projet.

2. Travaux menés dans le cadre de l'axe 1 du projet

Conformément au contenu prévisionnel du programme, 3 opérations ont été réalisées dans le cadre de l'axe 1 du programme. Elles ont abouti à la rédaction de 3 rapports.

2.1. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE RELATIVE AUX MILIEUX VOLCANIQUES INSULAIRES

Ce travail de synthèse a porté sur le volcanisme et l'hydrogéologie des points chauds et sur l'inventaire des méthodes de prospection et d'exploitation des ressources en eaux souterraines adaptées à ces milieux. Il a abouti à la rédaction du rapport **BRGM/RP-66567-FR** qui a été livré en version finale le 14 avril 2017.

En Polynésie française, il apparaît que les formations volcaniques les plus fréquemment rencontrées sont des laves basaltiques qui se sont épanchées sous forme de coulées successives. Il est toutefois possible de rencontrer localement d'autres types de formations comme des roches intrusives qui se présentent sous forme de dykes ou de sills, des roches volcano-détritiques (conglomérats et lahars) et des pyroclastites ou des hyaloclastites.

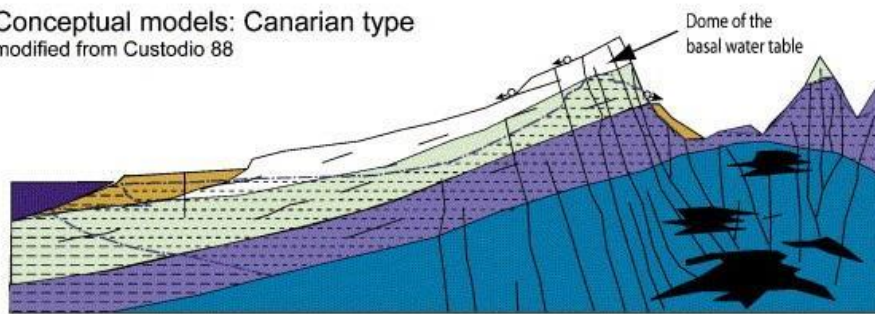
Les formations volcaniques, les alluvions associées aux cours d'eau ainsi que les formations littorales mixtes constituées de sédiments fluviatiles, de formations marines et de produits d'altération du basalte renferment des aquifères de plus ou moins grande extension.

Parmi ces aquifères, l'aquifère basal qui est en équilibre sur la nappe d'eau salée et les alluvions représentent les ressources les plus sollicitées. Les aquifères perchés situés au sein de coulées basaltiques ou liés à la présence de niveaux altérés donnent souvent naissance à des sources dont le débit fluctue avec les conditions climatiques. Leur situation topographique fait qu'elles sont souvent difficiles à capter.

Plusieurs modèles hydrogéologiques conceptuels ont été établis pour les îles issues de points chauds. Certains supposent une quasi déconnexion entre les aquifères perchés et l'aquifère basal (modèle hawaïen et variantes), d'autres établissent une bonne continuité entre ces 2 ensembles (modèle canarien et variantes) (Illustration 2). D'autres modèles, comme celui établi pour l'île de Mayotte, supposent l'absence d'un aquifère basal de grande extension.

À Tahiti, la présence d'aquifères perchés se manifeste par la présence de lignes de sources en altitude lors des événements pluvieux importants et l'aquifère basal, sollicité pour l'AEP, est bien développé. Les difficultés d'accès au cœur de l'île ainsi que l'absence de forages profonds à mi-pente font qu'il est difficile de se prononcer sur le modèle qui retranscrit le mieux le fonctionnement hydrogéologique. La jeunesse de l'île (1,4 Ma), l'intense fracturation liée aux effondrements sectoriels ainsi que le faible gradient de l'aquifère de base constituent néanmoins des indices plaçant en la faveur d'un fonctionnement global de type hawaïen, ceci n'excluant pas que des portions de l'île puissent présenter un comportement différent. Ce schéma est probablement valable pour les autres îles hautes de l'archipel de la Société mais cette classification reste insuffisamment étayée par de réelles observations et reste à démontrer.

Conceptual models: Canarian type
modified from Custodio 88



Conceptual models: Hawaiian type
modified from Gringerich and Oki 2000

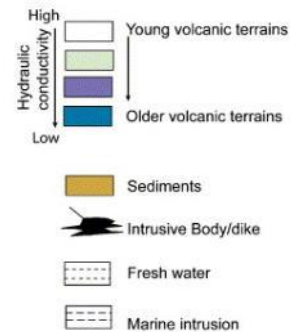
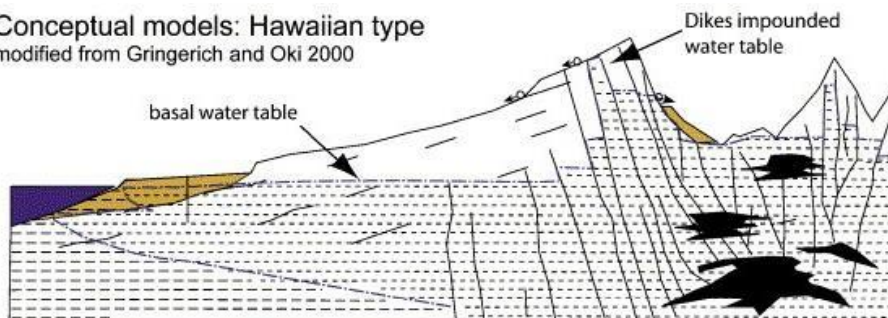


Illustration 2 : Schématisation des modèles canarien et hawaïien (Join et al., 2005).

Parmi les techniques de prospection les plus adaptées à l'étude de ces milieux, les reconnaissances de terrain destinées à déterminer la nature des roches, à appréhender la géométrie des structures, à évaluer le degré de fissuration et d'altération, à identifier les indices de circulation d'eau souterraine et les points d'intérêt pouvant faire l'objet d'éventuels prélèvements constituent un préalable à toute étude hydrogéologique d'envergure.

Les analyses chimiques et isotopiques, la réalisation de bilans hydrologiques, les méthodes de prospection géophysiques (sondages électriques et méthodes électromagnétiques aéroportées notamment), le calcul de l'IDPR (Indice de Développement et de Persistance des Réseaux) ainsi que la réalisation de pompages d'essai constituent d'autres techniques qui peuvent être mises en œuvre pour appréhender le fonctionnement des aquifères en domaine volcanique.

Bien qu'elles puissent être mises en œuvre séparément, le recours à plusieurs approches garantit généralement une caractérisation plus fine des milieux

En matière de captage, toute méthode permettant de limiter le rabattement et la remontée ou la migration de l'interface eau douce / eau salée doit donc être privilégiée lorsque l'on souhaite exploiter les aquifères côtiers. L'exploitation des nappes d'altitude par forage est également possible mais coûteuse en raison de l'épaisseur de la zone non saturée à traverser (parfois plusieurs centaines de mètres) et de la consommation énergétique qu'elle engendre. Les galeries drainantes sont, quant à elles, bien adaptées au captage des ressources alluviales.

2.2. BILAN DES DONNÉES CLIMATOLOGIQUES, MORPHOLOGIQUES, GÉOLOGIQUES, HYDROGÉOLOGIQUES ET HYDROMÉTRIQUES RELATIVES À 5 OU 6 ÎLES

Un inventaire des données disponibles devait être réalisé sur les sept îles sélectionnées par le MCE et la DIREN en décembre 2016 (Moorea, Maiao, Huahine, Raiatea, Taha'a, Ua Pou et Makatea) ainsi que sur l'île de Rangiroa rajoutée à la sélection initiale en juin 2017.

Pour répondre à cet objectif, le BRGM a mené de façon parallèle une analyse bibliographique des documents et des rapports hydrogéologiques disponibles ainsi que des missions de terrain d'une durée de 2 à 4 jours entre février et septembre 2017.

Ces dernières ont permis de rencontrer les acteurs locaux de la gestion de l'eau et d'effectuer des mesures in-situ (324 relevés de coordonnées, 21 jaugeages, 150 mesures piézométriques et 221 analyses physico-chimiques).

L'inventaire s'est focalisé sur les ressources souterraines mais lorsque cela a été possible, des données relatives aux captages superficiels ou aux rivières ont aussi été relevées.

L'illustration 3 détaille les données inventoriées pour chaque île et l'illustration 4 montre la variété des ouvrages ou points d'eau souterrains recensés.

Les éléments recueillis ont été compilés et organisés sous forme de bases de données similaires à celle qui avait été mise en place pour l'île de Tahiti en 2011/2012.

L'opération a abouti à la rédaction du rapport **BRGM/RP-67128-FR** qui a été livré en version finale le 12 avril 2018.

	Ouvrages		Localisation précise		Coupes géologiques	Pompages d'essai	Mesures piézo	Analyses d'eau	Sources potentielles de pollution (dont géolocalisées)
	souterrains	superficiels	souterrains	superficiels					
Moorea	29	56	22	56	17	12 (26)	12 (20)	18 (37)	41 (36)
Maiao	32	2	26	0	2	1 (1)	31 (31)	30 (30)	2 (2)
Huahine	23	27	19	8	15	12 (17)	15 (15)	31 (55)	18 (4)
Tahaa	30	4	8	4	18	9 (10)	18 (19)	15 (94)	13 (3)
Raiatea	32	7	19	6	28	21 (25)	27 (38)	25 (84)	48 (10)
Ua Pou	5	11	5	11	5	4 (8)	4 (6)	8 (15)	26 (23)
Rangiroa	133	0	133	0	0	0	116 (118)	128 (130)	8 (8)
Makatea	15	0	15	0	0	0	0	15 (16)	11 (11)
TOTAL	299	107	247	85	85	87	247	461	167

Illustration 3 : Détails des données inventoriées par île.



Illustration 4 : Exemples d'ouvrages ou de points d'eau souterrains inventoriés.

2.3. INVENTAIRE DES TYPES D'AQUIFÈRES PRÉSENTS SUR LE TERRITOIRE POLYNÉSIEEN SUR LA BASE DES RÉSULTATS DES 2 PHASES PRÉCÉDENTES

En raison d'une disponibilité limitée des données, le travail de définition de la typologie des aquifères polynésiens s'est appuyé sur les analyses chimiques relatives aux eaux brutes recensées par le Centre d'Hygiène et de Salubrité Publique de la Polynésie française et les données inventoriées par le BRGM en 2011-2012 sur l'île de Tahiti et entre 2016 et 2019 sur les 8 îles ayant fait l'objet d'une phase d'inventaire. Il a abouti à la rédaction du rapport **BRGM/RP-69706-FR**, transmis en version finale le 28 février 2020.

Le report des teneurs en éléments chimiques disponibles dans différents types de diagrammes a permis de montrer :

- 1) que les eaux souterraines prélevées dans les archipels des Marquises et des Tuamotu se distinguaient par des faciès hydrochimiques différents de ceux rencontrés dans la Société, aux Australes ou aux Gambier, l'environnement géologique (riche en phonolite pour Ua Pou et carbonaté pour Rangiroa) étant à l'origine de ces différences ;
- 2) que le chimisme des eaux prélevées à Tubuai et Rurutu était assez similaire, de même qu'à Bora-Bora et Rimatara. Les îles de Tahiti, Moorea, Huahine, Raiatea, Taha'a et Mangareva définissent un autre pôle relativement homogène ;
- 3) que plusieurs sites étaient affectés par un phénomène d'intrusion saline. Des coliformes sont aussi dénombrés sur la moitié des lieux de prélèvements, soulignant ainsi des contaminations d'origine anthropique et une mauvaise protection des puits ou des forages. Les îles de Tahiti et Moorea rencontrent également quelques dépassements en pesticides et HAP témoignant de pollutions agricoles et industrielles mais ces derniers restent peu nombreux (Illustration 5).

L'analyse menée ayant été fortement contrainte par la quantité et la qualité des données, il a été notamment recommandé de consolider les bases de données existantes en vérifiant notamment la cohérence des valeurs reportées (unités, limites de quantification, ...) et en appréciant leur fiabilité. Il est également important que toutes les communes transmettent leurs résultats d'analyses au CHSP pour constituer la base de données la plus fiable possible.

Tous les points d'observation doivent enfin être suffisamment bien décrits par des informations contextuelles directes ou par des renvois à des études associées.

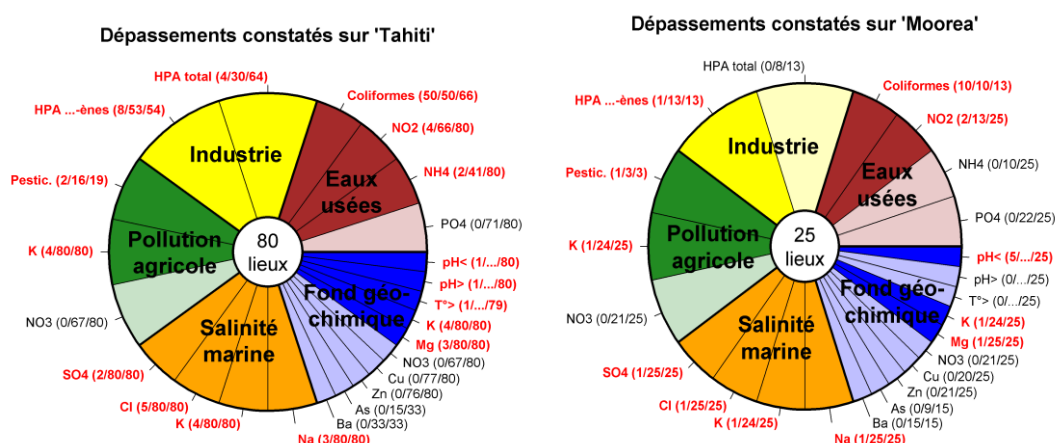


Illustration 5 : Diagrammes circulaires établis pour Tahiti et Moorea.

2.4. BILAN DE L'AXE 1

Au terme de ces 3 opérations, la Polynésie dispose :

☒ D'un guide des méthodes de prospections et des techniques de captage des eaux souterraines en milieu volcanique insulaire.

- Il est à noter que chaque méthode de prospection peut être mise en œuvre de façon indépendante mais le recours à plusieurs garantit généralement une caractérisation plus fine des milieux. Une approche croisée comportant a minima des reconnaissances géologiques et hydrogéologiques (caractérisation physico-chimique notamment) et un bilan quantitatif peut être suffisante en première approche.
- En Polynésie française, les techniques de captage des eaux souterraines se limitent aux galeries drainantes (captage des ressources alluviales), aux captages de sources et aux forages verticaux et horizontaux. Des dispositifs plus sophistiqués existent, notamment pour limiter les risques de solliciter des ressources contaminées par du sel, et pourraient être testés, à titre expérimental, au droit de sites jugés problématiques.

☒ D'un inventaire de données relatives aux eaux souterraines et aux captages d'eau superficielle sur 8 îles

- Sur le plan administratif, ces données pourront servir à initier un processus de régularisation des ouvrages de captage. Il est en effet apparu que seule une petite proportion de ces ouvrages a fait l'objet d'une procédure complète de déclaration auprès du GEGDP (Direction de l'Équipement). Dans ces conditions, il serait également nécessaire que toutes les îles de la Polynésie française fassent l'objet d'une telle phase d'inventaire.
- Sur le plan administratif également, les services du Pays pourront aussi s'appuyer sur ces données pour l'instruction des dossiers. La proximité d'un forage ou d'un captage peut en effet constituer un paramètre important lorsqu'il s'agit de statuer sur l'implantation d'une activité potentiellement polluante.
- Ces données pourront enfin faciliter la remontée d'informations concernant les volumes prélevés et permettre d'initier une gestion plus rationnelle des ressources en eau.

☒ D'une première typologie des îles basée sur la qualité des eaux souterraines

- La prise en compte des données qualitatives disponibles a permis d'établir une première comparaison mais l'analyse se base sur des informations non exhaustives et parfois peu fiables. Dans la mesure du possible, le recensement des résultats d'analyse doit être amélioré et les bases de données, consolidées et mieux documentées.
- Si les phénomènes de pollution diffuse ou en lien avec l'activité industrielle semblent limités, la contamination bactériologique des captages est plus fréquente et met en évidence la nécessité de mieux protéger les ouvrages.
- Le recours aux périmètres de protection constitue la solution la plus adaptée en dépit des problèmes de foncier. L'amélioration des dispositifs d'assainissement à proximité des captages constitue également une autre recommandation.

3. Travaux menés dans le cadre de l'axe 2 du projet

L'axe 2 du projet a comporté un premier volet dédié à l'analyse de la gestion des ressources en eau en Polynésie française et dans d'autres pays de la zone Pacifique ou dans des contextes similaires et un second volet dédié à la mise en place d'outils numériques.

3.1. ANALYSE DE LA GESTION DES RESSOURCES

Le rapport **BRGM/RP-67217-FR** livré en version définitive le 21 décembre 2017 correspond à une synthèse bibliographique des modes de gestion de l'eau (aspects règlementaires y compris) en Polynésie française et dans 5 autres territoires insulaires présentant des contextes géologiques (géologie volcanique à dominante basaltique) et socio-économiques (activités économiques portées par le tourisme) similaires.

Les 5 territoires étudiés correspondent aux îles Hawaï (état fédéral des États-Unis), aux îles Fidji (état indépendant du Pacifique), à la Nouvelle-Zélande (autre état indépendant du Pacifique), à la Nouvelle-Calédonie (Collectivité d'Outre-Mer) et à l'île de La Réunion (Département et Région d'Outre-Mer).

Les retours d'expériences des territoires étudiés ont permis de mieux cerner les enjeux et les contraintes de la gouvernance de l'eau en milieu insulaire (Illustration 6).

De façon globale, il est reconnu un manque de connaissances en ce qui concerne les eaux souterraines. Les données hydrogéologiques existantes sont souvent insuffisantes ou incomplètes pour permettre une gestion intégrée et soutenable. Les travaux déjà menés à Hawaï ou à l'île de la Réunion pourraient donc servir de modèles pour l'évaluation des ressources en eau souterraine des îles de la Polynésie française.

La gestion intégrée des ressources en eaux souterraines nécessite également une meilleure connaissance des prélèvements et des besoins en eau actuels et futurs pour les différents usages. En Polynésie française, les prélèvements en eau sont mal connus. Un travail d'évaluation de même que de scénarisation des besoins futurs en eau par usage paraît donc nécessaire.

Sur le plan juridique et réglementaire, l'ensemble des territoires étudiés se sont engagés dans de longs processus de réforme des politiques de l'eau. Ces réformes sont déjà effectives à Hawaï (Water code) et en Nouvelle-Zélande (Resource Management Act). Préalablement, des commissions d'études avaient été mises en place pour analyser les fondements juridiques et institutionnels d'une gestion rationnelle de l'eau. En Polynésie française, une telle commission pourrait être instituée dans le cadre de la Politique de l'Eau.

Sur le plan de la gouvernance et pour répondre à la problématique de la fragmentation des compétences et des connaissances dans le domaine de l'eau, la plupart des pays ont institué un organe administratif unique pour la gestion des ressources en eaux avec des prérogatives plus au moins élargies (ex. : Offices de l'Eau dans les régions d'Outre-mer). Compte tenu de leur efficience, une telle structure pourrait aussi être mise en place en Polynésie française.

Il apparaît enfin que tous les territoires étudiés ont mis en place un système de tarification des services d'eau potable (Illustration 7). À ce jour, les îles Fidji, la Nouvelle-Calédonie et la Polynésie française ne recouvrent toutefois pas entièrement leurs coûts. Il convient donc d'entamer une réflexion pour améliorer cette situation, la généralisation d'une taxe d'exhaure à l'ensemble des usagers de l'eau représentant la solution la plus évidente.

Pays	Cadre législatif	Principaux acteurs	Outils de gestion de la ressource en eau	Principaux enjeux de l'eau
Hawaii	Water code (1987)	CWRM/DLNR, Senat, Comtés, Agence locale de l'Eau ; USGS, NOAA	5 plans directeurs (protection, qualité, projets eau, usage agricole, usages par comté)	Variabilité climatique, surexploitation des ESO, intrusion saline, pollution, érosion des sols
Fidji	National Water Mangement Act (en cours depuis 2010)	WAF (Water Authority of Fiji), Ministères (transport, agriculture, environnement), Municipalités locales	Schéma directeur national de l'eau et de l'assainissement (en cours d'élaboration)	Sécheresse, conflits d'usage, pollution des ESO, réforme de la législation, tarification
Nouvelle-Zélande	Ressource Mangement Act (1991), réformé en 2011	Acteurs territoriaux (Regional councils, District et city councils) et Ministères (environnement et industrie)	Plans de gestion nationale et à l'échelle de bassins versants	Surexploitation des ressources, pressions agricoles (activités pastorales), pollution par les nitrates
Nouvelle-Calédonie	Loi organique (1991) et ses délibérations	État, Pays, provinces, Communes, DAVAR, DASS	Principalement le Périmètre de Protection des Eaux (PPE)	Pression domestique, pollution industrielle, absence de cadre législatif et institutionnel
Île de la Réunion	LEMA (2006) et DCE (2000)	Office de l'Eau, Comité de Bassin, DEAAAL, DAAF, ARS, Collectivités territoriales	Plusieurs schémas : SDAGE, SAGE, SDDE, SDAEP	Préservation de la biodiversité aquatique, pollution diffuse, financement de l'eau
Polynésie française	Loi organique du Pays et ses délibérations	État, pays, Communes, DAF, DEQ, DIREN, DAG	Politique Sectorielle de l'Eau (PSE)	Connaissance des ressources en eaux, forte disparité de la ressource entre les îles

Illustration 6 : Gouvernance de l'eau et enjeux dans les territoires étudiés.

Pays	Structure et mode de tarification (AEP)	Prix de l'eau (AEP)	Taux de recouvrement des coûts (AEP)	Redevance pour prélèvement en eau
Hawaii	Mode décentralisé, majoritairement forfaitaire ou progressif par tranche	District de Honolulu (2016) : 1 à 1,79 €/m ³	100 % des coûts complets	Oui, redevance incluse dans le prix de l'eau
Fidji	Progressif en 3 tranches et tarification sociale	Gratuit à 0,34 €/m ³ (tranche supérieure)	Non recouvert (seulement 44 % des coûts opérationnels)	Non mais prévue par la réforme de la Loi sur l'Eau
Nouvelle-Zélande	Mode décentralisé, tarification volumétrique variable ou fixe	Variable selon les districts : entre 0,3 et 0,74 €/m ³ (2010)	100 % des coûts complets	Oui, appliquée et incluse dans la taxe foncière (% valeur foncière)
Nouvelle-Calédonie	Tarification non généralisée (quelques communes)	Nouméa (2009) : 1,6 €/m ³	Recouvrement des coûts à Noumea, non atteint dans les autres communes	Redevance peu appliquée et non répercutée sur le prix de l'eau
Île de la Réunion	Tarification volumétrique avec parts fixe et variable	1,06 €/m ³ (prix moyen 2015)	Taux de recouvrement de 104 % pour l'usage domestique	Oui, redevance incluse dans le prix de l'eau (avec 6 autres redevances)
Polynésie française	Tarification non généralisée, volumétrique ou forfaitaire	Variable selon les communes : de 0,13 €/m ³ à 5 €/m ³ à Bora-Bora (osmose inverse)	89 % de recouvrement à Papeete, coûts partiellement ou non couverts dans les autres communes	Redevance peu appliquée (15 XPF/m ³) et non répercutée sur le prix de l'eau

Illustration 7 : Tarification de l'eau dans les territoires étudiés.

3.2. MISE EN PLACE D'OUTILS DE GESTION

En Polynésie française, l'alimentation en eau potable des 283 000 habitants dispersés sur un territoire aussi vaste que l'Europe et la maîtrise des pollutions qui peuvent impacter les milieux récepteurs et notamment les lagons constituent les principaux enjeux de la gestion de l'eau.

Afin de répondre à ces problématiques, le Pays a élaboré une politique de l'eau qui vise notamment à coordonner les acteurs et les actions. Ce document est en cours de finalisation.

Parallèlement et en appui de cette politique, le Pays a souhaité que des outils numériques soient développés par le BRGM. Il est toutefois rapidement apparu que les actions prévisionnelles liées à la mise en place d'outils de gestion et de diffusion des données devaient être affinées pour tenir compte de la disponibilité des informations et des besoins des différents services du Pays recueillis à l'occasion d'une mission spécifique (entre le 14 et le 27 octobre 2017).

Un consensus a été trouvé sur la création d'un référentiel des points d'eau et d'un portail d'informations et au final, l'évolution porte essentiellement sur une prise en compte plus marquée des usages de l'eau au travers de 6 fonctions possibles et sur un changement d'échelle.

En effet, contrairement aux outils prévisionnels qui ne devaient concerner que l'île de Tahiti, le référentiel des points d'eau et le portail d'informations permettront de bancariser et de diffuser des données relatives à toute la Polynésie française.

Un premier rapport (**BRGM/RP-68005-FR**) livré le 23 décembre 2019 décrit les outils envisagés et leur structure. Un second rapport (**BRGM/RP-69561-FR**) livré le 22 juin 2020 complète le premier document en proposant notamment un manuel utilisateur pour le référentiel et en décrivant l'espace cartographique du portail.

3.2.1. Référentiel des points d'eau

Le référentiel des points d'eau vise à identifier les points remarquables en relation avec l'eau sous toutes ses formes et à bancariser les données associées. Il a pour but d'inventorier les sources, les installations et les ouvrages de captage ou de stockage de l'eau, les rejets d'eaux usées, les zones de baignade ou de natation et les points de surveillance sur toute nature d'eau (brute, distribuée, usée, ...).

Un code composé d'un préfixe suivi de 2 lettres et 3 chiffres identifie chaque point d'eau. Il est affecté à vie à l'ouvrage même si ce dernier est abandonné et constitue la référence qui doit être utilisée par tous les acteurs pour communiquer.

En ayant retenu le principe d'un code unique affecté à chaque point d'eau, le prérequis à une gestion partagée est donc engagé. En offrant des droits de saisie par domaine métier via une application dédiée, les différents acteurs du Pays (environnement, équipement, santé et hygiène, acteurs locaux du monde communal, affaires maritimes, etc.) vont également contribuer à la connaissance du territoire dans une démarche collaborative et profitable à tous.

Couplée à une diffusion cartographique par service, les données sont facilement intégrées au portail Te Fenua et deviennent consultables par le public (élus, bureaux d'études, citoyens, scolaires, ...). Une consultation des fiches via des dispositifs mobiles est également possible (Illustration 8).

À noter qu'en complément des rapports précédemment mentionnés, des sessions de formation à l'outil ont été organisées entre le 27 janvier et le 10 février 2020 pour les services du Pays.



Illustration 8 : Exemple de fiche relative à un point d'eau consultable via un dispositif mobile.

3.2.2. Portail d'informations

Le portail de l'eau VAITEA (VALorisation des Informations Techniques sur l'EAu) vise, quant à lui, à répondre aux besoins des services du Pays mais également de façon plus large, aux besoins des citoyens en matière de diffusion des informations relatives à l'eau.

Vitrine de la politique de l'eau, sa structure éditoriale, basée sur la collaboration d'un panel d'auteurs, propose des articles généralistes, des rédactions pédagogiques pour sensibiliser les citoyens et des articles techniques pour les professionnels du domaine.

Il s'articule autour de 6 rubriques respectivement dédiées à des généralités, aux ressources en eau, aux usages, à la réglementation, aux acteurs de la gestion de l'eau et à des références documentaires.

À titre d'exemple, l'illustration 9 donne un aperçu des articles consultables dans la partie dédiée à l'hydrogéologie (rubrique « ressources en eau », volet « eaux souterraines ») et de l'article « les logiciels en téléchargement » qui permet d'accéder à des outils de traitement des données hydrogéologiques.

De la même façon que pour le référentiel des points d'eau, une session de formation de 2 jours a été dispensée de façon à ce que les services du Pays puissent se familiariser avec le système de publication pour l'Internet SPIP. Elle s'est déroulée les 1^{er} et 2 octobre 2019 et a rassemblé des représentants de la DIREN, du SPC-PF et du CHSP.



Hydrogéologie

Concepts de base et notions avancées

Les différents types d'aquifères

Que faire avant d'entreprendre des prospections ?

Les techniques de prospection

Les techniques d'exploitation

La surveillance des ressources

La protection des ressources

Les logiciels en téléchargement

Les logiciels en téléchargement

Le BRGM met actuellement à la disposition du public une **quinzaine de logiciels** destinés à interpréter et valoriser les données scientifiques acquises dans le domaine des géosciences. Tous sont en **téléchargeables gratuitement**.

Dans le domaine de l'hydrogéologie, on mentionnera notamment :

- le logiciel **CATHERINE** qui permet d'analyser les variations simultanées du niveau dans une rivière et du niveau dans la nappe bordée par cette rivière
- le logiciel **CONEXMIN** qui calcule le rapport du volume soutiré à la rivière au volume prélevé au puits de pompage en fonction des caractéristiques de la nappe alluviale, de la distance du puits à la rivière et du temps de pompage
- le logiciel **ESPERE** (ESTimation de la Pluie Efficace et de la Recharge selon différentes méthodes) qui permet d'estimer par une dizaine de méthodes différentes la pluie efficace
- le logiciel **GARDENIA** qui sert à la modélisation hydrologique globale d'un bassin versant à (bilan Pluie/Débit /Niveau)
- le logiciel **HYPE** qui permet l'étude statistique des chroniques d'évolution de la qualité des eaux souterraines
- le logiciel **MARTHE** qui sert à la modélisation en 3D des écoulements et des transferts de masse et d'énergie dans les hydrosystèmes. La modélisation intègre les aquifères, les cours d'eau et la zone non saturée
- le logiciel **OUAIP** qui est dédié à l'interprétation et à la simulation des pompages d'essais en hydrogéologie
- le logiciel **TRAC** qui permet l'interprétation et la valorisation des essais de traçage hydrogéologique
- le logiciel **TIGRE** qui permet de calculer l'évolution au cours du temps des variations de niveau piézométrique, résultant d'un ensemble de pompages et/ou d'injections dans une nappe souterraine homogène
- le logiciel **ZAPPEL** qui définit le tracé de la zone d'appel et la position des isochrones d'un forage sous l'effet d'un pompage

Illustration 9 : Exemples d'articles consultables via le portail VAITEA.

3.2.3. Hébergement et opérabilité des outils

Le service informatique du Pays dispose d'infrastructures compatibles avec les outils de développement utilisés par le BRGM. Il a toutefois déclaré ne pas être en mesure d'héberger les applications développées à court terme, les principales raisons étant une surcharge d'activité chronique, la migration des serveurs vers le data center de Papenoo et l'accompagnement des agents du Pays dans la mise en place du télétravail en lien avec la crise sanitaire Covid 19.

Dans ces conditions, le BRGM a soumis le 18 mai 2020 une proposition à la DIREN pour l'hébergement de ces 2 outils pour une durée de 24 mois. Si cette dernière a été validée d'un point de vue financier, une validation technique est également attendue de la part du SIPF. Ce n'est donc qu'au terme de cet accord que les 2 outils précédemment décrits seront opérationnels.

La DIREN souhaite également lancer, indépendamment du BRGM, une opération de revue des articles du portail VAITEA pour s'assurer de leur bonne lisibilité auprès des lecteurs ciblés (débutants, intermédiaires et experts). Leur mise en ligne est prévue fin 2020/début 2021 et devrait être synchrone de la publication de la Politique de l'Eau.

3.3. BILAN DE L'AXE 2

Au terme des actions menées dans le cadre de l'axe 2, la Polynésie dispose :

☒ D'un guide comparatif des méthodes de gestion de l'eau dans les pays de la zone Pacifique ou situés dans des contextes similaires

- Si la Polynésie n'est pas aussi avancée que certains pays comme la Nouvelle-Zélande ou l'état d'Hawaii en matière de réglementation et de gouvernance, l'adoption de la Politique de l'eau, sa mise en œuvre et le respect de ses prérogatives devraient permettre une meilleure coordination des acteurs et des actions.
- Le Pays doit également mener une réflexion sur la mise en place d'un organe administratif unique pour la gestion des ressources. Le regroupement des compétences au sein des Offices de l'eau a notamment montré son efficacité dans les régions d'Outre-Mer.
- Une réflexion doit être également menée sur la généralisation d'une taxe d'exhaure à tous les usagers de l'eau (communes, industriels, exploitants agricoles...) et à sa répercussion sur le prix de l'eau de façon à couvrir une partie des investissements nécessaires. Elle pourrait être mise en œuvre à l'horizon 2025, date à partir de laquelle les communes devront impérativement distribuer de l'eau potable.

☒ D'un référentiel des points d'eau

- Le référentiel des points d'eau constitue une transposition numérique de tous les inventaires dont pouvaient disposer les différents services. Il convient de le faire vivre par des mises à jour régulières et de le faire évoluer de façon à répondre aux besoins des utilisateurs. L'élargissement de son utilisation et de son alimentation au monde communal constitue également un enjeu de premier ordre.
- Si le référentiel est dédié à la bancarisation des caractéristiques des points d'eau, il doit également devenir à court terme le lieu de stockage privilégié pour les données volumétriques et piézométriques ou relatives à la qualité des eaux, l'objectif étant de compiler le maximum de données pouvant être utiles aux services pour l'instruction des dossiers.

☒ **D'un portail internet (VAITEA) dédié à la diffusion d'informations relatives à l'eau**

- En tant que support de communication phare sur les eaux, le portail VAITEA vise à apporter des réponses aux personnes désireuses de mieux comprendre leur territoire. Les différents niveaux de lecture proposés (débutants, intermédiaires et experts) permettront à chacun de trouver les informations souhaitées.
- Son succès reste néanmoins conditionné par la dynamique des acteurs et des internautes. Une animation est donc nécessaire si l'on veut garantir la pérennité et l'utilité de l'outil.
- En complément du portail Te Fenua, le référentiel des points d'eau et le portail offriront le premier socle numérique dédié à la connaissance fine du cycle de l'eau et à la fédération des acteurs institutionnels autour de leurs contributions et collaborations respectives.

4. Travaux menés dans le cadre de l'axe 3 du projet

Imaginées sous forme de prestations « à la carte », les missions d'assistance technique et réglementaire prévues dans le cadre de l'axe 3 du programme devaient permettre de répondre aux besoins de la Polynésie française tout en s'inscrivant dans une logique de gestion intégrée et à long terme des ressources en eau.

Six opérations ont permis d'orienter les investigations du programme et de définir les bases d'une gestion quantitative et qualitative de la ressource en proposant notamment une révision de la procédure de déclaration des ouvrages de prélèvement, en identifiant des ouvrages pouvant constituer des réseaux de suivi ou en proposant un nouveau système de redevance pour prélèvement. Une septième opération plus prospective et dédiée au chiffrage d'une campagne de géophysique aéroportée sur l'île de Tahiti a également été menée à la demande de la DIREN.

À l'exception des sessions de formation à l'hydrogéologie, des opérations de communication et du chiffrage de la campagne de géophysique aéroportée, toutes les interventions ont fait l'objet d'un rapport référencé dans <http://infoterre.brgm.fr/>.

4.1. MISSION N° 1 : ENQUÊTE TÉLÉPHONIQUE AUPRÈS DES 48 COMMUNES DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE

L'enquête téléphonique menée auprès des 48 communes de la Polynésie et visant à identifier les problèmes quantitatifs et qualitatifs auxquels elles font face, a permis au MCE et à la DIREN d'établir la liste des îles devant faire l'objet d'une phase d'inventaire des données.

Le Conseil des Ministres a ainsi pu valider une liste de 8 îles le 21 décembre 2016, marquant ainsi le démarrage des investigations de terrain.

L'enquête a également permis de recenser plus de 300 captages d'eau douce et de connaître notamment leur répartition selon leur nature ou leur localisation au sein des différents archipels (Illustration 10).

Elle a abouti à la rédaction du rapport **BRGM/RP-66323-FR**, transmis le 8 novembre 2016.

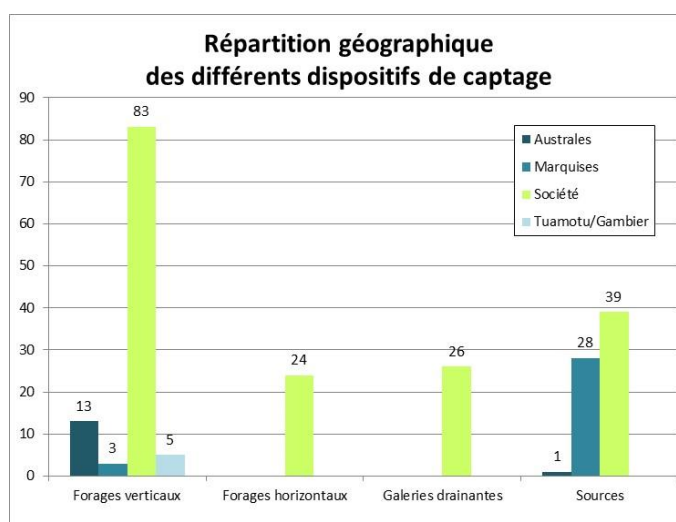


Illustration 10 : Répartition des captages d'eau souterraine au sein des archipels de la Polynésie française.

4.2. MISSION N° 2 : RÉVISION DE LA PROCÉDURE DE DÉCLARATION DES OUVRAGES DE PRÉLÈVEMENT

À la demande du GEGDP et parallèlement au travail de révision de la procédure d'occupation du domaine public fluvial (DPF), un travail de mise à plat de la procédure de déclaration des ouvrages de prélèvement a été entrepris.

Il a abouti à la création d'une fiche de déclaration préalable à la création des captages d'eau superficielle ou d'eau souterraine (Illustration 11) et d'un rapport type de fin de travaux que les porteurs de projet devront fournir lors de leur demande d'Autorisation d'Occupation Temporaire du domaine public.

En complément de ces 2 premiers documents, le BRGM a établi une fiche destinée au contrôle des ouvrages sur le terrain et compilé des éléments sur les bonnes pratiques en matière de captage d'eau souterraine auxquels l'Administration pourra se référer lors de l'instruction des dossiers.

L'ensemble des documents a été compilé dans le rapport **BRGM/RP-69372-FR**, transmis le 21 janvier 2020.

MINISTÈRE DE L'EQUIPEMENT, ET DES TRANSPORTS TERRESTRES DIRECTION DE L'EQUIPEMENT <i>Groupeement d'Etudes</i> <i>et de Gestion du Domaine Public</i> BP 63 – 98713 FAPEETE — — — — — CELLULE CONCESSIONS ET PERMIS TEL : 40 48 54 78 FAX : 40 48 54 69	FICHE DE DECLARATION PREALABLE A LA CREATION D'UN CAPTAGE D'EAU SUPERFICIELLE OU SOUTERRAINE Délibération n° 2004-34 APF du 12 février 2004 modifiée, portant composition et administration du domaine public en Polynésie française. Arrêté n° 94/CM du 18 janvier 2019 portant fixation des tarifs d'occupation du domaine public de la Polynésie française Arrêté n° 1334 CM du 8 septembre 2015 modifié relatif à l'acquisition, la gestion et la cession du domaine public et privé de la Polynésie française Code de l'environnement de la Polynésie française au 6 juin 2014 Code de l'aménagement de la Polynésie française	 Polynésie française
--	--	-------------------------

I. IDENTITE DU DECLARANT

Pour une personne physique

Nom : Epoux (se) :

Prénom :

Adresse géographique :

Adresse postale :

N° tél : N° Vini : Fax :

N° RCS : N° Tahiti :

Pour une personne morale (E.U.R.L, SARL, SNC, Associations, etc...)

Noms du dirigeant ou des dirigeants :

Prénoms :

Titre ou qualité :

Dénomination sociale :

Adresse géographique :

Adresse postale :

N° tél : N° Vini : Fax :

N° RCS : N° Tahiti :

Je souhaite être informé de l'état de mon dossier (complet ou incomplet) par :

☐ Courrier à l'adresse mentionnée ci-dessus

☐ A l'adresse électronique suivante * :@.....

* J'ai pris bonne note que, dans un tel cas, la date de notification sera celle de la consultation du courrier électronique ou au plus tard, celle de l'envoi de ce courrier électronique augmentée de 8 jours

Illustration 11 : Volet ¼ de la fiche de déclaration préalable établie.

4.3. MISSION N° 3 : MISE EN PLACE D'UN RÉSEAU PIÉZOMÉTRIQUE ET D'UN RÉSEAU QUALITÉ

La mise en place d'un réseau piézométrique et d'un réseau qualité constitue une des pistes prioritaires identifiées dans le cadre de la Politique de l'Eau. Elle correspond aussi à une attente des organismes impliqués dans la gestion des ressources afin de pouvoir disposer de données de référence.

Ces données permettront d'une part, de mieux connaître le fonctionnement des aquifères et d'autre part, de suivre une éventuelle dégradation de la qualité de l'eau en lien avec l'activité anthropique ou la progression du biseau salé. À moyen terme, ces données permettront aussi d'initier des études basées sur la modélisation.

C'est dans ce cadre que le BRGM a identifié 16 piézomètres et 12 qualitomètres (Illustration 12

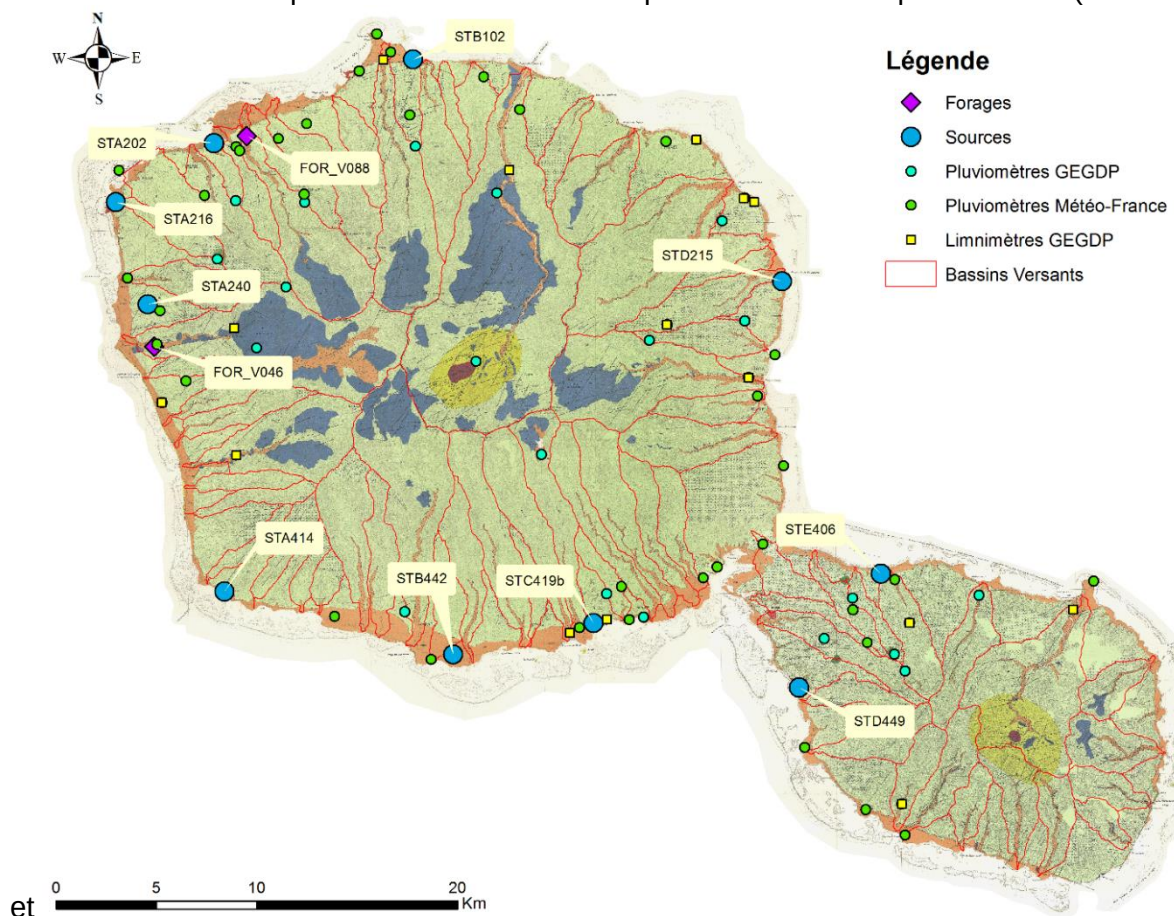


Illustration 13) qui pourront constituer ces réseaux, organisé une campagne de prélèvements, créé des fiches signalétiques et préparé des conventions en vue de pérenniser l'accès aux ouvrages. Les ouvrages qui n'étaient pas nivelés l'ont également été (13 points concernés).

Le bilan des investigations et des propositions concernant une éventuelle densification et la mise en place d'équipements de mesure ont été consignés dans le rapport **BRGM/RP-68355-FR** transmis le 28 juin 2019. Il est à noter que la campagne de prélèvement initiale n'a pas mis en évidence de problème particulier. Les teneurs en nitrates n'ont en effet jamais dépassé les 15 mg/l et un seul pesticide parmi les 44 recherchés a été détecté sur une seule source.

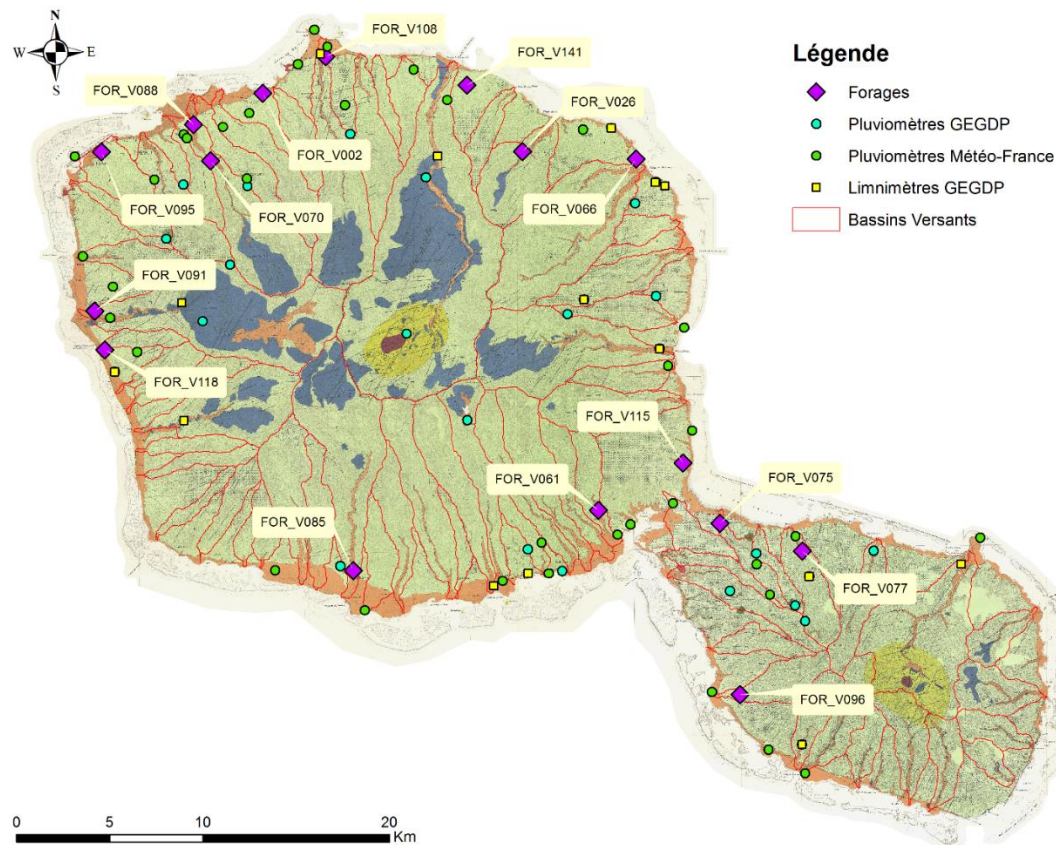


Illustration 12 : Localisation des ouvrages pouvant constituer le réseau piézométrique de Tahiti.

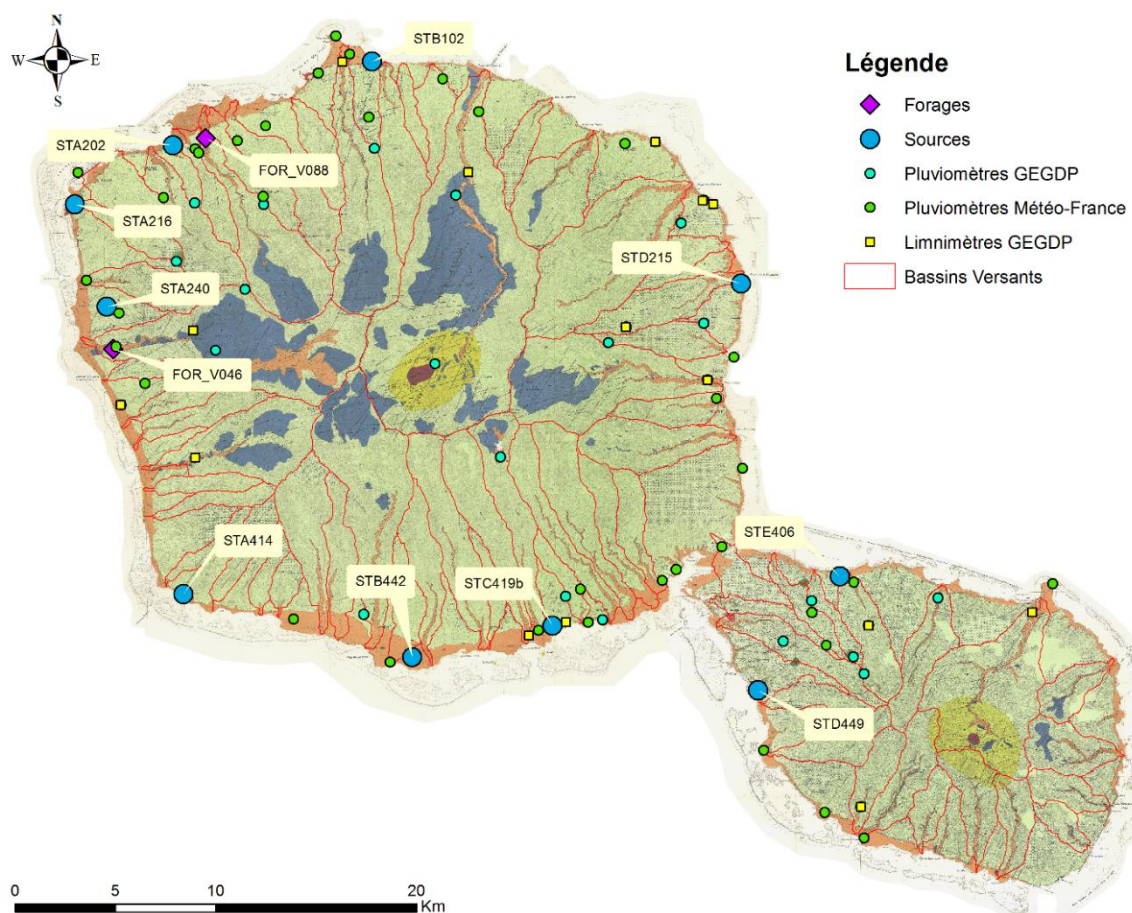


Illustration 13 : Localisation des ouvrages pouvant constituer le réseau qualité de Tahiti.

4.4. MISSION N° 4 : RÉFLEXION SUR LA MISE EN PLACE D'UNE TAXE D'EXHAURE EN POLYNÉSIE FRANÇAISE

Parmi les actions concernant le volet d'assistance réglementaire, la « taxe d'exhaure » applicable en Polynésie française a été jugée comme sujet prioritaire par la vice-présidence du Pays. Il s'agit aussi d'un sujet de préoccupation pour la DAF qui est chargée de la collecter ou pour d'autres organismes impliqués dans la gestion de l'eau comme la DIREN ou le GEGDP.

Le BRGM a donc dressé un diagnostic précis de la situation actuelle et proposé de nouvelles modalités de calcul basées sur différents scénarios en concertation avec les différents acteurs.

Pour un volume global prélevé de 68 Mm³ dont 83 % sont destinés à l'AEP, les recettes s'échelonnent entre 77,2 et 924,0 M XPF (). Un scénario dit « intermédiaire » permet d'aboutir à une recette de 174,7 M XPF, montant qui peut être comparé aux recettes actuelles (13,6 M XPF) ainsi qu'aux recettes fiscales du Pays (130 milliards XPF en 2017) ou aux besoins d'investissements communaux pour l'AEP (estimés entre 1 et 2 milliards XPF).

Les détails de ces calculs sont consignés dans le rapport **BRGM/RP-69636-FR**, transmis le 12 février 2020.

		Hypothèses		Recettes par usage (millions XPF/an)			Recettes totales pour les 3 usages (millions XPF/an)		
Scénarios par usage		TF (XPF/ouv.)	TP (XPF/m3)	Part forfaitaire	Part proportionnelle	Total	Estimation basse	Estimation intermédiaire	Estimation haute
							77,2	174,7	924,0
S1-AEP	S1-AEP - 1	10 000	1	3,2	56,7	59,9	59,9		
	S1-AEP - 2		3		170,1	173,3			
	S1-AEP - 3		5		283,4	286,7			
	S1-AEP - 4		10		566,9	570,1			570,1
S2-AEP	ESO	20 000	5	5,4	268,5	273,9			
	ESU	10 000	3						
S3-AEP	IdV	15 000	5	4,8	263,9	268,7			
	IsLV		3						
	Autres		1						
S4-AEP	IdV / ESO	20 000	10	5,4	108,8	114,2		114,2	
	IdV / ESU	10 000	5						
	IsLV / ESO	20 000	5						
	IsLV / ESU	10 000	3						
	Autres / ESO	20 000	3						
	Autres / ESU	10 000	1						
Scénarios ECO.	S-ECO. 1	10 000	15	0,2	15,0	15,2	15,2		
	S-ECO. 2		20		20,0	20,2			
	S-ECO. 3		30		30,0	30,2			
	S-ECO. 4		50		50,0	50,2		50,2	
	S-ECO. 5		100		100,3	100,3			
	S-ECO. 6		200		200,3	200,3			200,3
Scénarios AGR.	S-AGR. 1	0	0,2	0	2,0	2,0	2,0		
	S-AGR. 2		0,4		4,1	4,1			
	S-AGR. 3		0,6		6,1	6,1			
	S-AGR. 4		0,8		8,2	8,2			
	S-AGR. 5		1,0		10,2	10,2		10,2	
	S-AGR. 6		2		20,5	20,5			
	S-AGR. 7		3		30,7	30,7			
	S-AGR. 8		5		51,2	51,2			
	S-AGR. 9		10		102,4	102,4			
	S-AGR. 10		15		153,6	153,6			153,6

Illustration 14 : Synthèse et combinaisons de scénarios de redevances pour tous les usages.

4.5. MISSION N° 5 : SESSIONS DE FORMATION À L'HYDROGÉOLOGIE

En complément de ces opérations, l'organisation de 2 sessions de formation à l'hydrogéologie a permis de sensibiliser 53 agents des communes ou du Pays à l'hydrogéologie appliquée. Les sessions se sont déroulées du **26 février au 2 mars** et du **28 au 31 mai 2018**.

Chacune d'entre elle a comporté des présentations en salle ainsi qu'une sortie de terrain. Les stagiaires ont ainsi pu découvrir les installations de captage de la vallée de la Fautaua (

Illustration 15) et un chantier de forage ou de mise en place d'une galerie drainante sur la commune de Paëa.

De façon globale, ces sessions de formation ont été très bien perçues (98 % de personnes satisfaites) et des perspectives d'applications pratiques existent pour une grande partie des stagiaires.



Illustration 15 : Visite des installations de captage de la Fautaua.

4.6. MISSION N° 6 : SUPPORTS DE COMMUNICATION

Des supports de communication ont été créés pour valoriser les résultats du programme.

Au total, **9 plaquettes, 1 portfolio et 7 roll-ups** ont été établis en collaboration avec l'agence de communication Exotic Gardens. L'illustration 16 correspond au verso du portfolio et les plaquettes sont compilées en Annexe 1. A l'exception des « outils de l'hydrogéologue » et du « bilan de l'axe 3 », toutes les thématiques ont fait l'objet d'un roll-up. Ces supports pourront être utilisés pour communiquer auprès des instances du Pays, de l'État ou des communes, en complément de 6 présentations Powerpoint également préparées par le BRGM.

À mi-novembre 2020, ces supports ne sont pas encore édités mais une somme correspondant au tirage de 4 500 plaquettes, 500 portfolios et 19 roll-ups a été provisionnée dans cet objectif auprès de l'agence Exotic Gardens.

Un **film de 26 minutes** a également été réalisé par la société 2T Productions pour donner un aperçu plus concret des investigations réalisées et permettre aux élus et aux agents communaux de s'exprimer au sujet des résultats obtenus. Dans ce documentaire, la DIREN dresse en dernier lieu le bilan du programme et évoque les nouveaux projets qu'elle compte mettre en œuvre pour mieux appréhender la répartition et le potentiel des eaux souterraines (Illustration 17).



Illustration 16 : Verso du portfolio faisant la liste des plaquettes établies.



Illustration 17 : Bilan du projet dressé dans les jardins de l'Assemblée.

4.7. MISSION N° 7 : CHIFFRAGE D'UNE CAMPAGNE DE GÉOPHYSIQUE AÉROPORTÉE SUR L'ÎLE DE TAHITI

Sur la base d'une sélection de zones prioritaires définies par la DIREN, le BRGM a procédé au chiffrage d'une opération de géophysique aéroportée sur l'île de Tahiti. Ce lever vise à mieux caractériser les formations géologiques au droit de zones jugées stratégiques pour l'AEP mais également pour le développement agricole. Les 4 bassins versants qui doivent faire l'objet de schémas directeurs de rivière (Fautaua, Papenoo, Punaruu et Taharuu) ainsi que l'isthme de Taravao ont notamment été classés en priorité 1 sur l'illustration 18 (couleur orange).

Le chiffrage a abouti en première approche aux montants de **74 M XPF** pour un lever incluant l'acquisition de données électro-magnétiques, magnétiques et spectro-gammamétriques et basé sur des lignes de vol espacées de 200 m et de **22 M XPF** pour le volet dédié à l'interprétation.

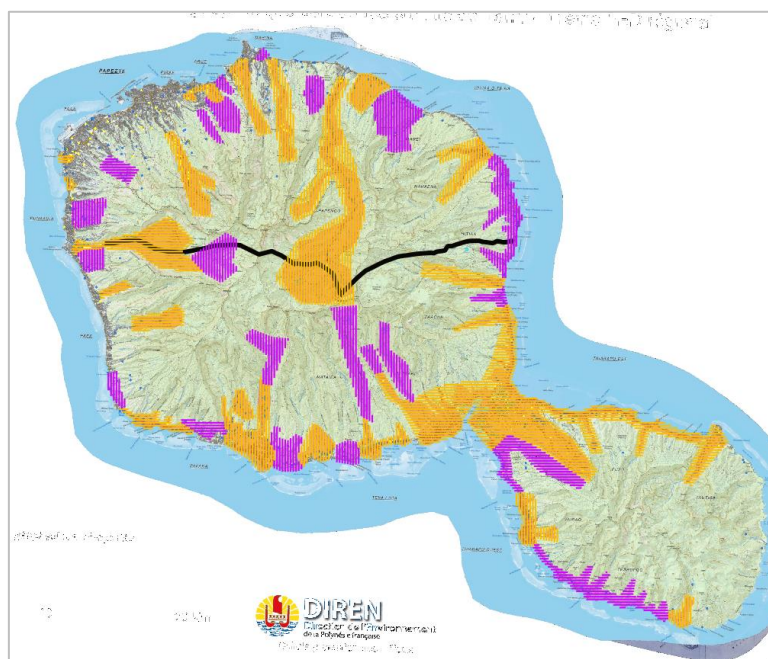


Illustration 18 : Zones prioritaires définies par la DIREN en vue du lever de géophysique aéroportée sur l'île de Tahiti.

4.8. BILAN DE L'AXE 3

Qu'elles soient techniques ou financières, les réponses apportées par le BRGM dans le cadre des opérations « à la carte » de l'axe 3 **soutiennent la Politique de l'Eau**.

☒ La clarification de la procédure d'autorisation des ouvrages et la mise en œuvre de contrôles de terrain devraient en effet permettre d'améliorer à court terme le recensement des dispositifs de captage et de **mieux connaître les pressions exercées sur les ressources** (volumes de prélèvement notamment).

☒ Un suivi quantitatif et qualitatif cohérent des ressources pourra également être rapidement mis en place sur la sélection d'ouvrages opérée sur l'île de Tahiti. L'acquisition de données ainsi initiée permettra de disposer de données de référence et de **statuer sur l'évolution des ressources** dans le futur.

☒ La mise en place d'une redevance d'exhaure plus généralisée devrait également avoir un effet levier sur les prélèvements et contribuer à la **préservation des ressources**. Cet objectif implique également le renouvellement des réseaux d'adduction vieillissants et fuyards qui pourrait être en partie financé par les recettes.

☒ Les agents qui ont suivi une formation à l'hydrogéologie et qui ont ainsi été sensibilisés aux moyens de recherche, d'exploitation et de protection des ressources pourront aussi jouer un rôle important dans la **déclinaison de cette politique à une échelle plus locale**.

☒ En complément, les supports de communication établis (plaquettes, roll-ups, film) permettront de **sensibiliser un public plus large** (élus, grand public, scolaires...) et contribueront à alimenter le portail VAITEA.

☒ Enfin, la perspective d'acquisition de nouvelles données à grande échelle par le biais de techniques géophysiques aéroportées s'inscrit dans une logique de meilleure connaissance du territoire et de **sécurisation de l'alimentation en eau potable** des populations.

5. Travaux menés dans le cadre de l'axe 4 du projet

Sur la période 2017/2019, de nombreuses investigations ont été menées sur les 5 zones d'étude sélectionnées. L'illustration 19 et l'illustration 20 récapitulent les approches retenues, après adaptation du contenu initial de la convention.

Il convient de noter qu'une partie des analyses prévues sur les 2 bassins versants de Tahiti ont été réalisées sur des points d'eau situés en dehors de ces entités. Ils correspondent à 3 forages situés dans la vallée de la Fautaua et à 5 sources littorales.

	Île haute Moorea	Île mixte Ua Pou	Atoll Rangiroa	BV Tahiti 1 Papenoo	BV Tahiti 2 Punaruu
Reconnaitssances géologiques	52 sites caractérisés	137 sites caractérisés	-	120 sites caractérisés	45 sites caractérisés
Reconnaitssances hydrogéologiques	39 sites caractérisés	74 sites caractérisés	144 sites caractérisés	63 sites caractérisés	20 sites caractérisés
Carte IDPR	oui	oui	-	oui	oui
Réinterprétation essais de pompage	5 tests	4 tests	-	-	5 tests
Essais de pompage	-	-	5 tests	-	-
Logs conductivité électrique de l'eau	7 ouvrages	-	27 ouvrages	-	-
Nivellement	-	-	126 ouvrages	-	-
Mesures piézométriques	-	-	179 mesures	-	-
Suivi niveau + CE	-	-	6 ouvrages	-	-
Bilan hydrologique	-	-	oui	oui	oui
Modélisation	-	-	lentille eau douce + effets de la marée	-	-

Illustration 19 : Bilan des investigations menées sur les 5 zones d'étude (1/2).

	Île haute Moorea	Île mixte Ua Pou	Atoll Rangiroa	BV Tahiti 1 Papenoo	BV Tahiti 2 Punaruu
Diagraphies conductivité + Gamma ray	-	4 ouvrages	-	-	-
Sondages électriques	5	5	7	3	2
Sondages RMP	-	-	5	-	-
Prélèvement et analyse roche	-	1 éch.	-	-	-
Analyses chimiques étiage	15 points concernés	15 points concernés	17 points concernés	10 points concernés	10 points concernés
Suivi isotopique des pluies	2 stations, 14 éch.	2 stations, 10 éch.	1 station, 4 éch.	2 stations, 17 éch.	2 stations, 19 éch.
Analyses isotopiques O et H	15 points concernés	13 points concernés	-	10 points concernés	10 points concernés
Analyses isotopiques Sr	3 points concernés	1 point concerné	5 points concernés	-	-
Datations CFC, SF6	6 points concernés	4 points concernés	-	1 point concerné	4 points concernés

Illustration 20 : Bilan des investigations menées sur les 5 zones d'étude (2/2).

Ces investigations croisées menées sur des îles jugées représentatives d'une île haute, d'une île mixte, d'un atoll et 2 bassins versants de Tahiti ont permis de définir des modèles hydrogéologiques conceptuels de fonctionnement et de faire des recommandations pour la gestion des ressources et l'éventuelle création de nouveaux ouvrages. Ces informations sont consignées dans les rapports :

- BRGM/RP-68897-FR pour l'île de Rangiroa (document transmis le 20 août 2019) ;
- BRGM/RP-69099-FR pour l'île de Tahiti (document transmis le 5 septembre 2019) ;
- BRGM/RP-69218-FR pour l'île de Moorea (document transmis le 15 octobre 2019) ;
- BRGM/RP-69286-FR pour l'île de Ua Pou (document transmis le 21 décembre 2019) ;

Il est proposé de rappeler dans les paragraphes suivants les principales conclusions.

5.1. RANGIROA

À Rangiroa, les besoins en eau des 2 700 habitants sont actuellement satisfaits par la récupération d'eau de pluie (citernes individuelles et communales) et les eaux souterraines plus ou moins saumâtres captées par le biais de puits peu profonds.

Les investigations menées par le BRGM entre 2016 et 2019 ont montré que l'atoll faisait partie des îles du Pacifique où la lentille d'eau douce est la moins développée (Illustration 21) et que l'hydraulique souterraine est contrôlée par une couche de corail indurée (appelée localement le « papa ») qui favorise les écoulements vers le lagon ou l'océan, et limite l'infiltration selon le modèle hydrogéologique établi (Illustration 22).

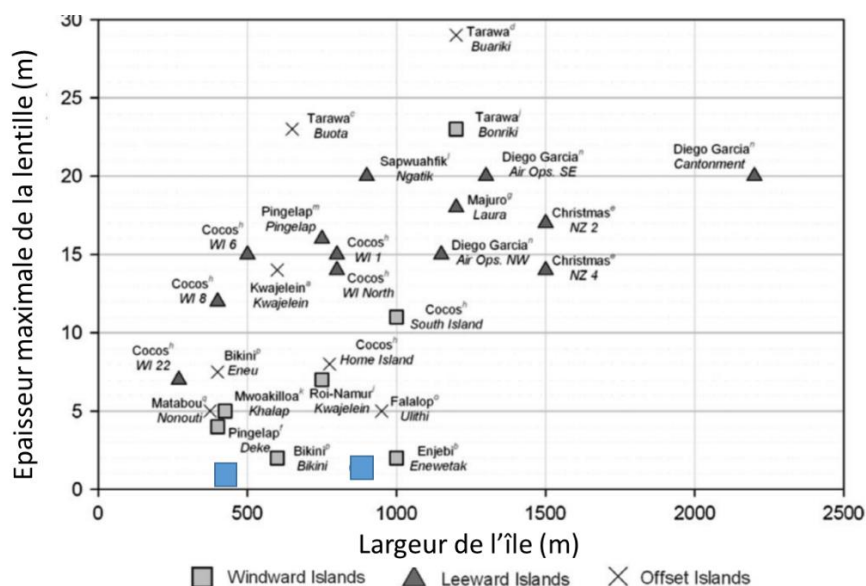


Illustration 21: Épaisseur maximale de la lentille d'eau douce en fonction de la largeur de l'atoll pour différents atolls du Pacifique d'après Bailey et al., 2009 et observations réalisées à Rangiroa (en bleu).

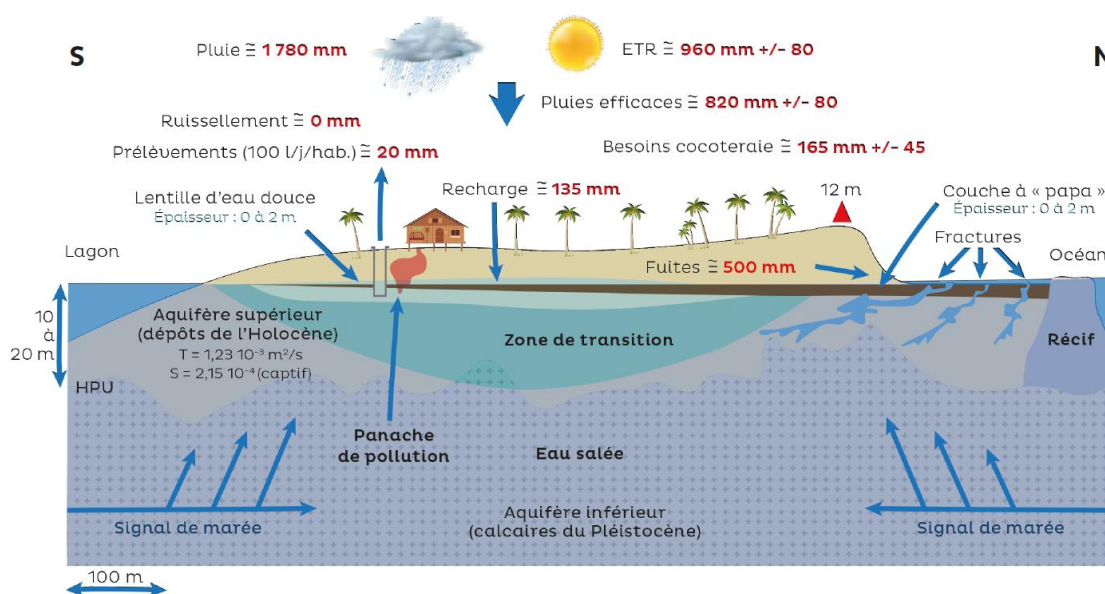


Illustration 22 : Modèle hydrogéologique conceptuel établi pour l'atoll de Rangiroa.

À la demande de la commune, des recherches plus détaillées ont été menées sur 3 secteurs : le village d'Avatoru qui rassemble un peu plus de 800 habitants, la plage municipale que la commune et le Ministère du Tourisme souhaitent prochainement aménager en construisant de petits stands commerciaux destinés aux touristes et le secteur de Namaite sur le motu de la vigne (zone inhabitée au droit de laquelle le motu présente une largeur plus importante qu'au droit des 2 précédents secteurs) (Illustration 23). Elles ont montré :

- ☒ qu'au droit du **village d'Avatoru**, la mobilisation d'eau douce est possible mais la sollicitation d'eaux minéralisées peut être rapide. En plus d'une contamination saline, la qualité de ces eaux peut être aléatoire en raison de la présence d'une décharge située à proximité de la mairie d'Avatoru, au droit de la lagune partiellement remblayée. Une exploitation plus importante que celle qui est actuellement pratiquée par le biais des puits particuliers n'est donc pas recommandée ;
- ☒ qu'au droit de la **plage communale située plus à l'est**, l'épaisseur de la tranche d'eau douce au repos est d'environ 1 mètre mais des puits fortement minéralisés ont été recensés à proximité. Il n'existe donc pas de réserves importantes dans cette zone où le motu présente une faible largeur.

Sur ces 2 secteurs, une utilisation accrue de l'eau de pluie ou le recours à la désalinisation devront donc être envisagés si la commune souhaite mettre en place de nouveaux projets nécessitant de gros volumes d'eau potable.

En novembre 2019, Alain Timiona, Directeur Général des services techniques de la commune, a pu confirmer dans l'interview menée pour les besoins du film documentaire que ces 2 pistes étaient actuellement explorées par la commune, les élus étant par ailleurs sensibilisés au fait que l'accès aux ressources risquait d'être plus difficile dans un contexte de changement climatique.

Sur le **motu de la Vigne**, l'épaisseur de la lentille reste à préciser et la réalisation d'un forage profond (50 m environ) pourrait être envisagée pour mieux reconnaître la structure des formations géologiques en place et mieux appréhender la géométrie de la lentille d'eau douce et sa dynamique.

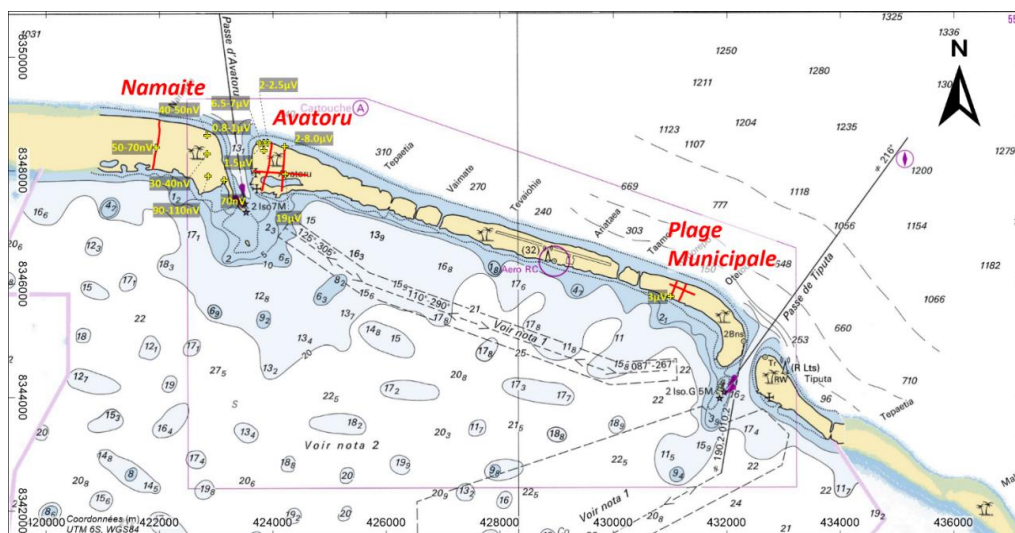


Illustration 23 : Localisation des secteurs d'intérêt.

5.2. TAHITI / BASSIN VERSANT DE LA PAPENOO

Le bassin-versant de la Papenoo concentre d'importants enjeux. Il fournit en effet 30 % de l'hydroélectricité produite sur l'île de Tahiti. Il pourrait à court terme faire l'objet de nouveaux aménagements dans la haute vallée et il comporte une zone réservée au captage de nouvelles ressources en eau dans la partie médiane de la vallée (déboché de la Vaiputoa).

Les investigations menées par le BRGM entre 2016 et 2019 ont montré que les andésites saines de la haute vallée et les alluvions présentes au débouché de la Vaiputoa représentent les deux cibles à privilégier pour la recherche de nouvelles ressources en eau et qu'un risque de fond géochimique élevé pouvait exister dans la haute vallée comme le modèle hydrogéologique conceptuel établi l'indique (Illustration 24). Des sources présentant de fortes conductivités, de faibles pH et de fortes teneurs en fer, manganèse et nickel ont en effet été identifiées à proximité du culot magmatique (Illustration 25).

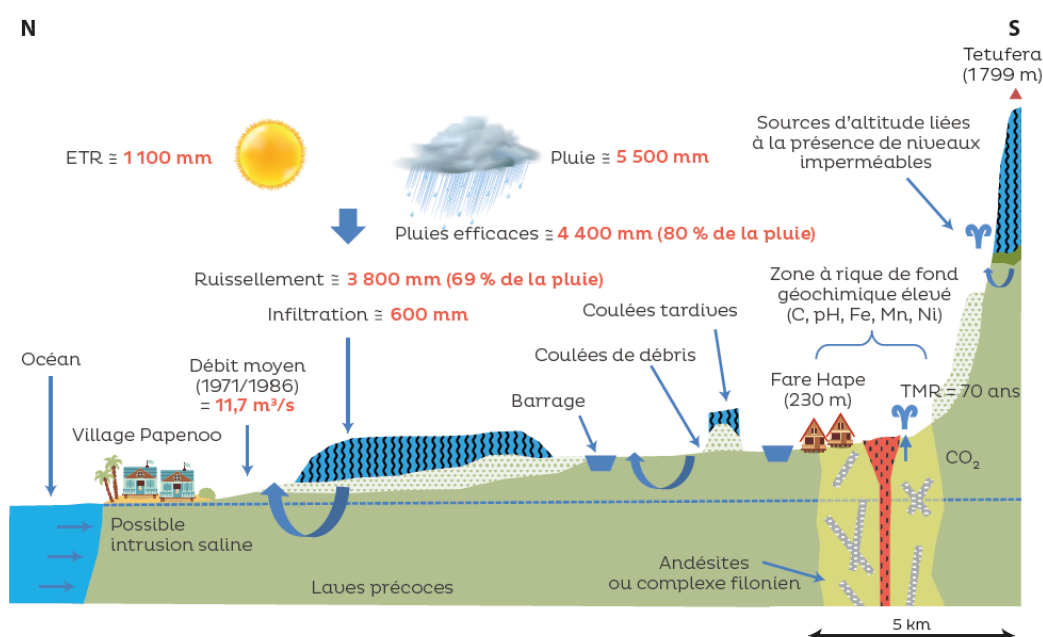


Illustration 24 : Modèle hydrogéologique conceptuel établi pour le bassin versant de la Papenoo.



Illustration 25 : Source située à l'aval du barrage Tahinu dans la haute vallée.

Si des reconnaissances opérationnelles sont mises en œuvre dans la **haute vallée**, le forage devra être implanté dans la zone andésitique mais à distance du culot magmatique pour limiter les risques de solliciter une eau dont la qualité ne serait pas compatible avec la production d'eau potable. Dans la zone qui a fait l'objet de reconnaissances géophysiques (étendue limitée par un contour vert sur l'illustration 26), le toit des andésites saines devrait être intercepté à une profondeur comprise entre 30 et 65 m.

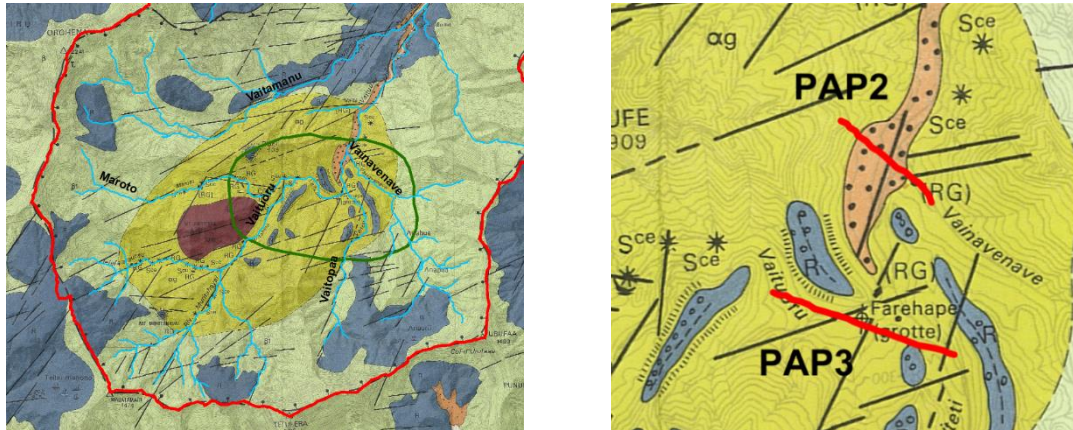


Illustration 26 : Extension de la zone propice à la réalisation d'un forage dans la haute vallée.

Dans le **secteur de la Vaiputoa**, la réalisation d'un forage d'une profondeur maximale de 20 à 25 m devrait également permettre de reconnaître le potentiel aquifère des alluvions. Ce dernier devra si possible, être implanté en rive droite de la Papenoo (soit à proximité de la portion nord-est du profil PAP1) pour en intercepter une épaisseur maximale.

En novembre 2019, Tehuira Letourneux, adjoint au maire de Hitiaa O Te Ra a mentionné lors de l'interview menée pour les besoins du film documentaire que de tels travaux pourraient être envisagés si les ressources exploitées plus bas dans la vallée venaient à être insuffisantes ou à se dégrader. La mise en service d'un tel captage nécessiterait d'importants travaux d'adduction mais la qualité de l'eau serait probablement excellente compte tenu du caractère isolé et protégé de la zone située en amont, réservée à l'AEP depuis 15 ans dans le PAD¹ de la commune.

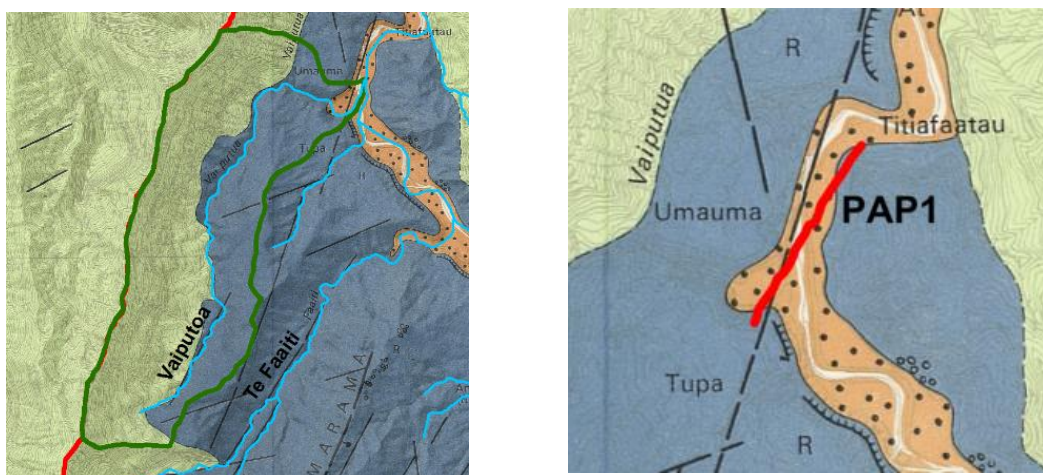


Illustration 27 : Extension de la zone propice à la réalisation d'un forage au débouché de la Vaiputoa.

¹ Plan d'Aménagement de Détail

5.3. TAHITI / BASSIN VERSANT DE LA PUNARUU

Le bassin-versant de la Punaruu concentre d'importants enjeux. En amont, le captage Te Oropaa permet de prélever jusqu'à 12 millions de m³/an pour l'alimentation en eau potable de Punaauia, Faa'a et Paea. À l'aval, plusieurs forages permettent de satisfaire les besoins industriels (EDT, Brasserie de Tahiti, ...) et les besoins en eau potable lorsque les eaux de la Punaruu sont trop turbides et la zone industrielle est vouée à s'agrandir au-delà des installations existantes.

Les investigations menées par le BRGM entre 2016 et 2019 ont montré qu'en amont de la zone industrielle, les laves précoces du bouclier principal représentaient la cible à privilégier pour la recherche de nouvelles ressources en eau. Leur toit a pu être reconnu entre 60 et 100 m de profondeur au droit des sondages géophysiques mis en œuvre.

Ces formations sont alimentées par des eaux infiltrées à haute altitude mais l'activité industrielle et/ou les dépôts plus ou moins contrôlés qui jalonnent la vallée peuvent avoir un impact sur leur qualité comme le modèle hydrogéologique conceptuel établi l'indique (Illustration 28). De fortes concentrations en CFC et SF₆ ont notamment été dosées sur plusieurs échantillons prélevés.

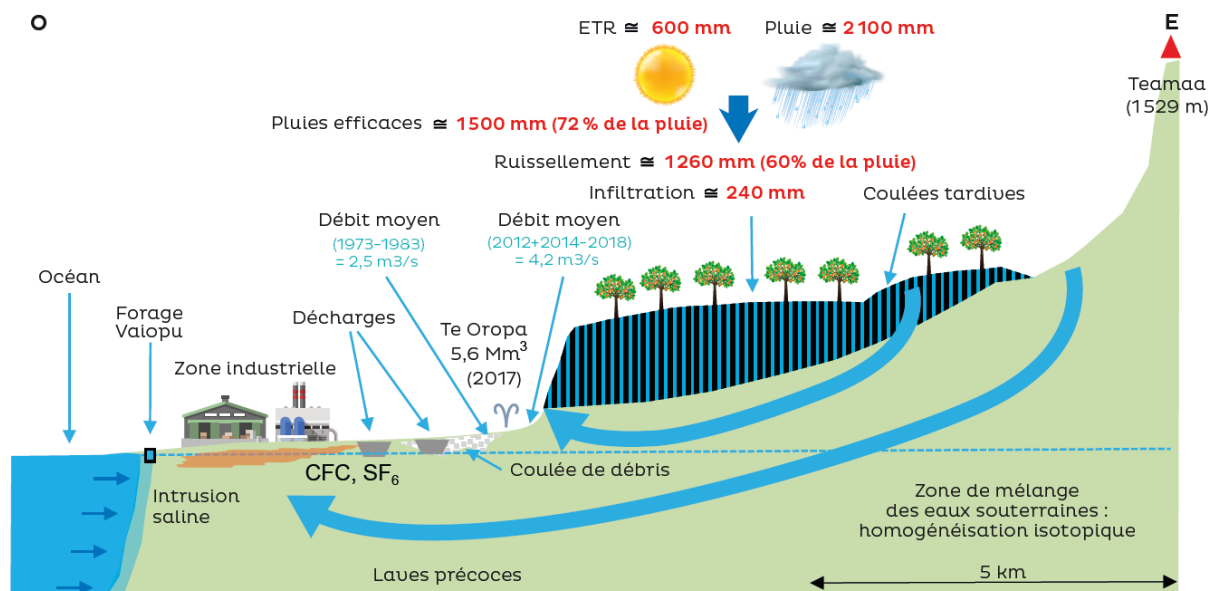


Illustration 28 : Modèle hydrogéologique conceptuel établi pour le bassin versant de la Punaruu.

La création d'un nouvel ouvrage pour alimenter une extension de la zone industrielle est donc envisageable et des emplacements ont été proposés (Illustration 29). Au droit du profil PUP1, la réalisation d'un ouvrage d'une profondeur minimale de 100 m, viserait à solliciter les formations basaltiques saines qui se caractérisent par une forte résistivité. La création d'un ouvrage moins profond en rive gauche de la Punaruu au droit du profil PUP2 pourrait également être envisagée mais les propriétés des formations semblent moins intéressantes dans ce secteur.

Dans tous les cas, les prélèvements devront être définis en tenant compte du volume annuel infiltré sur le bassin versant et estimé à 11 millions de m³ et des besoins de la Brasserie de Tahiti qui sollicite le même réservoir par le biais des forages F2 et F3.

En novembre 2019, à l'occasion de l'interview menée pour les besoins du film documentaire, Tehui Gola, responsable du service de l'eau de Punaauia, a précisé que ces résultats étaient encourageants pour le développement futur de la commune qui fait actuellement face à une

augmentation des besoins en lien avec le développement démographique. Des demandes sont également formulées par des industriels de la vallée pour disposer de volumes plus conséquents.

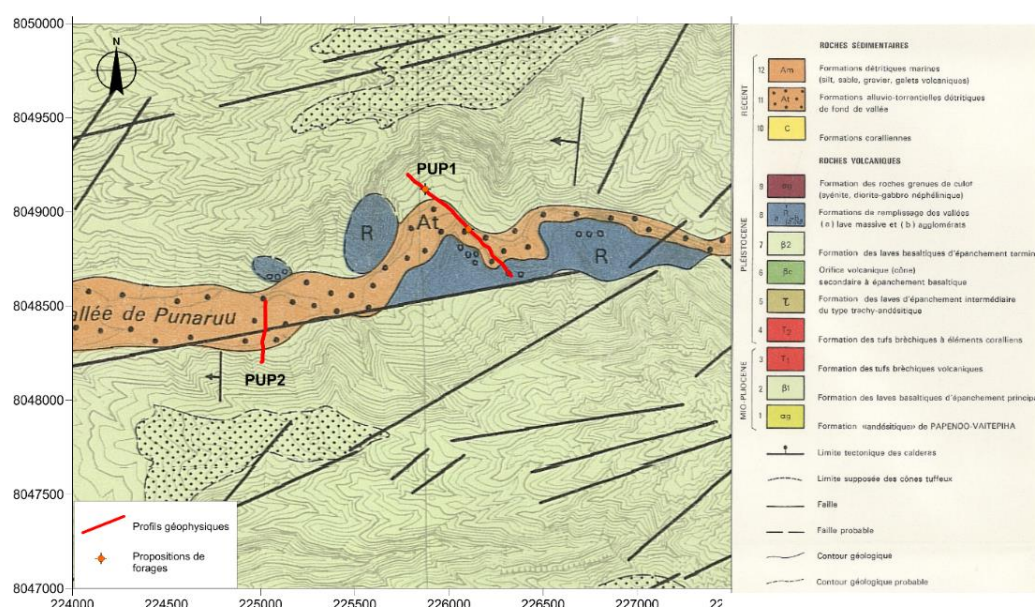
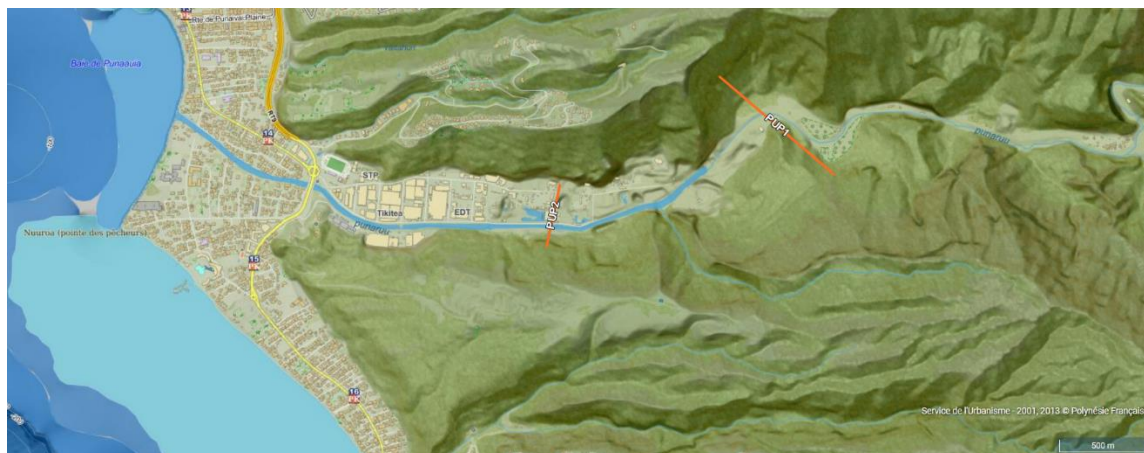


Illustration 29 : Localisation des profils géophysiques et emplacements retenus pour la création d'un forage.

5.4. MOOREA

La sécurisation de l'approvisionnement en eau des 18 000 habitants de Moorea passe par l'identification de nouvelles ressources, notamment dans le centre et le sud de l'île et le traitement des ressources actuelles et futures pour satisfaire aux exigences du Code Général des Collectivités Territoriales (les communes doivent distribuer de l'eau potable à l'horizon 2024).

Les investigations menées par le BRGM entre 2016 et 2019 dans le secteur d'Afareaitu ont montré le rôle prépondérant du plateau basaltique situé en amont du village dans l'alimentation des sources situées en contre-bas (dont la source Vaiava) et la présence de paléovallées qui pourraient jouer le rôle de drains vis-à-vis du cheminement des eaux souterraines comme le suggère le modèle hydrogéologique conceptuel établi (Illustration 30).

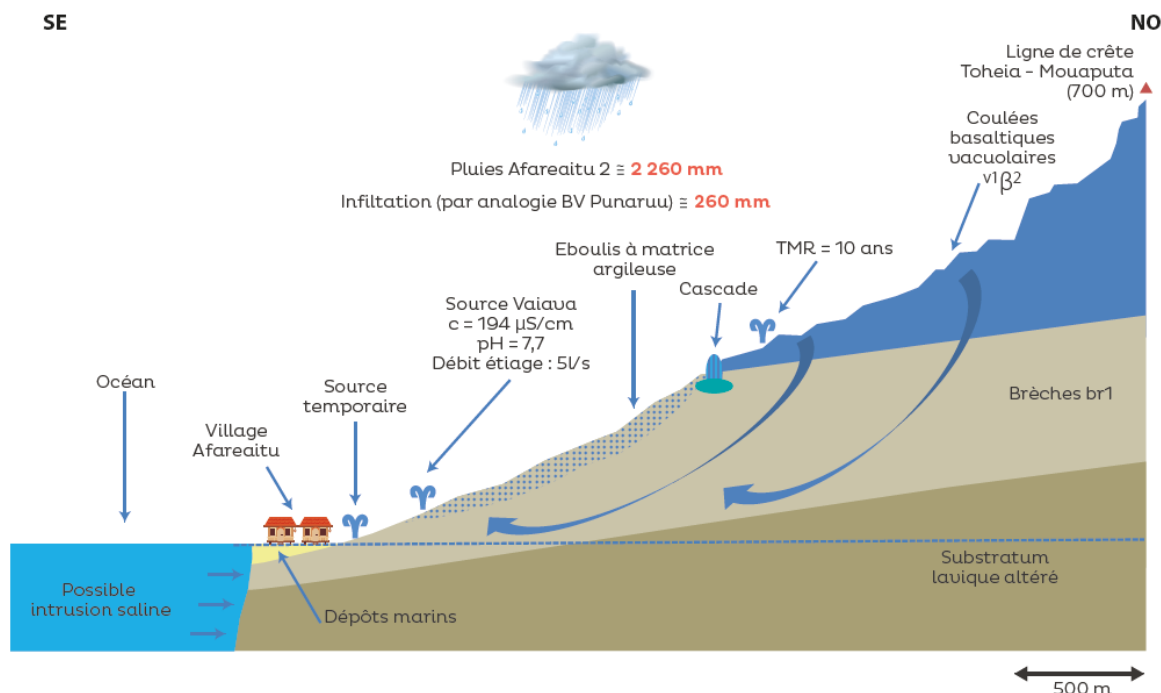


Illustration 30 : Modèle hydrogéologique conceptuel établi pour le secteur d'Afareaitu à Moorea.

Compte tenu de son débit (5 l/s à l'étiage) et de sa qualité compatible avec la production d'eau potable, **la source Vaiava** (Illustration 31) pourrait représenter une ressource d'intérêt communal. Sur le plan opérationnel, son captage constitue en tout cas la solution la plus sûre pour sécuriser l'approvisionnement en eau du secteur d'Afareaitu.

En novembre 2019, lors de l'interview menée pour les besoins du film documentaire, Ronald Teariki, maire délégué de Teavaro, en charge du service de l'eau a confirmé que la commune était en train d'œuvrer pour régulariser les problèmes de foncier liés à l'exploitation de cette émergence utilisée à titre privé depuis 1904.

De façon plus exploratoire, la réalisation d'**une série de forages au droit des paléovallées** mises en évidence par les investigations géophysiques (Illustration 32) pourrait également être envisagée. Ces derniers devront au moins descendre jusqu'à l'altitude de -50 m NGPF mais les résultats restent aléatoires en raison de la nature potentiellement argileuse des matériaux de remplissage.

Le recours aux **techniques géophysiques aéroportées** est enfin recommandé si la commune souhaite s'engager dans des reconnaissances à plus grande échelle. Elles permettent en effet de reconnaître rapidement de grandes surfaces en s'affranchissant des problèmes d'accès et de foncier et d'identifier les secteurs pouvant se caractériser par la présence d'un aquifère significatif.



Illustration 31 : Source Vaiava située au pied du plateau basaltique à Afareaitu.

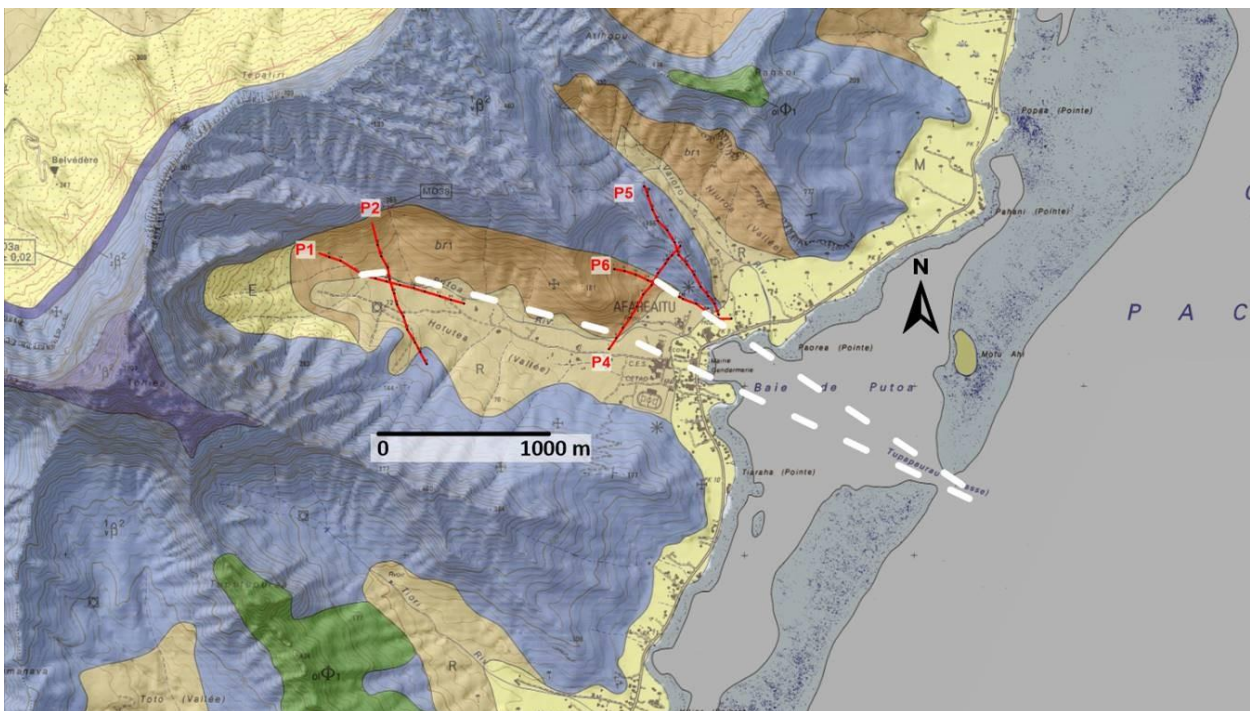


Illustration 32 : Cartographie des paléovallées (en traits blancs discontinus) imagées par les tomographies électriques.

5.5. UA POU

La sécurisation de l'approvisionnement en eau des 2 200 habitants de Ua Pou passe par l'identification de nouvelles ressources, notamment dans le nord-est de l'île où se rassemble l'essentiel de la population et le traitement des ressources actuelles et futures pour satisfaire aux exigences du Code Général des Collectivités Territoriales (les communes doivent distribuer de l'eau potable à l'horizon 2024).

Les investigations menées par le BRGM entre 2016 et 2019 dans le secteur d'Hakahau ont montré que les eaux souterraines présentaient des caractéristiques chimiques différentes de celles rencontrées à Tahiti ou Moorea en lien avec l'environnement riche en phonolites et l'activité anthropique notamment aux abords du Centre d'Enfouissement Technique et du village. Les formations basaltiques situées en amont de la zone alluviale pourraient par ailleurs receler des ressources intéressantes à faible profondeur comme le montre le schéma hydrogéologique conceptuel établi (Illustration 33).

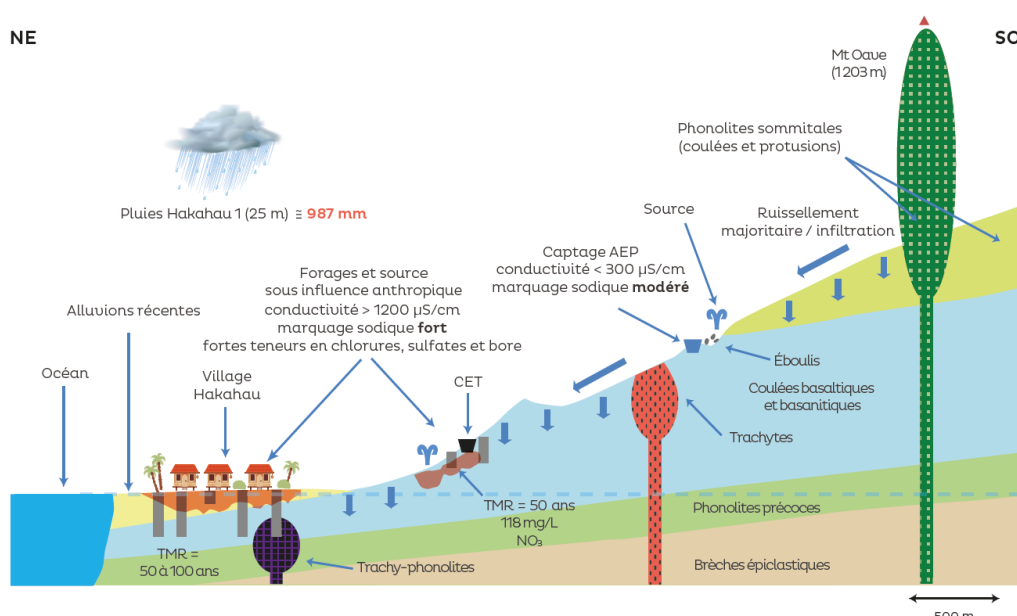


Illustration 33 : Modèle hydrogéologique conceptuel établi pour le secteur d'Hakahau à Ua Pou.

La **réalisation d'un nouveau forage d'une cinquantaine de mètres** de profondeur dans le tiers nord-est du profil UPP3 (Illustration 34) pourrait donc être envisagée afin de sécuriser l'alimentation en eau potable du secteur d'Hakahau/Hakamoui et de satisfaire les besoins estimés à environ 750 m³/j à l'horizon 2022. L'ouvrage devra si possible être implanté à distance des habitations pour éviter tout risque de contamination anthropique.

Une alternative consisterait à mettre en service certains des forages réalisés en 2003 et notamment **le forage F3** (

Illustration 35) qui se caractérise par un potentiel de production minimal de 2,5 l/s et par une qualité quasi compatible avec la production d'eau potable à l'exception de son pH légèrement trop acide. Le dosage de 10,2 mg/l de nitrates en septembre 2018 témoigne d'un impact anthropique non négligeable mais ce taux de contamination reste acceptable.

Dans la perspective d'une telle mise en service et afin d'appréhender plus finement les mécanismes hydrogéologiques en jeu, **l'ouvrage pourrait préalablement être instrumenté** d'une sonde destinée à suivre en continu les niveaux, la température et la conductivité sur au

moins un cycle hydrologique. Un diagnostic caméra pourrait également être réalisé pour vérifier l'état du tubage et juger de la possibilité d'installer un dispositif d'exhaure.

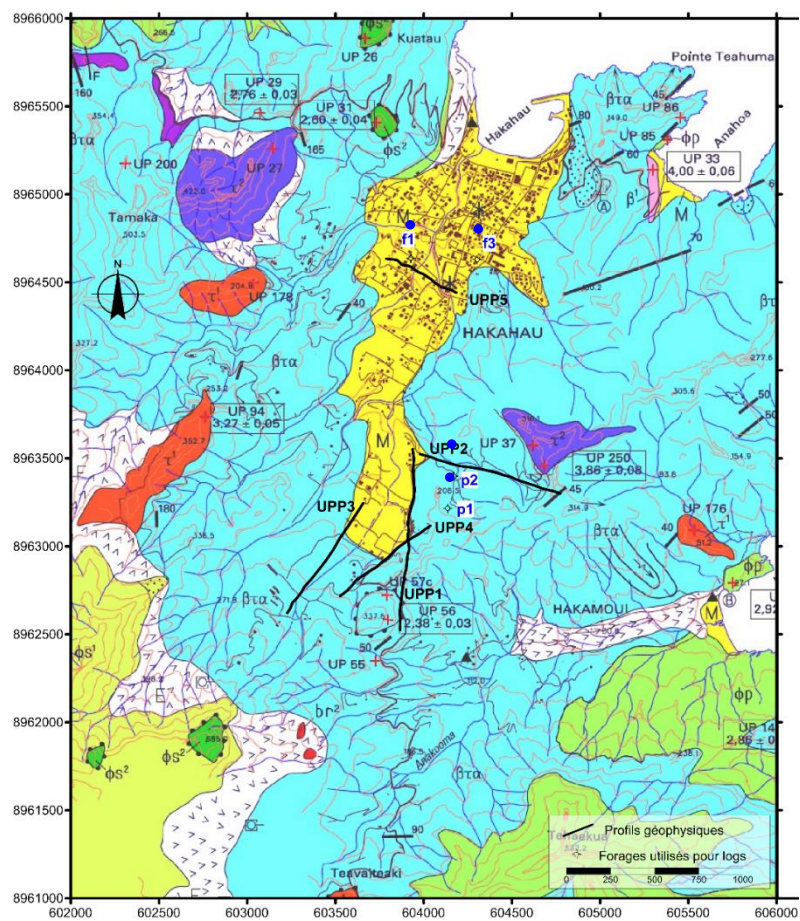


Illustration 34 : Implantation des profils géophysiques réalisés.



Illustration 35 : Ouvrage F3, situé près de l'école à Hakahau.

5.6. BILAN DE L'AXE 4

En complément de la description des opérations techniques menées, l'illustration 36 précise l'enchaînement des opérations liées à l'axe 4 depuis le choix des zones à étudier jusqu'à la rédaction des rapports.

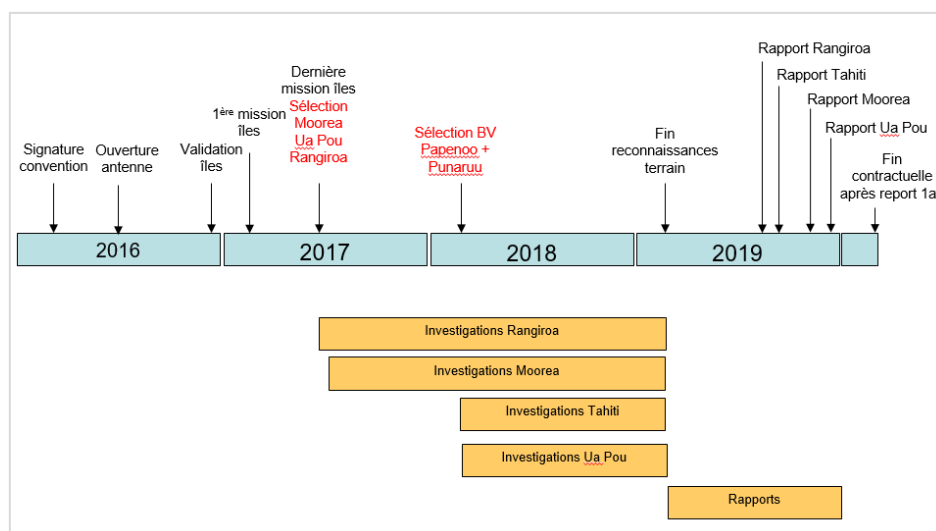


Illustration 36 : Déroulé des études hydrogéologiques détaillées.

Il apparaît que les investigations menées sur une période allant de 12 à 18 mois ont permis de faire avancer significativement les connaissances sur les ressources en eau souterraine et de proposer des solutions pour sécuriser l'approvisionnement en eau de 4 des 5 zones étudiées.

☒ **sur l'atoll de Rangiroa**, les investigations mises en œuvre n'ont pas permis d'identifier de ressource exploitable en grand mais les mécanismes en jeu sont désormais mieux connus et le potentiel du motu de la vigne reste à explorer.

☒ **à Moorea**, le captage de la source Vaiava située dans les environs immédiats du village d'Afareaitu constitue la solution la plus sûre pour sécuriser l'alimentation en eau de ce secteur de l'île. La réalisation de forages de reconnaissance au droit des paléovallées mises en évidence peut constituer une option plus exploratoire.

☒ **à Ua Pou**, la réalisation d'un forage en amont de la zone alluviale d'Hakahau ainsi que la mise en service du forage F3 réalisé en 2003 représentent des pistes pour diversifier les sources d'approvisionnement en eau potable et satisfaire les besoins fluctuant en fonction des conditions météorologiques (apports lors des périodes de sécheresse) et/ou de l'affluence touristique (festival des Marquises par exemple).

☒ **dans la Papenoo**, des secteurs favorables à la réalisation de forages ont été proposés dans la haute et la moyenne vallée. Ces ouvrages pourront être envisagés si des aménagements nécessitent de disposer de nouvelles ressources ou si la qualité des ressources actuellement sollicitées dans la basse vallée venaient à se dégrader.

☒ **dans la Punaruu**, le potentiel hydrogéologique des formations basaltiques en place a pu être mis en évidence et de nouveaux ouvrages peuvent être envisagés afin de satisfaire les besoins domestiques et industriels grandissants.

Informés de ces possibilités, les différents services communaux se sont montrés intéressés par les résultats du programme et disposent désormais d'éléments techniques pour orienter des recherches plus opérationnelles.

Sur le plan méthodologique, les approches pluridisciplinaires mises en œuvre se sont avérées robustes et pourront éventuellement être reproduites pour l'étude de nouvelles îles.

Le manque général de données piézométriques ou qualitatives disponibles a néanmoins constitué une limite dans l'appréhension des phénomènes. Il est donc important que la Polynésie française s'engage dans des démarches d'acquisition de données de référence par le biais de réseaux instrumentés.

Comme déjà souligné dans le chapitre dédié aux outils numériques, la bancarisation de ces données dans un référentiel unique constitue également une priorité dans un objectif de partage de la connaissance.

6. Synthèse financière

Sur le plan financier, le tableau de l'illustration 37 fait le bilan, action par action, des dépenses engagées pour la mise en œuvre du programme entre mars 2016 et juin 2020. Les références des rapports d'avancement justifiant la production de factures et celles des rapports techniques ont également été rajoutées dans les 2 dernières colonnes du tableau.

Bien que le montant total des dépenses soit supérieur de 3,1 % au budget prévisionnel contractuel, il apparaît que le différentiel de 7 884 863 XPF n'a pas été facturé à la Polynésie, afin de respecter les termes contractuels. Cependant, ces dépenses supplémentaires ont été couvertes par un abondement financier du BRGM. Il compense, pour l'essentiel, l'évolution du coût de la main d'œuvre entre les dates d'établissement et de validation de l'estimation financière du programme, avant sa mise en œuvre en 2016.

Dans le détail, il apparaît également que le montant des dépenses engagées pour la réalisation des différentes actions a varié par rapport aux enveloppes prévisionnelles mais ces variations n'ont pas entraîné d'augmentation de l'enveloppe globale du programme. Les évolutions sont liées aux adaptations du contenu technique validées à l'avancement par le comité de suivi de l'étude.

L'inventaire des données réalisé dans le cadre de l'action 1 a été mené sur 3 îles supplémentaires et le périmètre pris en compte pour la mise en place du référentiel des points d'eau dans le cadre de l'action 2 a été élargi à toute la Polynésie française. Afin d'équilibrer ces évolutions de budget à la hausse, les missions d'assistance technique et réglementaire ont été moins nombreuses que prévues.

Le budget dédié à l'action 4 n'a quasiment pas varié par rapport au montant prévisionnel malgré les adaptations techniques apportées et l'augmentation constatée pour l'action 5 est essentiellement due à l'extension du délai de réalisation du projet (16 mois supplémentaires).

Montants HT	Actions et montants en XPF présentés dans les relevés de dépense						Références des rapports d'avancement	Références des principaux livrables
	1	2	3	4	5	Total		
03/03/16 au 30/10/17 (20 mois)	29 857 992	8 487 679	9 549 655	10 336 152	16 601 611	74 833 088	BRGM/RP-66420 (1ère année) + BRGM/RP-68206-FR (Année 2017)	BRGM/RP-66567-FR (Synthèse milieux volcaniques), BRGM/RP-66323-FR (Enquête communes)
01/11/17 au 31/12/17 (2 mois)	2 544 337	3 653 514	3 416 658	7 316 650	1 475 924	18 407 082		BRGM/RP-67217-FR (Analyse gestion ressources)
01/01/18 au 30/06/18 (6 mois)	1 214 678	2 032 588	9 691 539	26 100 315	2 395 788	41 434 908	BRGM/RP-68307-FR	BRGM/RP-67128-FR (Inventaire données)
01/07/18 au 31/10/18 (4 mois)	0	1 233 032	2 987 506	16 429 730	1 764 471	22 414 740	BRGM/RP-68463-FR	—
01/11/18 au 31/12/18 (2 mois)	0	1 543 675	106 724	9 571 066	7 261 131	18 482 597	BRGM/RP-68714-FR	—
01/01/19 au 30/06/19 (6 mois)	0	2 383 174	546 068	17 403 008	7 252 042	27 584 292	BRGM/RP-69087-FR	BRGM/RP-68355-FR (Réseaux de mesure)
01/07/19 au 31/12/19 (6 mois)	309 669	10 764 280	4 940 286	13 841 673	-618 470	29 237 439	BRGM/RP-70236-FR	BRGM/RP-68005-FR (Outils numériques envisagés)
01/01/20 au 30/06/20 (6 mois)	2 207 469	16 393 934	6 628 290	12 209	4 425 425	29 667 327	BRGM/RP-70243-FR	BRGM/RP-69706-FR (Typologie des aquifères), BRGM/RP-66561-FR (Outils numériques mis en place), BRGM/RP-69372-FR (Appui GEGDP), BRGM/RP-69636-FR (Taxe exhaure), BRGM/RP-68897-FR (Rangiroa), BRGM/RP-69099-FR (Tahiti), BRGM/RP-69218-FR (Moorea), BRGM/RP-69286-FR (Ua Pou), BRGM/RP-69975-FR (Synthèse du programme)
Total engagé en XPF HT	36 134 144	46 491 878	37 866 727	101 010 803	40 557 921	262 061 474	—	—
Budget prévisionnel en XPF HT	28 726 134	36 349 642	50 922 434	101 576 969	36 601 432	254 176 611	—	—
Consommation/ Budget prévisionnel en XPF	7 408 011	10 142 236	-13 055 708	-566 166	3 956 489	7 884 863	—	—

Action 1 : Typologie des aquifères, Action 2 : Élaboration d'outils de gestion, Action 3 : Assistance technique et réglementaire, Action 4 : Études hydrogéologiques détaillées, Action 5 : Suivi du programme

Illustration 37 : Bilan des dépenses et références des rapports établis.

L'Illustration 38 et l'Illustration 39 complètent le panorama financier en proposant une représentation graphique des budgets prévisionnels et engagés ainsi que de l'évolution des dépenses. Il apparaît que cette dernière présente une pente relativement constante traduisant l'implication continue des équipes du BRGM pour atteindre les objectifs fixés.

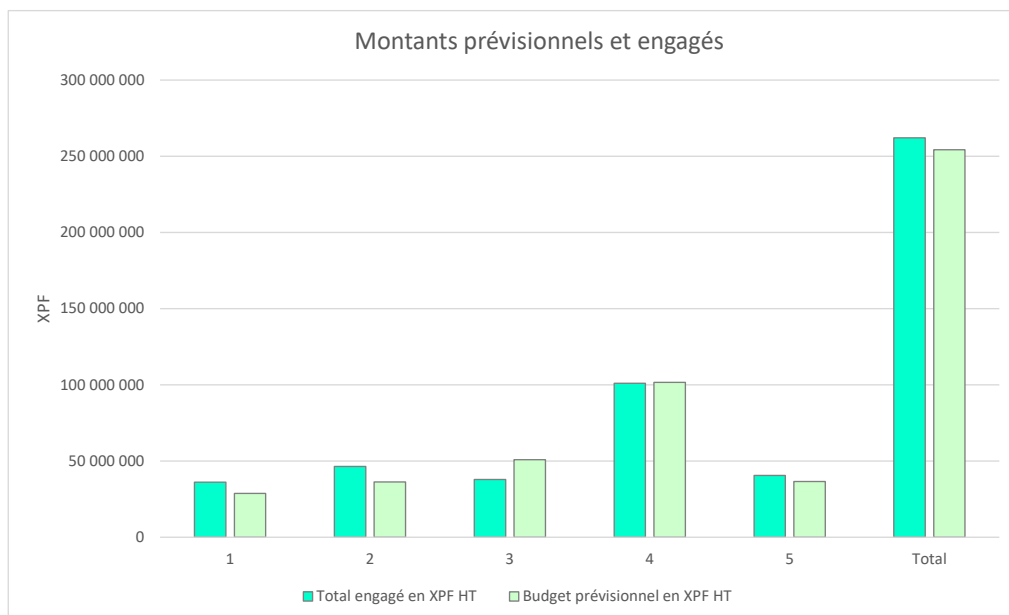


Illustration 38 : Comparaison entre budgets prévisionnels et montants dépensés.

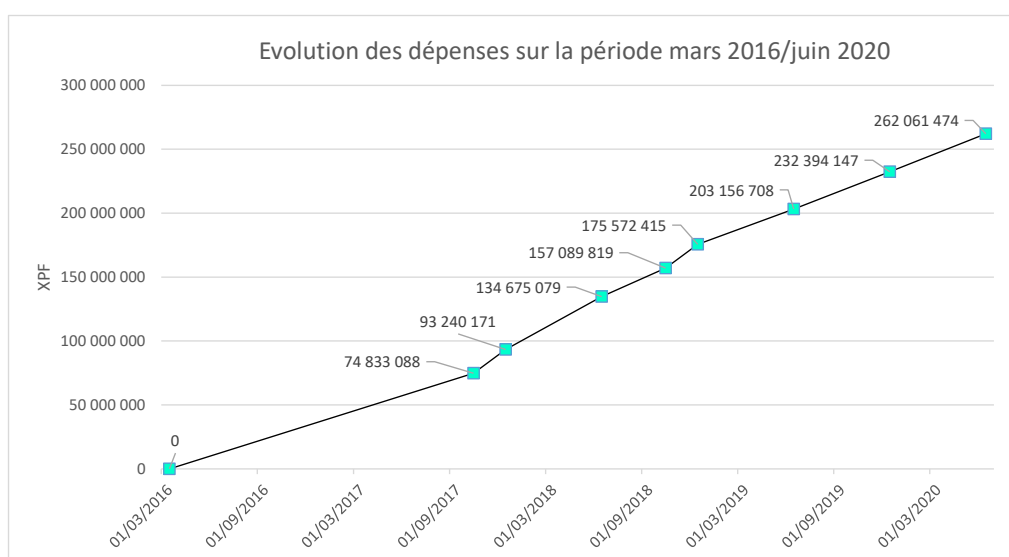


Illustration 39 : Évolution des dépenses entre mars 2016 et juin 2020.

7. Conclusion

Le présent rapport récapitule les opérations menées dans le cadre du programme d'actions pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines de la Polynésie française mené entre 2016 et 2020.

Dans le cadre de ces opérations, plusieurs synthèses bibliographiques ont pu être réalisées, près de 300 captages d'eau souterraine et plus de 100 captages d'eau superficielle ont été documentés, 2 outils numériques dédiés à la gestion et à la diffusion des données relatives à l'eau ont été mis en place, différents appuis techniques ou réglementaires ont été apportés et 5 îles ou bassins versants ont fait l'objet d'études hydrogéologiques détaillées (près de 500 sites d'intérêt géologique et 340 sites d'intérêt hydrogéologique caractérisés dans ce volet).

La liste des livrables produits dans le cadre de chaque axe du projet est rappelée ci-dessous.

AXE 1

- BRGM/RP-66567-FR, transmis le 14 avril 2017 (synthèse milieux volcaniques insulaires)
- BRGM/RP-67128-FR, transmis le 12 avril 2018 (inventaire des données sur 8 îles)
- BRGM/RP-69706-FR, transmis le 28 février 2020 (typologie des aquifères polynésiens)

AXE 2

- BRGM/RP-67217-FR transmis le 21 décembre 2017 (analyse de la gestion des ressources)
- BRGM/RP-68005-FR transmis le 23 décembre 2019 (description des outils envisagés)
- BRGM/RP-69561-FR transmis le 22 juin 2020 (outils mis en place)
- Référentiel des points d'eau
- Portail internet VAITEA

AXE 3

- BRGM/RP-66323-FR, transmis le 8 novembre 2016 (résultats de l'enquête téléphonique)
- BRGM/RP-68355-FR transmis le 28 juin 2019 (mise en place de réseaux de mesure)
- BRGM/RP-69372-FR, transmis le 21 janvier 2020 (procédure de déclaration des ouvrages)
- BRGM/RP-69636-FR, transmis le 12 février 2020 (mise en place d'une taxe d'exhaure)
- 2 sessions de formation à l'hydrogéologie
- Supports de communication : 1 portfolio, 9 plaquettes, 7 roll-ups, 1 film de 26 minutes et 6 présentations Powerpoint destinées à la phase de restitution finale du projet
- Chiffrage préliminaire d'une opération de géophysique aéroportée concernant l'île de Tahiti

AXE 4

- BRGM/RP-68897-FR pour l'île de Rangiroa (transmis le 20 août 2019)
- BRGM/RP-69099-FR pour l'île de Tahiti (transmis le 5 septembre 2019)
- BRGM/RP-69218-FR pour l'île de Moorea (transmis le 15 octobre 2019)
- BRGM/RP-69286-FR pour l'île de Ua Pou (transmis le 21 décembre 2019)

Au total, ce sont donc 14 rapports techniques qui ont ponctué le déroulé du programme.

En matière de pilotage, 8 comités de suivi ont permis au BRGM d'informer le MCE et la DIREN du déroulé du programme, d'en faire évoluer son contenu, de présenter les résultats obtenus et de faire les arbitrages nécessaires au bon déroulement du programme.

Par ailleurs, à la suite d'un premier rapport dédié au contenu de la première année (BRGM/RP-66420-FR), sept rapports d'avancement référencés BRGM/RP-68206-FR (pour l'année 2017), BRGM/RP-68307-FR (pour le premier semestre 2018), BRGM/RP-68463-FR (pour la période juillet à octobre 2018), BRGM/RP-68714-FR (pour la période novembre/décembre 2018), BRGM/RP-69087-FR (pour le premier semestre 2019), BRGM/RP-70236-FR (pour le second semestre 2019), BRGM/RP-70243-FR (pour le premier semestre 2020) ont été produits au fil du projet et ont accompagné les appels de fonds correspondants.

En raison de la crise sanitaire Covid-19, la phase de restitution finale du projet n'a pas pu être organisée dans les délais contractuels. Le BRGM a toutefois préparé des supports de présentation et de communication (supports powerpoint, plaquettes, roll-ups, film) qui pourront être utilisés pour présenter le bilan du projet aux instances du Pays, de l'État ainsi qu'aux communes concernées lorsque la situation se sera améliorée.

Le matériel technique acheté pour les besoins du projet (courantomètre, sondes piézométriques manuelles, sondes PTEC, mallette de chimie, imprimante, ...) a, quant à lui, été rétrocédé à la DIREN qui pourra en faire usage sur de nouveaux projets. Ce transfert a été encadré par une convention spécifique.

Au-delà de ces aspects et sur le plan opérationnel, il apparaît que la mise en œuvre du programme a permis de faire avancer significativement les connaissances sur les ressources en eau souterraine et de proposer des solutions pour sécuriser l'approvisionnement en eau de 4 des 5 zones étudiées.

Sur l'atoll de Rangiroa, les investigations mises en œuvre n'ont pas permis d'identifier de ressource exploitable en grand mais les mécanismes en jeu sont désormais mieux connus et le potentiel du motu de la vigne reste à explorer.

À Moorea, le captage de la source Vaiava située dans les environs immédiats du village d'Afareaitu constitue la solution la plus sûre pour sécuriser l'alimentation en eau de ce secteur de l'île. La réalisation de forages de reconnaissance au droit des paléovallées mises en évidence peut constituer une option plus exploratoire.

À Ua Pou, la réalisation d'un forage en amont de la zone alluviale d'Hakahau ainsi que la mise en service du forage F3 réalisé en 2003 représentent des pistes pour diversifier les sources d'approvisionnement en eau potable et satisfaire les besoins fluctuant en fonction des conditions météorologiques (apports lors des périodes de sécheresse) et/ou de l'affluence touristique (festival des Marquises par exemple).

Dans la Papenoo, des secteurs favorables à la réalisation de forages ont été proposés dans la haute et la moyenne vallée. Ces ouvrages pourront être envisagés si des aménagements nécessitent de disposer de nouvelles ressources ou si la qualité des ressources actuellement sollicitées dans la basse vallée venaient à se dégrader.

Dans la Punaruu, le potentiel hydrogéologique des formations basaltiques en place a pu être mis en évidence et de nouveaux ouvrages peuvent être envisagés afin de satisfaire les besoins domestiques et industriels grandissants.

Informés de ces possibilités, les différents services communaux se sont montrés intéressés par les résultats du programme et disposent désormais d'éléments techniques pour orienter des recherches plus opérationnelles.

Sur le plan réglementaire, le BRGM est venu en appui au Pays dans le cadre de ses démarches de révision de la procédure d'occupation du domaine public fluvial, a fait des recommandations en matière de gestion intégrée des ressources après avoir étudié la situation dans des Pays de la zone Pacifique et a évalué les retombées financières liées à la généralisation d'une taxe d'exhaure.

Par le biais de sessions de formation, le programme a contribué au transfert de connaissances extérieures adaptées aux réalités locales. Les sessions de formation à l'hydrogéologie ont ainsi permis la montée en compétences techniques de plus de 50 agents du Pays ou des communes. D'autres sessions de formation dédiées aux outils numériques (référentiel des points d'eau et portail VAITEA) ont également permis aux agents d'acquérir les compétences pour en assurer l'animation et l'alimentation.

À court terme, ces outils de gestion et de communication devraient contribuer à l'émergence et à la structuration d'une communauté eaux souterraines et en définitive apporter une contribution significative à la Politique de l'Eau en Polynésie française dont ils représenteront le socle.

Les approches pluridisciplinaires qui ont été mises en œuvre se sont avérées robustes et pourront éventuellement être reproduites pour l'étude de nouvelles îles. Le manque général de données piézométriques ou qualitatives disponibles a néanmoins constitué une limite dans l'appréhension des phénomènes. Il est donc important que la Polynésie française s'engage dans des démarches d'acquisition de données de référence par le biais de réseaux instrumentés.

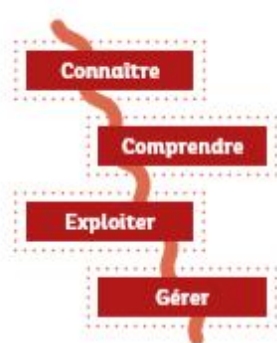
Le recours aux techniques modernes d'investigation de type géophysique aéroportée est également recommandé si la Polynésie française souhaite parfaire sa connaissance des aquifères et des phénomènes hydrogéologiques en jeu au sein des différentes îles. Les opérations qu'il conviendrait de mener sur l'île de Tahiti ont pu être chiffrées et pourraient constituer une suite logique et complémentaire aux investigations menées dans le cadre du programme 2016/2020.

Sur le plan financier, la mise en œuvre du programme a nécessité la mobilisation de toute l'enveloppe prévue. Le dépassement du budget initial de 3,1 % n'a pas fait l'objet d'une facturation auprès de la Polynésie française afin de respecter les termes contractuels. Ce dépassement a été couvert par un abondement unilatéral du BRGM.

Annexe 1

Plaquettes de communication





Contenu de l'AXE 1 du programme

- **Synthèse bibliographique** relative aux milieux volcaniques insulaires et comparaison de la situation de la Polynésie française par rapport à d'autres îles
- **Bilan** des données climatologiques, morphologiques, géologiques, hydrogéologiques et hydrométriques sur une sélection d'îles proposée par la Polynésie française
- **Définition d'une typologie** des aquifères présents sur le territoire polynésien sur la base des résultats des 2 phases précédentes

Fig. 1: principe du Programme d'actions pour la gestion et l'exploitation des eaux souterraines de la Polynésie française et contenu de l'axe 1



Contexte

Si toutes les îles de la Polynésie française sont issues du fonctionnement de points chauds (anomalies situées dans le manteau terrestre), elles présentent des âges très variables qui conditionnent leur morphologie, les **îles hautes** correspondant aux îles les plus jeunes, les **îles mixtes** aux îles en cours de démantèlement et les **atolls**, au stade d'évolution le plus avancé (fig.2).

Sur le plan de la géologie, le volcanisme de points chauds intraplaques génère essentiellement des formations basaltiques mais des unités sédimentaires (formations alluviales ou littorales) peuvent également être reconnues au droit des îles hautes et mixtes. Dans le cas des atolls, les formations basaltiques sont invisibles car surmontées par d'épaisses formations carbonatées et le réseau hydrographique est inexistant.

Sur un territoire aussi vaste que l'Europe, les îles sont aussi soumises à des régimes climatiques variables et les précipitations peuvent varier dans un rapport de 1 à 10 entre l'Archipel des Marquises (moins de 1000 mm/an) et les hauts sommets de Tahiti (plus de 10 000 mm/an) et du simple au double entre les côtes au vent et sous-le-vent d'une même île.

Les différents types d'aquifères

Dans ce contexte, plusieurs types d'aquifères se développent. On distingue notamment (fig.3) :

- **les nappes perchées** dans les parties hautes des édifices volcaniques. Elles restent peu sollicitées en Polynésie française car l'essentiel de la population est concentrée sur le littoral.

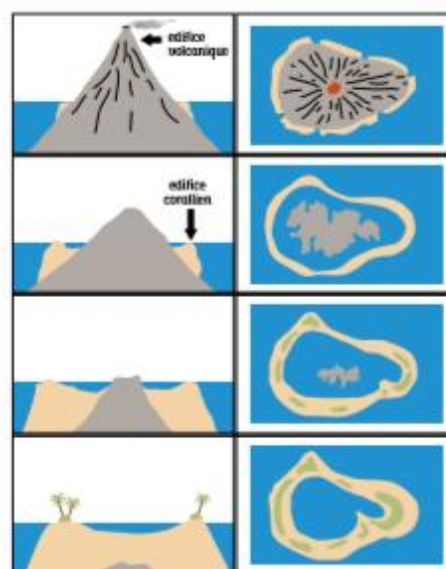


Fig. 2 : les différents stades d'évolution d'une île volcanique issue d'un point chaud (d'après Werner et al., 2017)

- **l'aquifère basal** qui donne naissance à des sources au pied des reliefs et dont l'exutoire principal se situe en mer. Souvent sollicité par forage pour l'alimentation en eau potable, cet aquifère est probablement alimenté pour partie par les nappes perchées des reliefs (grâce aux réseaux de dykes et aux paléoreliefs) et/ou par des pertes du réseau hydrographique.
- **les nappes associées aux cours d'eau et aux formations littorales**. Dans les vallées de taille importante, les nappes alluviales peuvent être captées par le biais de galeries drainantes.

Au droit des atolls, le schéma hydrogéologique se restreint à la présence d'une lentille d'eau douce alimentée par les précipitations et généralement sollicitée par des puits peu profonds (fig.3).

La présence éventuelle d'une couche à conglomérats ou «couche à papa» limite sa recharge mais lui confère une protection vis-à-vis des pollutions superficielles d'origine anthropique. Au-delà de la zone de transition, les formations calcaires sont saturées en eau salée en provenance de l'océan.



Ligne de sources traduisant la présence d'un aquifère perché dans la vallée de la Papenoo



Source émergeant en pied de relief à Faa'a



Puits sollicitant la lentille d'eau douce à Rangiroa

Fig.3 : différents types d'aquifères recensés en Polynésie française

Les données disponibles

À l'issue de la phase de recueil des données disponibles, il est apparu que l'on ne disposait d'informations que sur un petit nombre d'îles et que ces données étaient plutôt d'ordre qualitatif.

Ces données se sont par ailleurs révélées difficiles à interpréter (incohérences fréquentes des unités de mesure, valeurs retenues équivalentes aux limites de quantification, présence d'informations non numériques à la place des résultats analytiques, informations contextuelles souvent très limitées...).

Dans ces conditions, le travail s'est focalisé sur la mise en évidence d'éventuelles différences de qualité d'eau entre les îles ou les archipels. Un premier examen statistique des paramètres hydrodynamiques disponibles a également été mené.

Le traitement statistique

Le report des teneurs en ions majeurs des eaux souterraines dans un diagramme de Piper a permis de confirmer les résultats obtenus dans le cadre de l'axe 4 du programme.

Bien que respectivement représentés par une seule île, les archipels des Marquises et des Tuamotu se distinguent en effet par des faciès hydrochimiques différents de ceux rencontrés dans la Société, aux Australes ou aux Gambier (fig.4). L'environnement géologique (riche en phonolite pour Ua Pou et carbonaté pour Rangiroa) est à l'origine de ces différences.

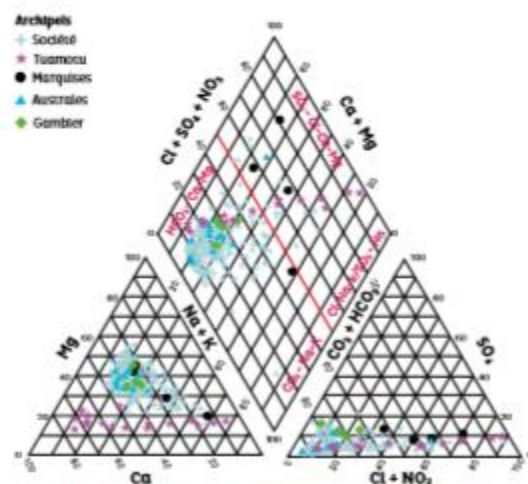


Fig. 4 : faciès hydrochimiques des eaux souterraines prélevées dans les archipels de la Polynésie française

Le traitement des données par le biais d'une analyse en composantes principales (ACP) a, quant à lui, permis d'établir des regroupements au sein des îles restantes (fig. 5). Il apparaît ainsi que le chimisme des eaux prélevées à Tubuai et Rurutu est assez similaire. Il en va de même pour Bora-Bora et Rimatara qui font partie des îles les plus âgées de la Société et des Australes. Les 6 autres îles définissent un pôle relativement homogène.

Un examen des dépassements des normes réglementaires a également été mené par le biais de diagrammes circulaires (fig. 6). À l'exception des Australes, tous les archipels présentent au moins un site affecté par un phénomène d'intrusion saline (dépassement des normes pour les chlorures, le sodium, le potassium et les sulfates).

Des coliformes sont aussi dénombrés sur la moitié des lieux de prélèvements, révélant ainsi des contaminations d'origine anthropique et une mauvaise protection des puits ou des forages. Les îles de Tahiti et Moorea rencontrent également des dépassements témoignant de pollutions agricoles et industrielles mais ces derniers restent peu nombreux.

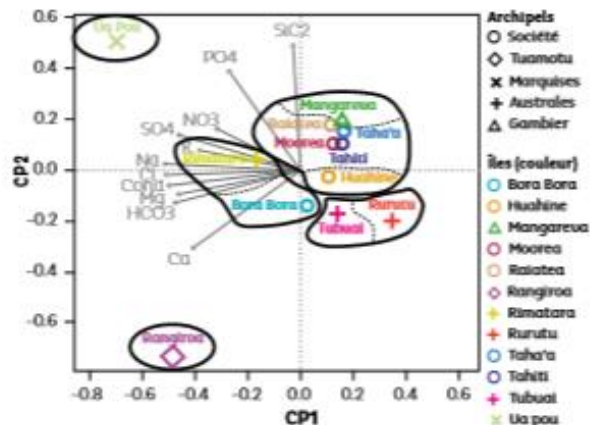


Fig. 5 : analyse en composantes principales des analyses chimiques relatives aux eaux souterraines prélevées dans les archipels de la Polynésie française

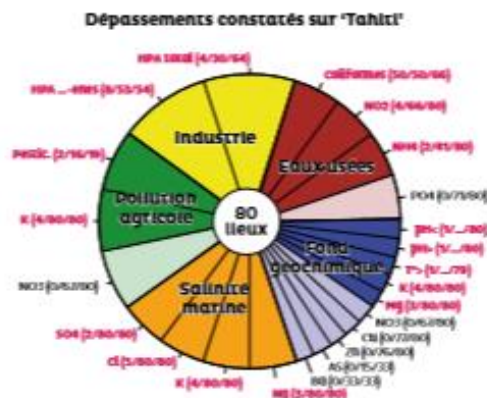


Fig. 6 : diagramme circulaire établi pour Tahiti. Valeurs entre parenthèses: nombre de lieux avec au moins un dépassement / nombre de lieux avec au moins une présence quantifiable / nombre total de lieux avec au moins une valeur rapportée

Bilan/Perspectives

L'analyse menée ayant été fortement contrainte par la quantité et la qualité des données, il est recommandé de consolider les bases de données existantes en vérifiant la cohérence des valeurs reportées (unités, limites de quantification...) et en appréciant leur fiabilité.

Il est également important que tous les points d'observation soient suffisamment bien décrits par des informations contextuelles directes ou par des renvois à des études associées.

Le référentiel des points mis en place dans le cadre de l'axe 2 du programme constitue une solution adaptée pour le stockage de telles informations. Il vise en effet à doter les services d'un outil de référencement pérenne et à permettre le partage des informations avec un public plus large.

PROGRAMME D'ACTIONS POUR LA GESTION & L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE

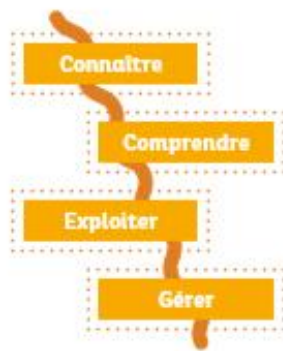





► LES OUTILS DE L'HYDROGÉOLOGUE EN DOMAINE VOLCANIQUE INSULAIRE

- Trois opérations devaient être réalisées dans le cadre de l'axe 1 du Programme d'actions pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines de la Polynésie française (fig.1).
- La première a consisté à réaliser une synthèse des connaissances sur le volcanisme et l'hydrogéologie des zones de points chauds et à comparer la situation de la Polynésie française par rapport à d'autres îles comme Hawaï, la Réunion, Mayotte ou les Galapagos.
- La seconde a consisté à réaliser un inventaire des données disponibles sur les 8 îles sélectionnées par la Polynésie française en décembre 2016 (Moorea, Maiao, Huahine, Raiatea, Taha'a, Makatea, Rangiroa et Ua Pou).
- La troisième a consisté à comparer les caractéristiques chimiques et hydrodynamiques des îles pour lesquelles on disposait de telles données et à établir une typologie.

Au terme de cette expérience, le BRGM se propose de lister les techniques les plus pertinentes pour caractériser les ressources présentes au sein des entités volcaniques insulaires.



Contenu de l'AXE 1 du programme

- ▶ Synthèse bibliographique relative aux milieux volcaniques insulaires et comparaison de la situation de la Polynésie française par rapport à d'autres îles.
- ▶ Bilan des données climatologiques, morphologiques, géologiques, hydrogéologiques et hydrométriques sur une sélection d'îles proposée par la Polynésie française.
- ▶ Définition d'une typologie des aquifères présents sur le territoire polynésien sur la base des résultats des 2 phases précédentes.

Fig. 1: principe du Programme d'actions pour la gestion et l'exploitation des eaux souterraines de la Polynésie française et contenu de l'axe 1

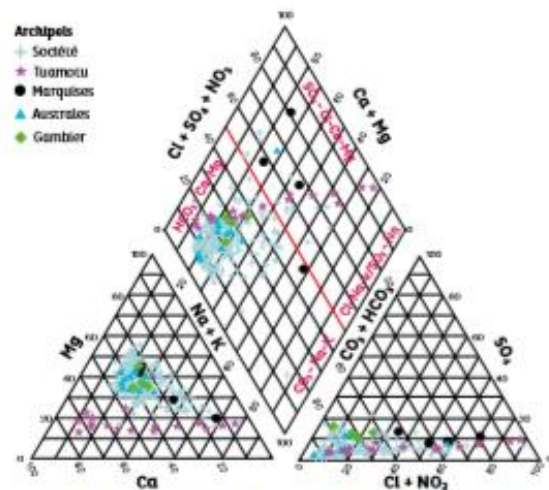


Fig. 3: faciès hydrochimiques des eaux souterraines prélevées dans les archipels de la Polynésie française

La **caractérisation chimique des eaux** peut être complétée par des analyses en laboratoire (éléments majeurs, mineurs, traces, isotopes...).

En l'absence de pollution, la quantité et la diversité des éléments en solution dans une eau souterraine dépendent en effet des formations géologiques qui ont été traversées ainsi que du temps de contact entre l'eau et les roches.

Les analyses étant coûteuses, il est nécessaire de sélectionner les points les plus représentatifs du milieu et de réaliser les prélèvements en période de basses eaux pour s'affranchir des phénomènes de dilution par les eaux de surface.

La détermination des concentrations en éléments majeurs permet par exemple de mettre en évidence des disparités au sein d'un même territoire (fig. 3).

► En complément, **les méthodes géophysiques** permettent d'obtenir une « image » de l'agencement du sous-sol et par corolaire, des informations sur la localisation des formations géologiques susceptibles de renfermer une nappe.

Parmi les méthodes adaptées aux contextes insulaires, les méthodes électriques déployées au sol (tomographies) en Polynésie française ont notamment permis d'imager les intrusions salées à Rangiroa (fig.4).

Lorsque le relief est accidenté ou que les superficies à investiguer sont importantes, il est possible de réaliser des levés hélicoptères combinant trois méthodes géophysiques (électromagnétisme, magnétisme et gamma-spectrométrie). Le recours à cette technique permet en outre d'atteindre des profondeurs d'investigation plus importantes.

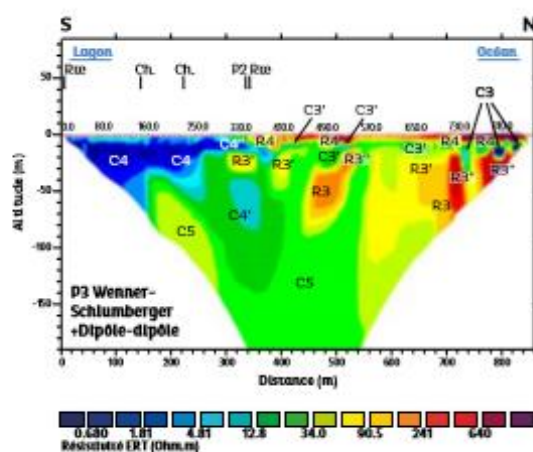


Fig. 4 : tomographie électrique réalisée sur le motu d'Avatoru (Rangiroa) entre océan et lagon

L'interprétation des profils électriques doit s'appuyer sur des coupes géologiques de forages existants ou créés dans le cadre des prospections. La **réalisation de forages de reconnaissance** (fig. 5) permet notamment de reconnaître le contexte géologique.

Ils servent également à réaliser des pompages d'essais qui visent à estimer la productivité de l'aquifère, déterminer son mode d'alimentation et évaluer l'influence des pompages sur le milieu naturel.



Fig. 5 : réalisation d'un forage à Paen

D'autres méthodes de caractérisation peuvent être mises en œuvre mais elles nécessitent de disposer ou d'acquérir des données en nombre suffisant.

La réalisation d'un **bilan hydrologique** consiste à quantifier les flux entrants (précipitations) et sortants (pompages, évaporation...) ainsi que le volume d'eau stockée aux sein de l'entité hydrogéologique (île, bassin-versant...) mais certains termes comme les fuites en mer, restent difficiles à apprécier.

À Rangiroa, la recharge annuelle de l'aquifère a, par exemple, pu être estimée à 135 mm, ce qui représente moins de 10% des précipitations (fig. 6). La couche à « papa » favoriserait, quant à elle, les fuites vers le lagon ou l'océan estimées à 500 mm/an.

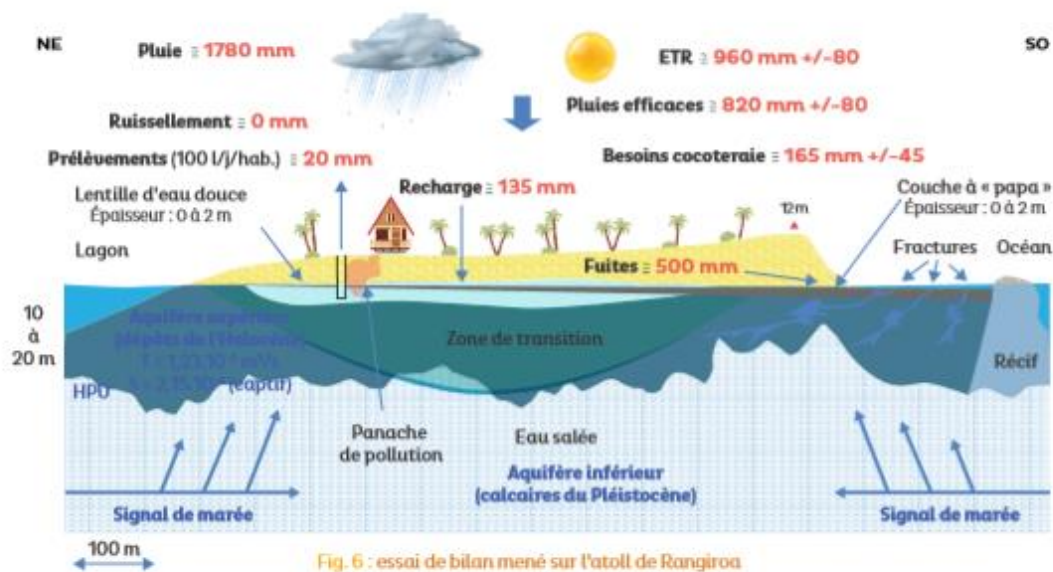
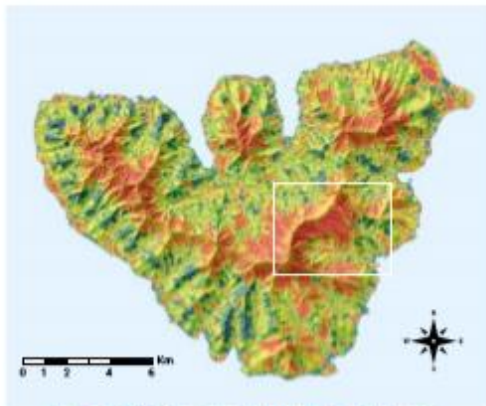


Fig. 6 : essai de bilan mené sur l'atoll de Rangiroa

Fig. 7 : IDPR brut calculé pour l'île de Moorea
zones rouges = infiltration prépondérante,
zones bleues = ruissellement prépondérant

Le calcul de l'Indice de **Développement et de Persistance de Réseaux** (IDPR) permet également d'identifier en première approche, les zones potentielles de recharge des aquifères et par conséquent, les secteurs les plus favorables à la réalisation de forages.

Construit à partir de l'analyse du modèle numérique de terrain et des réseaux hydrographiques naturels, il traduit l'aptitude des terrains à laisser ruisseler ou s'infiltrer les eaux.

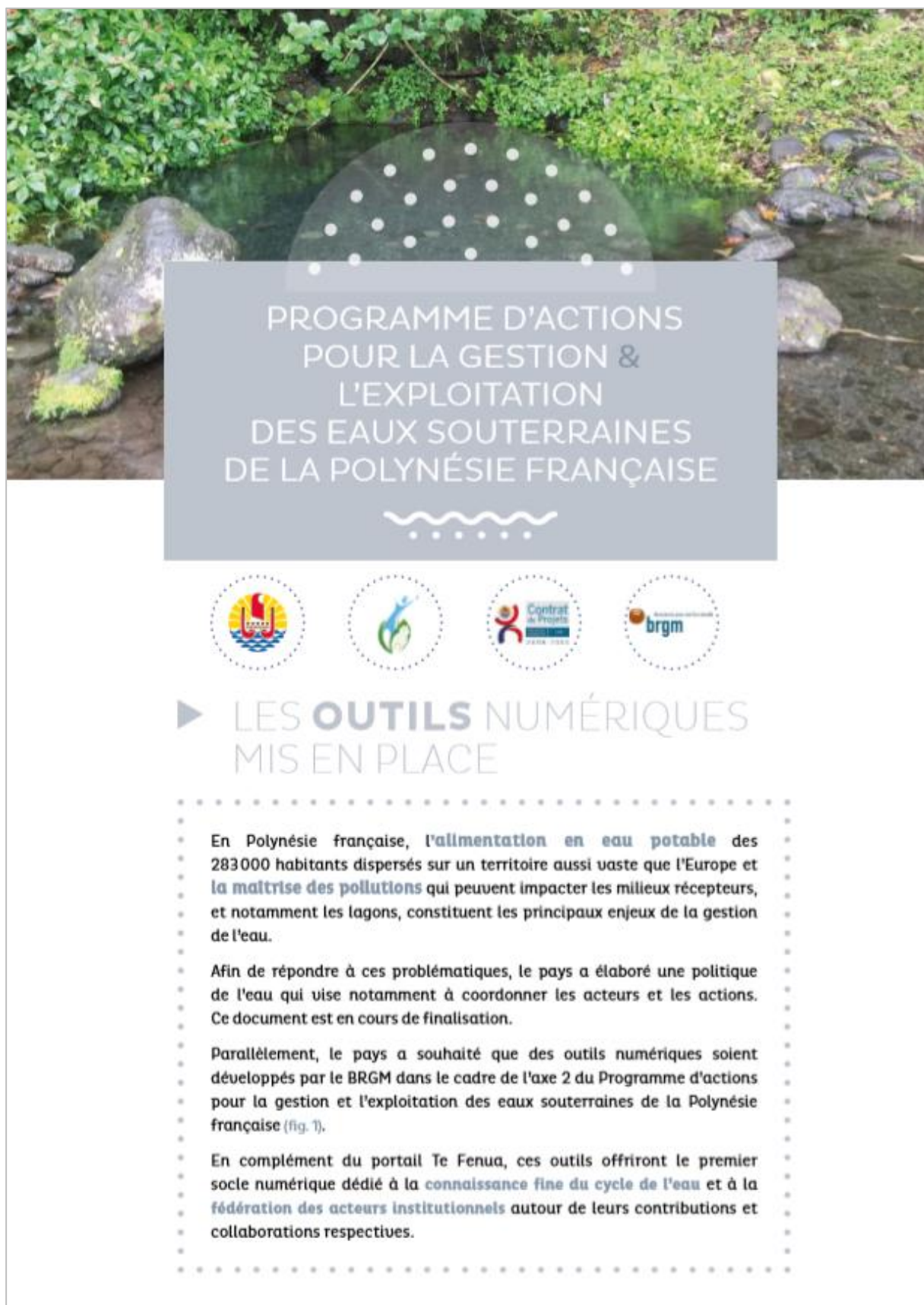
À Moorea, il a notamment mis en évidence le rôle prépondérant du plateau basaltique situé en amont du village d'Afareaitu dans l'alimentation des sources situées en contrebas (fig. 7).

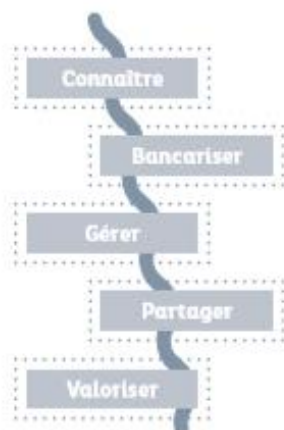


Bilan/Perspectives

Les méthodes présentées précédemment ont été éprouvées sur plusieurs îles de Polynésie française dans le cadre de l'axe 4 du Programme d'actions pour la gestion et l'exploitation des eaux souterraines, notamment à Moorea, Ua Pou, Rangiroa et sur 2 bassins-versants de Tahiti.

Le degré d'information apporté par chacune d'entre elles est variable selon les sites mais leur combinaison a généralement permis d'accéder à une connaissance plus fine des milieux et de proposer des modèles hydrogéologiques conceptuels.





Les 3 piliers de la connaissance numérique

- **VAITEA**, le portail thématique de l'eau, pour communiquer, informer, accéder aux données et faire comprendre les enjeux et les actions entreprises.
- **Le référentiel des points d'eau** pour inventorier les ouvrages et les sites d'intérêt et bancariser les données associées.
- **Te Fenua**, le portail des données géographiques de la Polynésie, utilisé en complément pour la diffusion des données du référentiel des points d'eau.

Fig. 1: objectifs de l'axe 2 du Programme d'actions pour la gestion et l'exploitation des eaux souterraines de la Polynésie française et organisation de la connaissance

► Le portail thématique VAITEA

www.vaitaia.fr

Le portail VAITEA est destiné à faciliter l'accès aux informations et aux données sur l'eau.

Vitrine de la politique de l'eau, sa structure éditoriale, basée sur la collaboration d'un panel d'auteurs, propose des articles généralistes, des rédactions pédagogiques pour sensibiliser les citoyens et des articles techniques pour les professionnels du domaine.

Il s'articule autour de 6 rubriques respectivement dédiées à des généralités, aux ressources en eau, aux usages, à la réglementation, aux acteurs de la gestion de l'eau et à des références documentaires (fig. 1).

Les articles sont balisés selon 3 catégories en fonction du public ciblé (débutant, intermédiaire ou expert).



Fig. 1: écran d'accueil du portail VAITEA

► Fonds de cartes géologiques

Tous les fonds de carte géologiques détenus par le BRGM ont été numérisés et sont servis par des services web cartographiques.

Ces derniers sont disponibles dans l'espace cartographique de VAITEA tout comme dans Te Fenua (fig. 2).

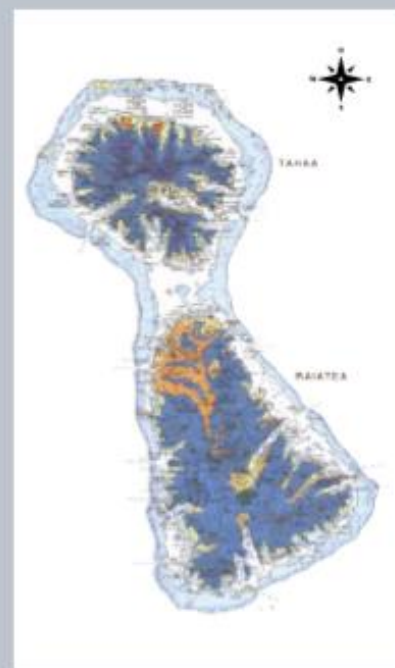


Fig. 2: Carte géologique de Raiatea/Tahiti à 1/100 000

► Le référentiel des points d'eau

De la source au lagon, un référencement exhaustif

Le référentiel des points d'eau a pour but d'inventorier les sources, les installations et les ouvrages de captage ou de stockage de l'eau, les rejets d'eaux usées, les zones de baignade ou de natation et les points de surveillance des eaux de toute nature (brutes, distribuées, usées...).

Un code pour identifier et référencer de manière fiable et pérenne

Un code composé d'un préfixe suivi de 2 lettres et 3 chiffres identifie chaque point d'eau (fig. 3).

Il est affecté à vie à l'ouvrage même si ce dernier est abandonné et constitue la référence qui doit être utilisée par tous les acteurs pour communiquer.

Un référentiel pour une collaboration des institutions et une connaissance partagée

En ayant retenu le principe d'un code unique affecté à chaque point d'eau, le prérequis à une gestion partagée est engagé. En offrant des droits de saisie par domaine métier via une application dédiée, les différents acteurs du pays (environnement, équipement, santé et hygiène, acteurs locaux du monde communal, affaires maritimes, etc.) contribuent à la connaissance du territoire dans une démarche collaborative et profitable à tous.



Fig. 4 : exemple de fiche relative à un point d'eau consultable par le public



Puits situé au droit du motu de la Vigne à Rangiroa (PE-AF316)



Forage utilisé pour l'alimentation en eau potable à Moorea (PE-AF553)



Zone de baignade située à Tahiti (PE-AB043)

Fig. 3: exemples d'ouvrages ou de sites recensés dans le référentiel des points d'eau

► Une fiche de consultation publique en temps réel

Couplées à une diffusion cartographique par service, les données sont facilement intégrées au portail Te Fenua et deviennent consultables par le public (élus, bureaux d'études, citoyens, scolaires...) (fig. 4).

Une consultation des fiches via des dispositifs mobiles est également possible (fig. 4).





PROGRAMME D'ACTIONS POUR LA GESTION & L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE

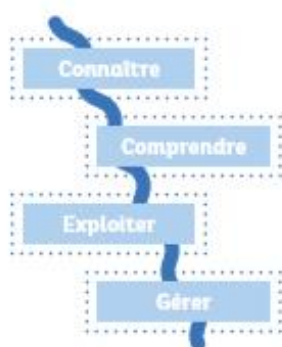


► BILAN DES ACTIONS MENÉES DANS LE CADRE DE **L'AXE 3**

Imaginées sous forme de prestations « à la carte », les missions d'assistance technique et réglementaire prévues dans le cadre de l'**axe 3** du programme devaient permettre de répondre aux besoins de la Polynésie française tout en s'inscrivant dans une logique de gestion intégrée et à long terme des ressources en eau (fig. 1).

Au final, 6 opérations ont permis d'orienter les investigations du programme et de définir les bases d'une gestion quantitative et qualitative de la ressource en proposant une révision de la procédure de déclaration des ouvrages de prélèvement, en identifiant des ouvrages pouvant constituer des réseaux de suivi ou en proposant un nouveau système de redevance pour prélèvement.

À l'exception des sessions de formation à l'hydrogéologie et des opérations de communication qui ont également été menées dans le cadre de cet axe, toutes les interventions ont fait l'objet d'un rapport référencé dans <http://infoterre.brgm.fr/>.



Contenu de l'AXE 3 du programme

- **Missions d'assistance technique :** interventions à la demande, appui à la rédaction de cahiers des charges, définition de zones d'intérêt pour la recherche de nouvelles ressources, organisation de formations, réalisation de guides méthodologiques...
- **Missions d'assistance réglementaire :** réflexions sur de nouvelles réglementations, sur la taxe d'exhaure, sur la coordination technique des acteurs de la gestion des eaux souterraines...

Fig. 1 : principe du Programme d'actions pour la gestion et l'exploitation des eaux souterraines de la Polynésie française et contenu de l'axe 3

L'enquête téléphonique menée auprès des 48 communes de la Polynésie et visant à identifier les problèmes quantitatifs et qualitatifs auxquels elles font face, a permis au MCE et à la DIREN d'établir la liste des îles devant faire l'objet d'une phase d'inventaire des données. Le Conseil des ministres a ainsi pu valider une liste de 8 îles le 21 décembre 2016, marquant ainsi le démarrage des investigations de terrain.

L'enquête a également permis de recenser plus de 300 captages d'eau douce et de connaître notamment leur répartition selon leur nature (fig. 2) ou leur localisation au sein des différents archipels.

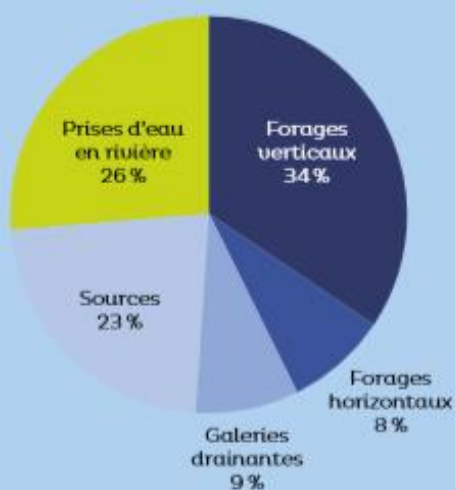


Fig. 2 : répartition des captages d'eau douce en fonction de leur nature en Polynésie française (d'après le rapport BRGM/RP-66323-FR)

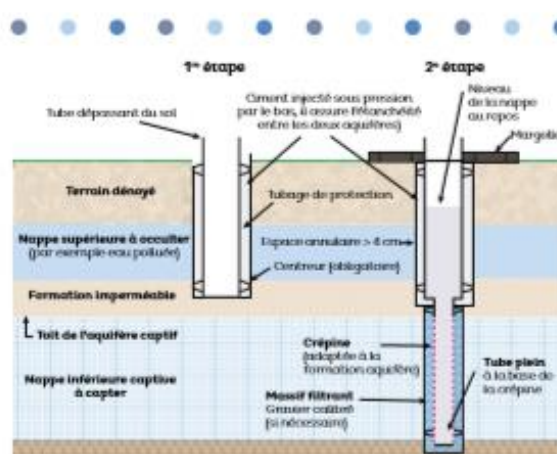


Fig. 3 : recommandations pour l'équipement des forages recoupant plusieurs nappes (d'après le rapport BRGM/RP-69372-FR)

A la demande du GEGDP et parallèlement au travail de révision de la procédure d'occupation du domaine public fluvial (DPF), un travail de **mise à plat de la procédure de déclaration des ouvrages de prélèvement** a été entrepris.

Il a abouti à la création d'une fiche de déclaration préalable à la création des captages d'eau superficielle ou d'eau souterraine et d'un rapport type de fin de travaux que les porteurs de projet devront fournir lors de leur demande d'Autorisation d'Occupation Temporaire (AOT) du domaine public.

En complément de ces 2 premiers documents, le BRGM a établi une fiche destinée au contrôle des ouvrages sur le terrain et compilé des éléments sur les bonnes pratiques en matière de captage d'eau souterraine auxquels l'administration pourra se référer lors de l'instruction des dossiers (fig. 3).

La mise en place d'un réseau piézométrique et d'un réseau qualité constitue une des pistes prioritaires identifiées dans le cadre de la politique de l'eau. Elle correspond aussi à une attente des organismes impliqués dans la gestion des ressources afin de pouvoir disposer de données de référence.

Ces données permettront, d'une part, de mieux connaître le fonctionnement des aquifères et, d'autre part, de suivre une éventuelle dégradation de la qualité de l'eau en lien avec l'activité anthropique ou la progression du biseau salé. À moyen terme, ces données permettront aussi d'initier des études basées sur la modélisation.

C'est dans ce cadre que le BRGM a identifié 16 piézomètres et 12 qualimètres qui pourront constituer ces réseaux (fig.4), organisé une campagne de prélèvements, créé des fiches signalétiques et préparé des conventions en vue de pérenniser l'accès aux ouvrages.



Fig. 4 : source située à Vairao et piézomètre situé à Punaauia retenus pour les réseaux qualité et quantité (d'après le rapport BRGM/RP-68355-FR)

Parmi les actions concernant le volet d'assistance réglementaire, la «taxe d'exhaure» applicable en Polynésie française a été jugée comme sujet prioritaire par la vice-présidence du pays.

Il s'agit aussi d'un sujet de préoccupation pour la DAF qui est chargée de la collecter ou pour d'autres organismes impliqués dans la gestion de l'eau comme la DIREN ou le GEGDP.

Le BRGM a donc dressé un diagnostic précis de la situation actuelle et proposé de nouvelles modalités de calcul basées sur différents scénarios en concertation avec les différents acteurs (fig.5).

Pour un volume global prélevé de 68 Mm³ dont 83% sont destinés à l'AEP, les recettes s'échelonnent entre 77 et 924 M XPF.

Un scénario dit «intermédiaire» permet d'aboutir à une recette de 114 M XPF, montant qui peut être comparé aux recettes actuelles (13,6 M XPF) ainsi qu'aux recettes fiscales du pays (130 milliards XPF en 2017).

Scénarios AEP		Hypothèses des taux de redevance	
		TF _{AEP} (XPF/ouvrage)	TP _{AEP} (XPF/m ³)
S1-AEP	Base	10 000	1,3,5 et 10
S2-AEP (ESO vs ESU)	ESO	20 000	5
	ESU	10 000	3
S3-AEP (avec zonage)	IdV	15 000	5
	ISLV		3
	Autres		1
S4-AEP	IdV	ESO	20 000
		ESU	10 000
	ISVL	ESO	20 000
		ESU	10 000
	Autres	ESO	20 000
		ESU	10 000

Fig. 5 : scénarios retenus pour l'usage AEP (d'après le rapport BRGM/RP-69636-FR)
ESO : eaux souterraines – ESU : eaux superficielles



Fig. 6 : présentations en salle (gauche) et visite des installations de captage de la Fautau (droite) lors des sessions de formation à l'hydrogéologie

En complément de ces opérations, l'organisation de **2 sessions de formation à l'hydrogéologie** a permis de sensibiliser 53 agents des communes ou du pays à l'hydrogéologie appliquée. Les sessions se sont déroulées du 26 février au 2 mars et du 28 au 31 mai 2018.

Chacune d'entre elles a comporté des présentations en salle ainsi qu'une sortie de terrain (fig. 6). Les stagiaires ont ainsi pu découvrir les installations de captage de la vallée de la Fautau et un chantier de forage ou de mise en place d'une galerie drainante sur la commune de Paëa.

De façon globale, ces sessions de formation ont été très bien perçues (98 % de personnes satisfaites) et des perspectives d'applications pratiques existent pour une grande partie des stagiaires.

Des supports de communication ont enfin été créés pour valoriser les résultats du programme. Au total, 9 plaquettes, 1 portfolio et 7 roll-ups ont été établis en collaboration avec l'agence de communication Exotic Gardens. Ils serviront de supports aux restitutions orales finales du projet.

Un film de 26 minutes a également été réalisé pour donner un aperçu plus concret des investigations réalisées et permettre aux élus et aux agents communaux de s'exprimer au sujet des résultats obtenus.

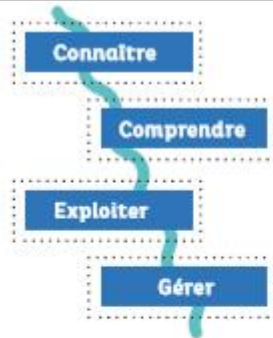
Dans ce support, la DIREN dresse en dernier lieu le bilan du programme et évoque les nouveaux projets qu'elle compte mettre en œuvre pour mieux appréhender la répartition et le potentiel des eaux souterraines.



DIREN, Cellule Protection des Milieux • www.environnement.pf - ☎ 40 47 66 34

Exotic gardens crédits photos : BRGM





Contenu de l'AXE 4 du programme

- ▶ Caractérisation hydrogéologique d'une île haute : **Moorea**
- ▷ Caractérisation hydrogéologique d'une île mixte : **Ua Pou**
- ▶ Caractérisation hydrogéologique d'un atoll : **Rangiroa**
- ▷ Caractérisation hydrogéologique de 2 bassins-versants de Tahiti : **Papenoo et Punaruu**

Fig. 1 : principe du Programme d'actions pour la gestion et l'exploitation des eaux souterraines de la Polynésie française et contenu de l'axe 4

Sur l'atoll, les besoins en eau sont actuellement satisfaits par la récupération d'eau de pluie (citerne individuelles et communales) ainsi que par les eaux souterraines plus ou moins saumâtres qui sont captées par le biais de puits peu profonds.

Leur disponibilité est variable au sein des motu et la commune a souhaité connaître leur potentiel au droit de 3 secteurs en vue de futurs projets d'aménagement : à l'est du motu de la Vigne, au droit du village d'Avatoru et au droit de la plage communale (fig. 2).



Fig. 3 : exemples d'ouvrages inventoriés à Rangiroa



Fig. 2 : zone de la plage communale sur le motu d'Avatoru

Afin de répondre à ce besoin de connaissance, le BRGM a mis en œuvre une approche pluridisciplinaire qui a notamment comporté un inventaire des puits (près de 150 ouvrages ont ainsi pu être recensés – fig. 3), des opérations de monitoring (fig. 4) et des reconnaissances géophysiques et hydrogéochimiques.

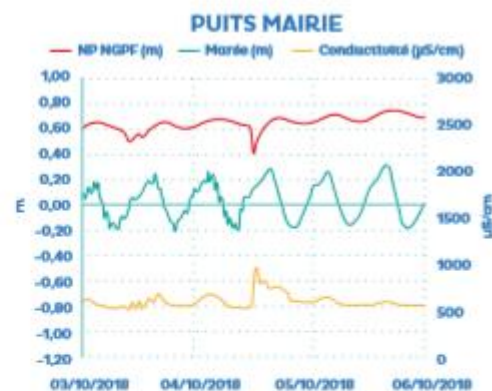


Fig. 4 : évolution du niveau de la nappe (en rouge) et de la conductivité électrique de l'eau (en orange) en fonction des marées (en bleu) au droit de l'ouvrage RGI_001 (maine Avatoru)

Les investigations réalisées dans un contexte de déficit pluviométrique, ont révélé la présence d'eau douce dans les puits du motu de la Vigne et d'eau plus au moins saumâtre à Avatoru et Tiputa (fig. 5).

En l'absence de puits profonds, la base de la nappe d'eau douce n'a pas pu être reconnue sur le motu de la Vigne. À Avatoru et Tiputa, l'eau douce se rencontre surtout dans les secteurs où les motu sont larges et à distance du lagon ou de l'océan.

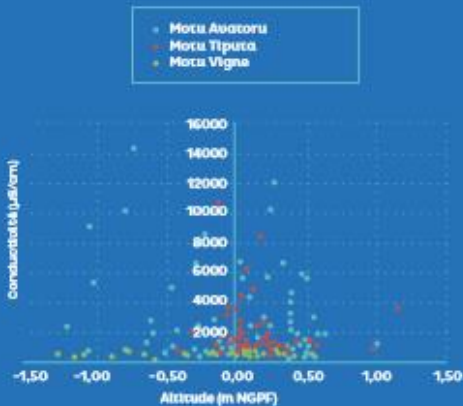


Fig. 5 : répartition des valeurs de conductivité électrique de l'eau en fonction de l'altitude de la mesure

En l'absence de précipitations, il apparaît que les fluctuations de la nappe sont essentiellement liées aux marées et les prélèvements d'eau ne semblent pas avoir d'influence sur son niveau. L'examen des effets de la marée sur la piézométrie suggère également que l'aquifère est captif ou semi-captif. Il serait confiné sous la couche à conglomérats ou « à papa » (fig. 6) sur laquelle les motu se sont développés.



Fig. 6 : couche à conglomérats ou « à papa » interceptée par un puits à Rangiroa

Le modèle hydrogéologique conceptuel établi montre que cette configuration limite fortement sa recharge (moins de 10 % de la pluviométrie totale) et favorise les écoulements vers l'océan ou le lagon, mais lui confère une certaine protection vis-à-vis des activités humaines et des risques de pollutions associés (fig. 7).

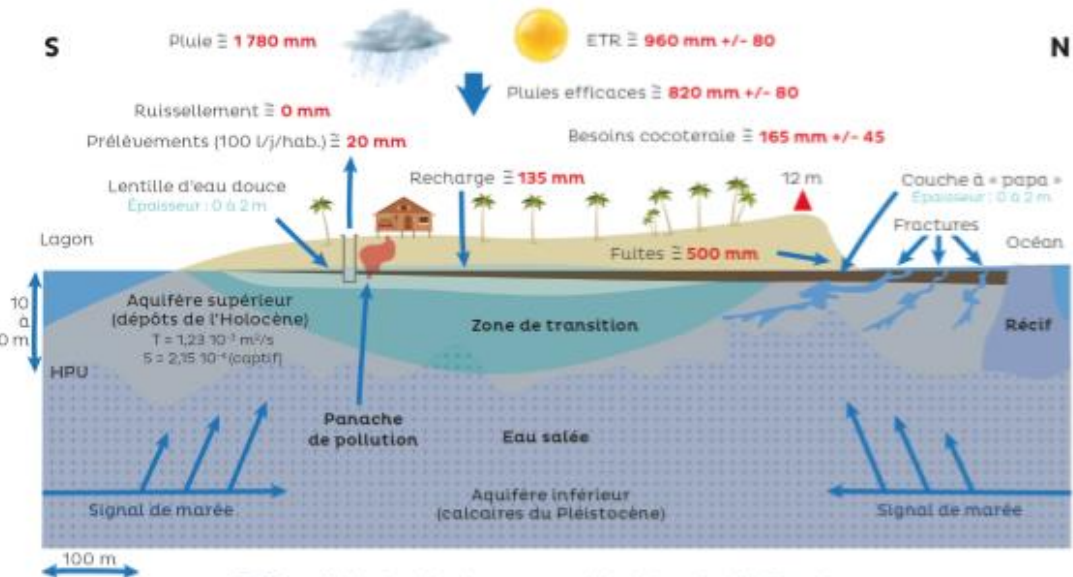


Fig. 7 : modèle hydrogéologique conceptuel établi pour l'atoll de Rangiroa

Bilan/Perspectives

Avec une lentille d'eau douce dont l'épaisseur ne dépasse pas 1 à 2 m au droit des motu d'Avatoru et de Tiputa, l'atoll de Rangiroa fait partie des atolls du Pacifique où la lentille est le moins développée (fig. 8).



Fig. 8 : épaisseur maximale de la lentille d'eau douce en fonction de la largeur de l'île (d'après Bailey et al., 2009)

Au droit du village d'Avatoru, la mobilisation d'eau douce est possible mais la sollicitation d'eaux minéralisées peut être rapide. Dans ces conditions, il n'est donc pas recommandé d'envisager une exploitation plus importante que celle actuellement pratiquée par le biais des puits particuliers.

Au droit de la plage communale, l'épaisseur de la tranche d'eau douce au repos a été estimée à environ 1 mètre mais des puits fortement minéralisés ont été recensés à proximité.

Sur ces 2 secteurs, une utilisation accrue de l'eau de pluie ou le recours à la désalinisation devront donc être envisagés si la commune souhaite mettre en place de nouveaux projets nécessitant de gros volumes d'eau potable.

Sur le motu de la Vigne, l'épaisseur de la lentille reste à préciser et la réalisation d'un forage profond (50 m environ) pourrait être envisagée pour, d'une part, mieux reconnaître la structure des formations géologiques en place et, d'autre part, mieux appréhender la géométrie de la lentille d'eau douce et sa dynamique.

DIREN, Cellule Protection des Milieux

WAAU environnement.pf
40 47 66 34

Exotic crédits photos : BRGM





Contenu de l'AXE 4 du programme

- Caractérisation hydrogéologique d'une île haute : **Moorea**
- Caractérisation hydrogéologique d'une île mixte : **Ua Pou**
- Caractérisation hydrogéologique d'un atoll : **Rangiroa**
- Caractérisation hydrogéologique de 2 bassins-versants de Tahiti : **Papenoo** et **Punaruu**

Fig. 1: principe du Programme d'actions pour la gestion et l'exploitation des eaux souterraines de la Polynésie française et contenu de l'axe 4

Pour ce faire, le BRGM a mis en œuvre une approche pluridisciplinaire qui a notamment comporté des reconnaissances géologiques, hydrogéologiques, géophysiques et hydrogéochimiques.

Sur le plan géologique, de nombreux affleurements de laves basaltiques scoriacées correspondant aux laves précoces ont été identifiés dans la vallée.

Après leur mise en place aux alentours de 1,2 Ma, ces empilements semblent avoir connu un ou plusieurs effondrements sectoriels comme en témoignent les coulées de débris, très présentes en rive gauche de la Punaruu (fig. 2).

Les dépôts alluvionnaires anciens situés à plusieurs mètres, voire dizaines de mètres de haut par rapport au cours d'eau actuel, témoignent de leur côté, de l'encassement de la rivière qui se poursuit en raison de l'exploitation intensive des alluvions plus récentes.

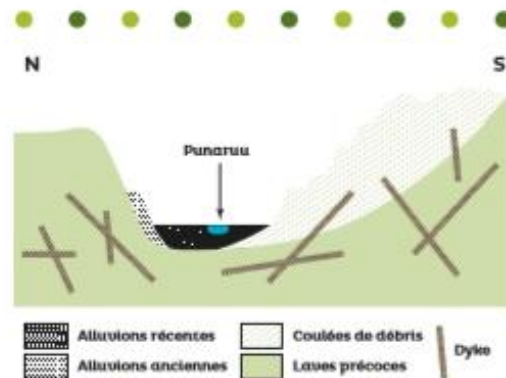


Fig. 2: coupe géologique schématisée de la moyenne vallée de la Punaruu

Les reconnaissances hydrogéologiques ont été effectuées en remontant le cours de la Punaruu jusqu'au captage Te Oropa et le cours de la Vaio-pu, principal affluent de rive droite.

Les mesures physicochimiques effectuées sur une vingtaine de points d'eau ont mis en évidence de faibles minéralisations (conductivités généralement comprises entre 200 et 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (fig. 3) et des pH supérieurs à 7,5.



Fig. 3: conductivités électriques de l'eau mesurées au droit du bassin-versant de la Punaruu (ESU = eau superficielle, ESO = eau souterraine)



La réinterprétation des données de pompages d'essai disponibles a permis de préciser les caractéristiques hydrodynamiques des 4 nappes qui sont sollicitées au droit de la zone industrielle ainsi que des alluvions anciennes interceptées par le forage de Tahiti Agrégats. La nappe alluviale Intermédiaire (NAI) sollicitée par les 2 forages d'EDT serait ainsi la plus transmissive (fig. 4).

De façon complémentaire, la réalisation de 2 tomographies électriques a permis de préciser l'agencement des formations géologiques en amont de la zone industrielle.

Le profil PUP1 réalisé dans la moyenne vallée a notamment mis en évidence la présence de formations résistantes interprétées comme les basaltes sains à une profondeur d'environ 100 m de part et d'autre du cours d'eau (fig. 5). En limite de la zone industrielle, ces formations se situeraient aux alentours de 60 m de profondeur.

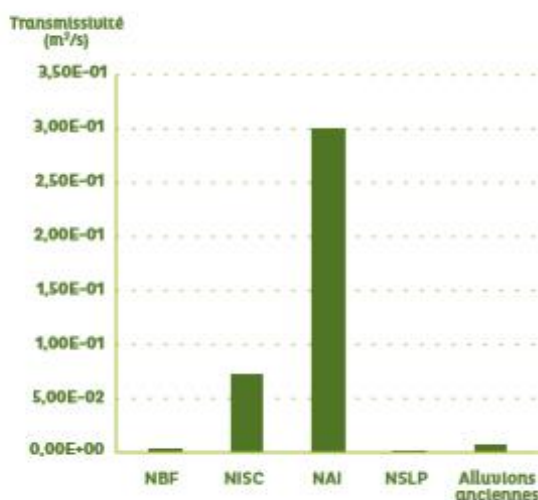


Fig. 4 : comparaison de la transmissivité des nappes présentes au droit de la zone industrielle

NBF = Nappe Basale Fracturée sollicitée par F3 et F2 de la Brasserie de Tahiti

NISC = Nappe Inférieure Semi-Captive sollicitée par F1

NAI = Nappe Alluviale Intermédiaire sollicitée par les 2 forages d'EDT

NSLP = Nappe Supérieure Libre Périodique

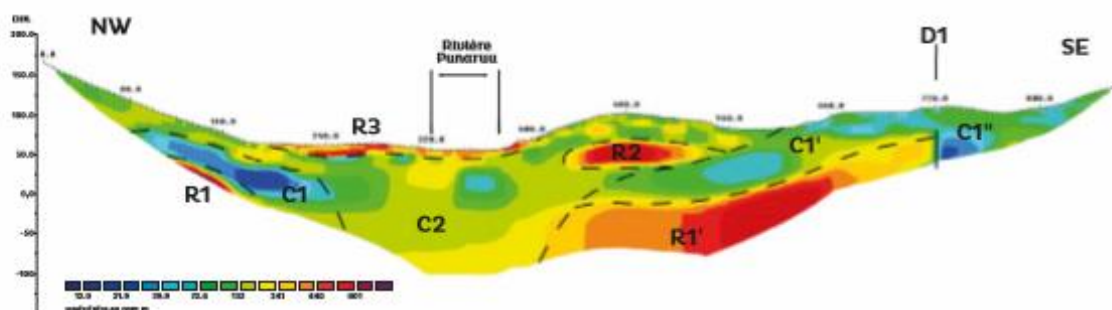


Fig. 5: coupe de résistivité obtenue au droit du profil PUP1

R1 et R1' = basaltes sains du bouclier principal, C1, C1' et C1'' = basaltes altérés, C2 = possible coulée de débris, R2 = panneau de roche entraîné par la coulée, R3 = dépôts alluvionnaires

Le modèle hydrogéologique conceptuel établi pour le bassin versant (fig. 6) montre que ces formations sont alimentées par les eaux infiltrées à haute altitude. Il précise également les termes du bilan hydrologique avec une infiltration qui ne représenterait que 240 mm/an (soit moins de 10 % des précipitations annuelles).

En aval, le léger phénomène d'intrusion saline mis en évidence sur le forage de Vaioapu et la contamination des eaux souterraines par des CFC et du SF₆ détectée lors d'une tentative de datation des eaux (fig. 7) constituent les 2 problèmes qualitatifs majeurs. Cette dernière pourrait provenir des dépôts plus ou moins contrôlés qui jalonnent la vallée et/ou de l'activité industrielle.



Fig. 7: prélèvements en vue du dosage des CFC et du SF₆ et de la datation des eaux

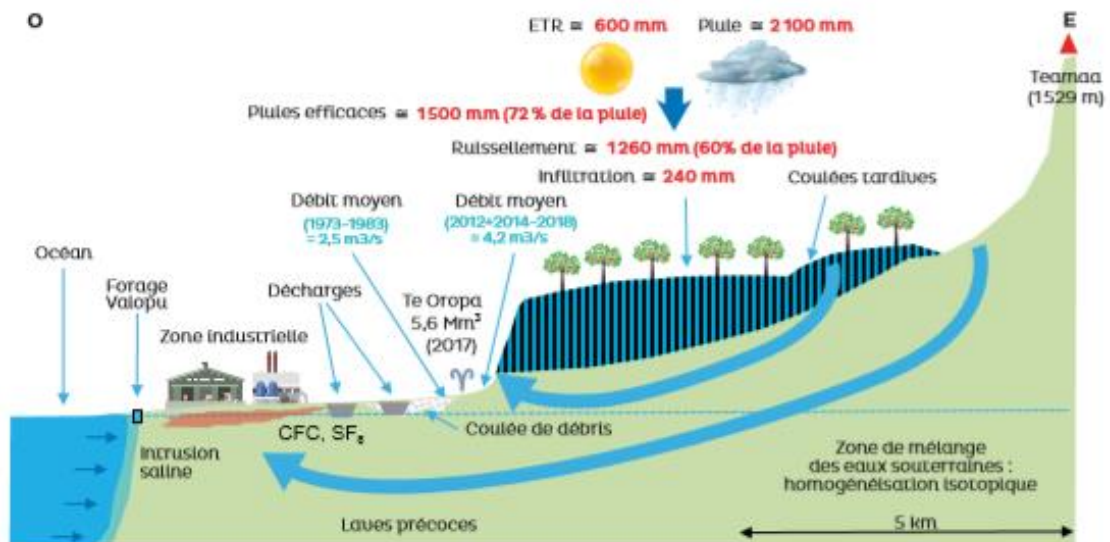


Fig. 6: modèle hydrogéologique conceptuel établi pour le bassin-versant de la Punaruu

✖ Bilan/Perspectives

En amont de la zone industrielle, les alluvions représentent un aquifère peu épais et vulnérable, les horizons associés aux coulées de débris peuvent être imperméables et les basaltes du bouclier initial présentent une épaisse frange altérée.

Dans ces conditions, les basaltes sains sous-jacents représentent la cible à privilégier pour la recherche de nouvelles ressources en eau. Leur toit a pu être reconnu entre 60 et 100 m de profondeur.

La création d'un nouvel ouvrage est donc envisageable dans ce secteur. Les prélèvements devront toutefois être définis en tenant compte du volume annuel infiltré sur le bassin-versant et estimé à 11 millions de m³ et des besoins de la Brasserie de Tahiti qui sollicite le même réservoir par le biais des forages F2 et F3.

DIREN, Cellule Protection des Milieux © www.environnement.pr - ☎ 40 47 66 34

Exterrographes crédits photos : BRGM



PROGRAMME D'ACTIONS POUR LA GESTION & L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE

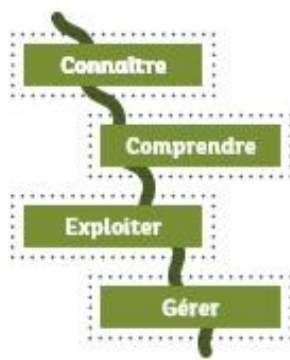


► BILAN DES ACTIONS MENÉES SUR LE BASSIN-VERSANT DE LA **PAPENOO** À TAHITI

Avec une superficie de 90 km², le **bassin-versant de la Papenoo** est le plus étendu de Tahiti. Délimité par les plus hauts sommets de l'île et soumis à de très fortes précipitations (de 3 500 à plus de 10 000 mm par an), il est parcouru par un réseau hydrographique dense.

Ce bassin-versant concentre d'importants enjeux et sera doté à court terme d'un schéma directeur de rivières. Il fournit en effet 30 % de l'hydroélectricité produite sur l'île de Tahiti et de nouveaux aménagements récréatifs pourraient être créés à court terme dans la haute vallée. Au débouché de la Vaiputoa dans la moyenne vallée, une zone a également été réservée pour le captage de nouvelles ressources en eau.

Afin de connaître le potentiel hydrogéologique de ces deux secteurs, le bassin-versant a été retenu pour faire l'objet d'une étude détaillée dans le cadre de l'axe 4 du Programme d'actions pour la gestion et l'exploitation des eaux souterraines de la Polynésie française (fig. 1).



Contenu de l'AXE 4 du programme

- Caractérisation hydrogéologique d'une île haute : **Moorea**
- Caractérisation hydrogéologique d'une île mixte : **Ua Pou**
- Caractérisation hydrogéologique d'un atoll : **Rangiroa**
- Caractérisation hydrogéologique de 2 bassins-versants de Tahiti : **Papenoo** et **Punaruu**

Fig. 1: principe du Programme d'actions pour la gestion et l'exploitation des eaux souterraines de la Polynésie française et contenu de l'axe 4

Pour ce faire, le BRGM a mis en œuvre une approche pluridisciplinaire qui a notamment comporté des reconnaissances géologiques, hydrogéologiques, géophysiques et hydrogéochimiques.

Sur le plan géologique, la haute vallée correspond à une zone complexe où coexistent les andésites et les laves basaltiques du soubassement, les coulées de débris issues de leur démantèlement et des laves basaltiques plus récentes (fig. 2).

Dans le secteur de la Vaiputoa, ces dernières formations sont plus développées et les alluvions reposent directement sur les coulées de débris (fig. 2).

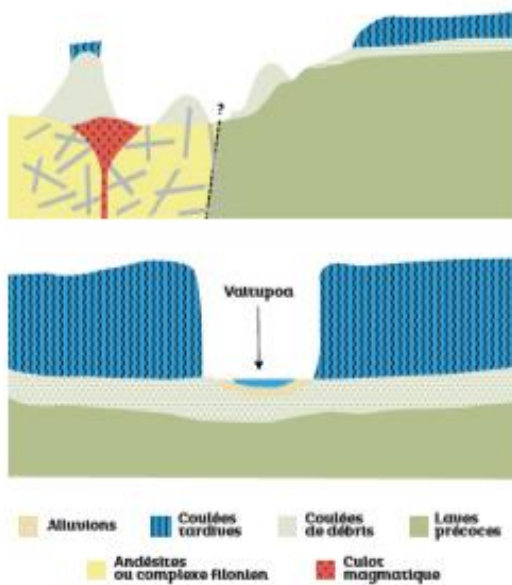


Fig. 2: coupes géologiques schématisiques de la haute vallée (en haut) et du débouché de la Vaiputoa (en bas)



Fig. 3: source située à l'aval du barrage Tahinu dans la haute vallée de la Papenoo

Sur le plan hydrogéologique, des mesures physico-chimiques ont été réalisées sur près de 70 points d'eau. De façon globale, la minéralisation des eaux superficielles et souterraines est faible (conductivité $< 200 \mu\text{S}/\text{cm}$) et le pH est supérieur à 7.

Des conductivités supérieures à $600 \mu\text{S}/\text{cm}$ et des pH compris entre 5 et 5,5 ont néanmoins pu être mesurés sur des sources situées à proximité du culot magmatique. Des remontées gazeuses et des dépôts orange ont également été notés au droit de ces émergences (fig. 3).

Au droit de la zone andésitique, la présence de nombreux filons semble donc permettre la remontée de CO_2 . L'acidité qui en résulte pourrait être à l'origine des pH plus bas et des minéralisations plus fortes observés.



De façon complémentaire, la réalisation de 3 tomographies électriques a permis de préciser l'agencement des formations géologiques (fig. 4).

Au niveau de la confluence entre la Vaiputoa et la Papenoo, les alluvions semblent être homogènes sur une puissance d'environ 10 à 15 mètres (fig. 5). Elles représentent la seule cible intéressante car les formations sous-jacentes présentent un caractère altéré ou imperméable.



Fig. 4: mise en place d'un dispositif de tomographie électrique dans la vallée de la Papenoo après layonnage et détail d'une électrode

Dans la haute vallée, les formations détritiques alluviales et colluviales reposent directement sur les formations andésitiques, d'abord sur un horizon altéré dont l'épaisseur peut atteindre 50 m, puis sur les coulées plus saines qui peuvent également constituer une cible intéressante.

Les secteurs investigués peuvent donc receler des ressources en eau souterraine mais leur qualité reste incertaine soit en raison du caractère superficiel et donc vulnérable de l'aquifère (cas de la moyenne vallée), soit en raison des remontées gazeuses qui peuvent conférer un caractère acide aux eaux (cas de la haute vallée).

Au droit de cette dernière zone, les analyses chimiques complètes ont montré qu'un risque de fond géochimique élevé en fer, manganèse et nickel existait également.

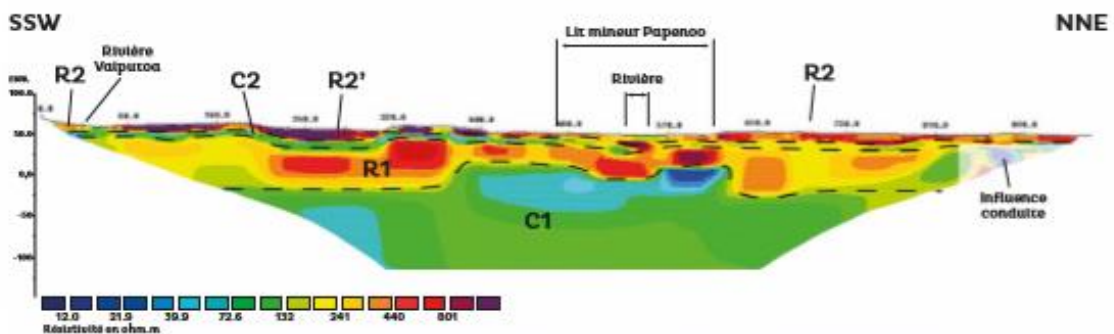


Fig. 5: coupe de résistivité obtenue au droit du profil PAP1 (débouché de la Vaiputoa)
C1 = frange supérieure altérée des coulées basaltiques issues de l'épanchement principal,
R1 = coulée de débris ou coulée basaltique plus récente que celle composant C1, C2 = frange altérée des coulées sous-jacentes R1 ou coulée de nature différente, R2 et R2' = dépôts alluvionnaires

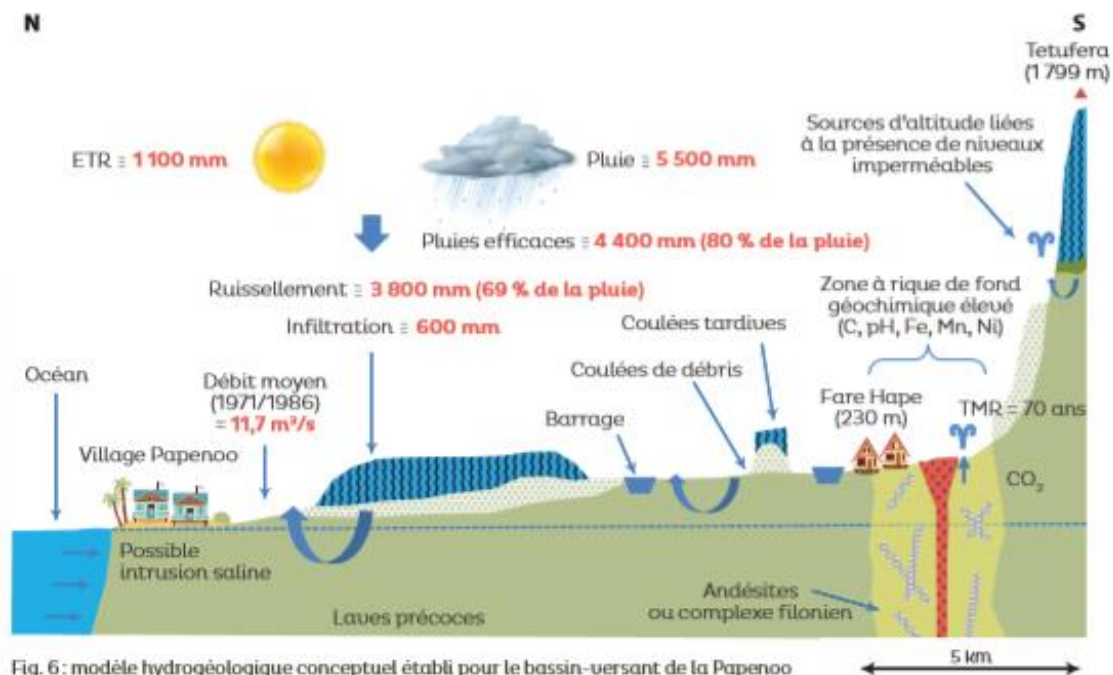


Fig. 6 : modèle hydrogéologique conceptuel établi pour le bassin-versant de la Papanoo

Le modèle hydrogéologique conceptuel établi pour le bassin-versant (fig. 6) mentionne ce risque qui se limite à la haute vallée sur le plan spatial.

Il précise également les termes du bilan hydrologique avec des pluies efficaces qui atteignent 4 400 mm (soit 80 % de la pluie) et une infiltration qui ne représenterait que 600 mm/an, soit **près de 10 % des précipitations annuelles**.

Dans la haute vallée, des sources d'altitude, émergeant à la faveur de niveaux imperméables, peuvent être repérées sur les flancs des plus hauts sommets. Leur caractère souvent pérenne, atteste des dimensions importantes des aquifères drainés.

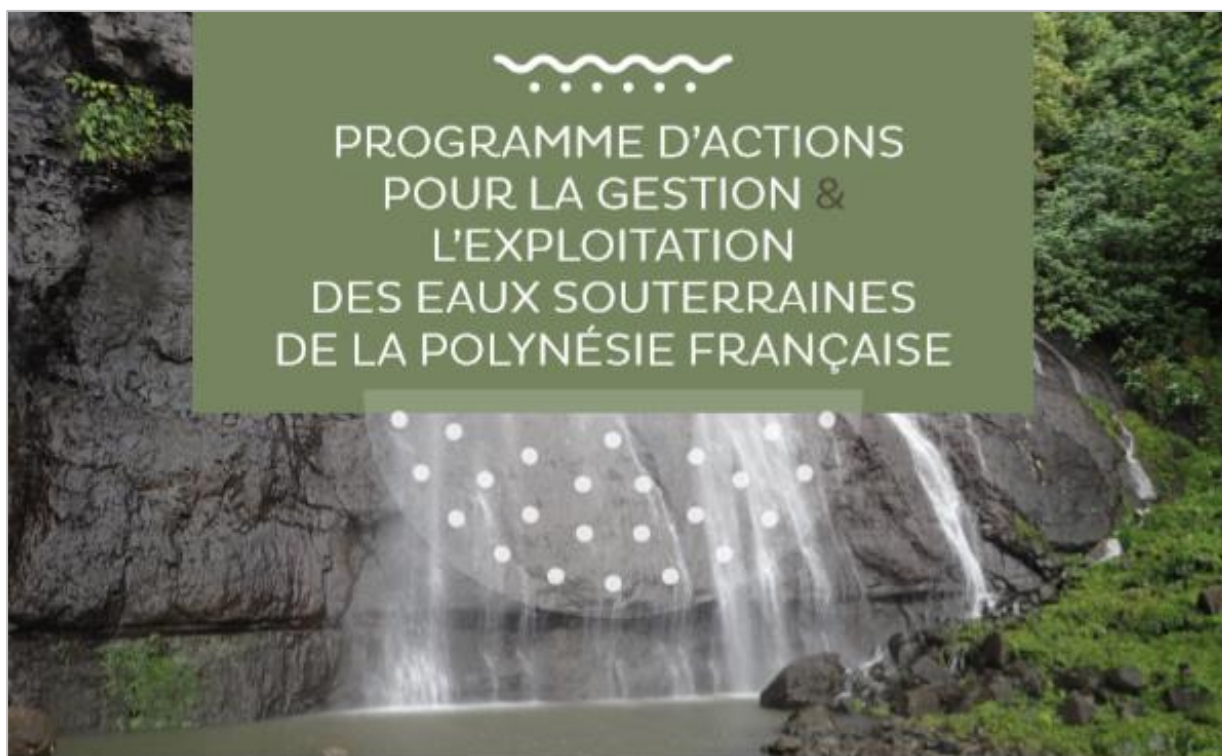
Plus à l'aval, les analyses isotopiques ont montré que la participation des eaux souterraines au débit de la rivière était de plus en plus importante.

Bilan/Perspectives

Compte tenu du caractère très altéré des basaltes précoces et de la nature imperméable des coulées de débris, les andésites de la haute vallée recoupées par de nombreux filons et les alluvions présentes au débouché de la Vaiputoa représentent les deux cibles à privilégier pour la recherche de nouvelles ressources en eau.

Dans la haute vallée, si des reconnaissances opérationnelles sont mises en œuvre, le forage devra être implanté dans la zone andésitique, mais à distance du culot magmatique pour limiter les risques de solliciter une eau dont la qualité ne serait pas compatible avec la production d'eau potable. Le toit des andésites saines devrait être intercepté à une profondeur comprise entre 30 et 65 m.

Dans le secteur de la Vaiputoa (moyenne vallée), la réalisation d'un forage d'une profondeur maximale de 20 à 25 m devrait permettre de reconnaître le potentiel aquifère des alluvions. Ce dernier devra, si possible, être implanté en rive droite de la Papanoo pour en intercepter une épaisseur maximale.



PROGRAMME D'ACTIONS POUR LA GESTION & L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE



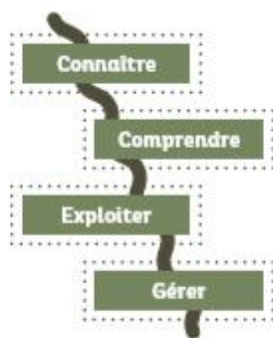
► BILAN DES ACTIONS MENÉES À **MOOREA**

Avec une superficie de 133 km² et une population d'environ 18 000 habitants, **l'île de Moorea** fait face à des problèmes d'approvisionnement en eau potable. La mise en place récente de 2 stations de traitement (Papetoai en 2017 et Haumi en 2019) par la Polynésienne des Eaux a permis d'améliorer la situation mais la partie centrale et le sud de l'île restent deux zones critiques.

Dans le secteur de Paopao, le dernier forage réalisé n'a pas permis d'identifier de ressource exploitable et des problèmes de foncier ont retardé la réalisation des ouvrages prévus à Atiha et Haapiti.

Dans ces conditions et afin de satisfaire aux exigences du CGCT quant à la distribution d'eau potable d'ici fin 2024, la commune a souhaité que de nouvelles recherches d'eau souterraine soient menées dans le secteur d'Afareaitu.

Cette zone a ainsi été retenue pour faire l'objet d'une étude détaillée dans le cadre de l'axe 4 du Programme d'actions pour la gestion et l'exploitation des eaux souterraines de la Polynésie française (fig. 1).



Contenu de l'AXE 4 du programme

- Caractérisation hydrogéologique d'une île haute : **Moorea**
- Caractérisation hydrogéologique d'une île mixte : **Ua Pou**
- Caractérisation hydrogéologique d'un atoll : **Rangiroa**
- Caractérisation hydrogéologique de 2 bassins-versants de Tahiti : **Papenoo et Punaruu**

Fig. 1 : principe du Programme d'actions pour la gestion et l'exploitation des eaux souterraines de la Polynésie française et contenu de l'axe 4

Pour ce faire, le BRGM a mis en œuvre une approche pluridisciplinaire qui a notamment comporté des reconnaissances géologiques, hydrogéologiques, géophysiques et hydrogéochimiques.

Sur le plan géologique, la zone investiguée est constituée d'un plateau basaltique et de 2 vallées dans lesquelles les brèches sous-jacentes affleurent (fig. 2 et fig. 3). Les basaltes sont généralement fracturés et vacuolaires et les brèches peuvent également contenir des niveaux propices aux circulations d'eau souterraine.



Fig. 3 : plateau basaltique situé en amont d'Afareaitu (haut) et série volcano-sédimentaire sous-jacente (bas)

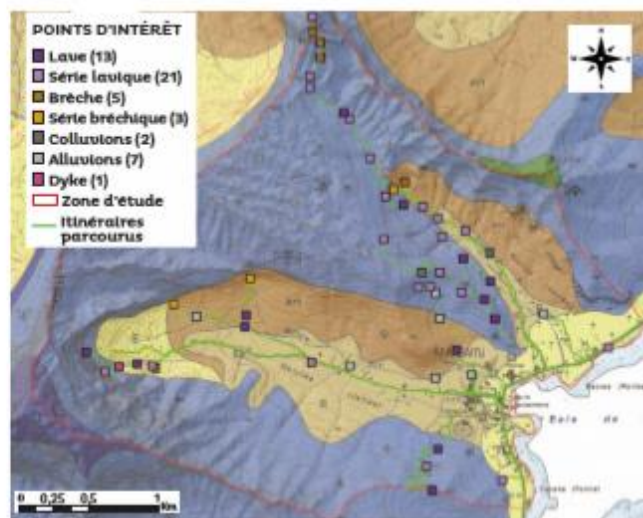


Fig. 2 : points d'intérêt géologique identifiés dans le secteur d'Afareaitu

La carte d'indice de développement et de persistance des réseaux (IDPR) de Moorea établie en comparant le réseau hydrographique théorique et le réseau hydrographique réel (fig. 4) montre que le plateau correspond à une zone d'infiltration préférentielle.

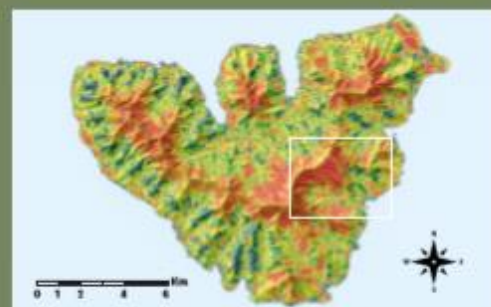


Fig. 4 : IDPR brut calculé pour l'île de Moorea (zones rouges = infiltration prépondérante, zones bleues = ruissellement prépondérant)

Il joue probablement un rôle prépondérant dans l'alimentation des sources que l'on trouve dans le vallon situé en contrebas.

Parmi ces émergences, la source Vaiava est celle qui présente le plus fort débit (environ 5 l/s à l'étiage) (fig. 5). Elle présente également des caractéristiques chimiques qui sont compatibles avec la production d'eau potable. Située sur un terrain privé, elle est actuellement captée pour l'alimentation en eau de quelques riverains.

Les tomographies électriques dans le secteur, et notamment le profil P6, ont permis de préciser les conditions d'émergence de la source (fig. 6).

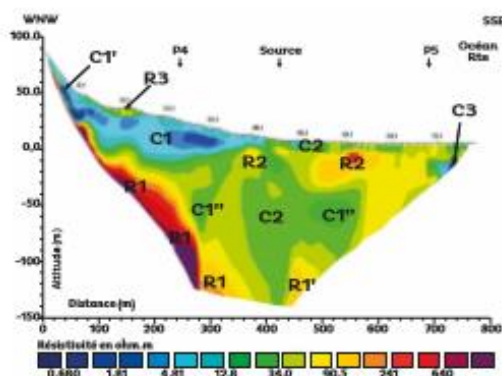


Fig. 6 : coupe de résistivité obtenue au droit du profil P6



Fig. 5 : source Vaiava à Afareaitu

Cette dernière se situe exactement à l'endroit où les formations conductrices C1 et C1' respectivement interprétées comme des formations de remplissage d'une paléovallée et les éboulis à matrice argileuse se biseautent.

Le modèle hydrogéologique conceptuel établi tient compte de cette géométrie de même que des résultats des analyses isotopiques effectuées (fig. 7). Les teneurs appauvries des sources situées à l'aval direct du plateau suggèrent une alimentation par des pluies tombées à haute altitude.

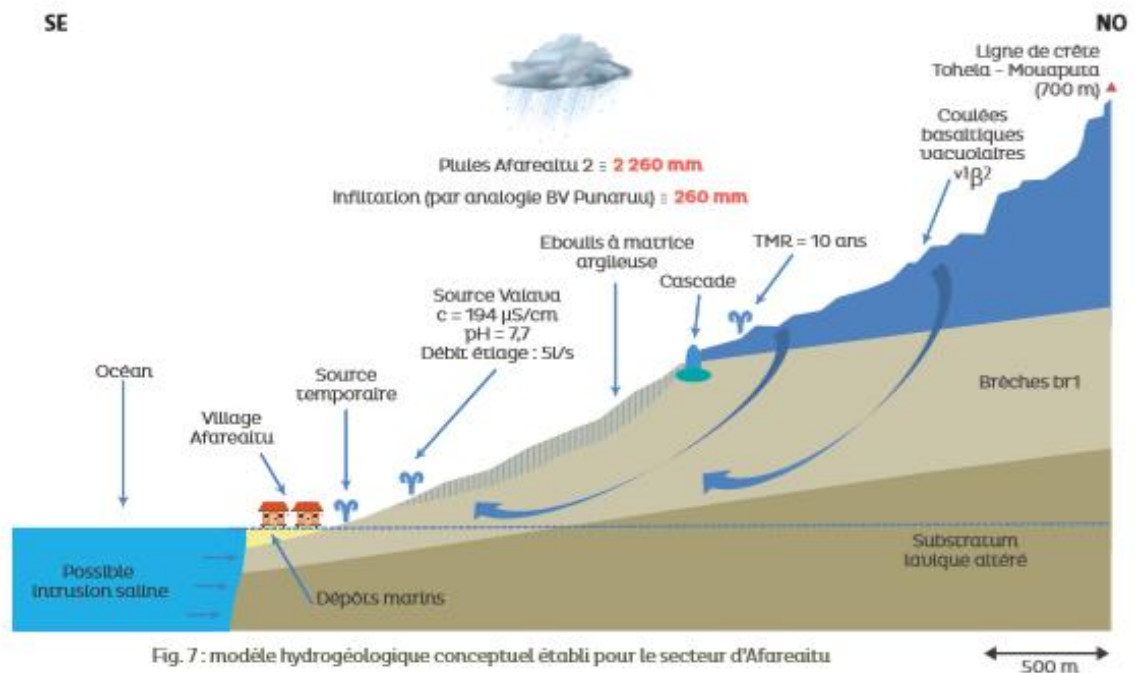


Fig. 7 : modèle hydrogéologique conceptuel établi pour le secteur d'Afareaitu



✕ Bilan/Perspectives

Compte tenu de son débit et de sa qualité, la source Valava pourrait représenter une ressource d'intérêt communal. Sur le plan opérationnel, son captage constitue la solution la plus sûre pour sécuriser l'approvisionnement en eau du secteur d'Afareaitu.

À titre plus exploratoire, la réalisation d'une série de forages au droit des paléovallées mises en évidence par les investigations géophysiques pourrait également être envisagée (Fig. 8). Les résultats restent toutefois aléatoires en raison de la nature potentiellement argileuse des matériaux de remplissage.

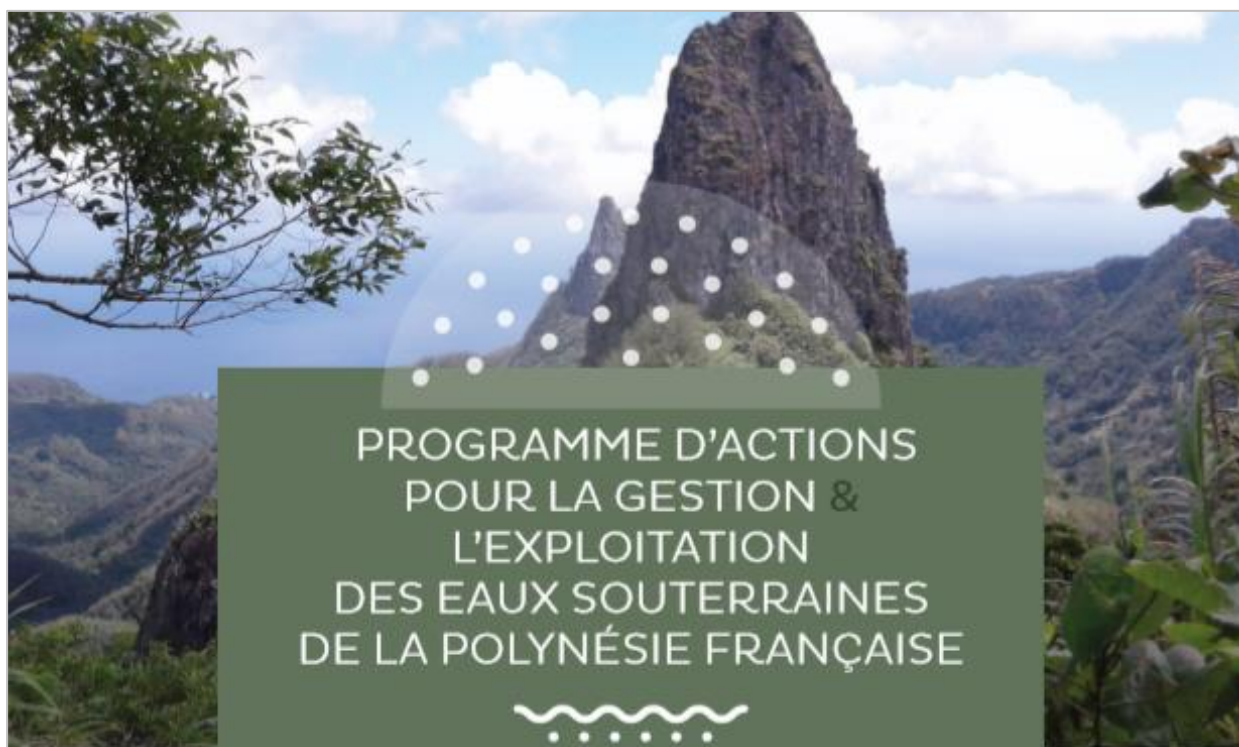


Fig. 8 : tracé des tomographies électriques (en rouge) et des paléovallées supposées (en blanc)

Le recours aux techniques géophysiques aéroportées est enfin recommandé si la commune souhaite s'engager dans des reconnaissances à plus grande échelle. Elles permettent en effet de reconnaître rapidement de grandes surfaces en s'affranchissant des problèmes d'accès et de foncier et d'identifier les secteurs pouvant se caractériser par la présence d'un aquifère significatif.

DIREN, Cellule Protection des Milieux
 ● www.environnement.pf - ☎ 40 47 66 34

Exotic systems crédits photos : BRGM



PROGRAMME D'ACTIONS POUR LA GESTION & L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE

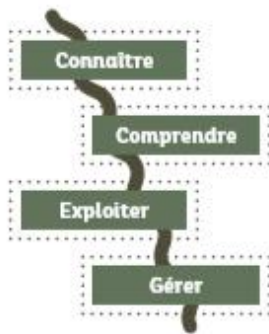


► BILAN DES ACTIONS MENÉES À **UA POU**

Avec une superficie de 105 km², **l'île de Ua Pou** située à 1 350 km au nord-est de Tahiti correspond à la troisième plus grande île de l'archipel des Marquises. Sur l'île, l'alimentation en eau des 2 200 habitants est assurée par 11 captages d'eau superficielle répartis dans les différentes vallées.

Pour satisfaire aux exigences du CGCT quant à la distribution d'eau potable d'ici fin 2024, la commune est en train de mettre en place des dispositifs de traitement. Elle souhaite également sécuriser son approvisionnement en eau car les ressources sollicitées sont très sensibles aux conditions climatiques et les besoins peuvent fortement augmenter à l'occasion d'événements particuliers (ex. : festival).

L'île et notamment le secteur situé en amont d'Hakahau, le village principal, ont ainsi été retenus pour faire l'objet d'une étude détaillée dans le cadre de l'axe 4 du Programme d'actions pour la gestion et l'exploitation des eaux souterraines de la Polynésie française (fig. 1).



Contenu de l'**AXE 4** du programme

- Caractérisation hydrogéologique d'une île haute : **Moorea**
- ▷ Caractérisation hydrogéologique d'une île mixte : **Ua Pou**
- Caractérisation hydrogéologique d'un atoll : **Rangiroa**
- ▷ Caractérisation hydrogéologique de 2 bassins-versants de Tahiti : **Papenoo et Punaruu**

Fig. 1 : principe du Programme d'actions pour la gestion et l'exploitation des eaux souterraines de la Polynésie française et contenu de l'axe 4

Pour ce faire, le BRGM a mis en œuvre une approche pluridisciplinaire qui a notamment comporté des reconnaissances géologiques, hydrogéologiques, géophysiques et hydro-géochimiques.

Sur le plan géologique, l'île de Ua Pou se caractérise par une exceptionnelle abondance en phonolites, représentées en vert sur la carte géologique (fig. 2). Ces roches constituent la base de l'empilement volcanique.

On les retrouve également en position sommitale sous forme de coulées et de protrusions, donnant au paysage un aspect très singulier (fig. 3). Ua Pou est également célèbre pour ses phonolites à grenats, très appréciées par les sculpteurs locaux (fig. 4).



Fig. 3 : protrusions phonolitiques

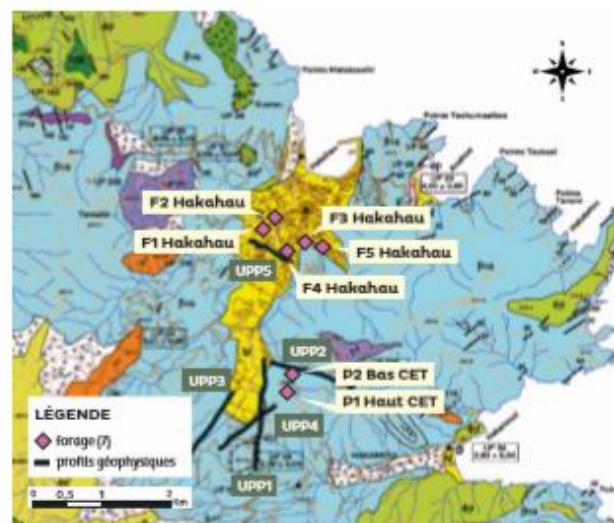


Fig. 2 : extrait de la carte géologique de Ua Pou et implantation des 7 forages

- Les 7 forages de l'île, tous implantés dans la partie nord-est, recoupent les formations basaltiques situées en position intermédiaire et représentées en bleu, de même que les formations alluviales représentées en jaune dont l'épaisseur peut atteindre 30 m (fig.2). À ce jour, aucun n'est utilisé pour l'alimentation en eau potable.



Fig. 4 : phonolite à grenats ou « caillou fleuri »

Sur le plan hydrogéologique, les aquifères d'altitude donnent naissance à des sources. Les cours d'eau faiblement minéralisés qui en résultent sont captés très en amont et permettent d'assurer les besoins en eau de la population. L'aspect laiteux de certains d'entre eux serait lié au lessivage des formations volcaniques altérées, riches en minéraux argileux (fig.5).



Fig. 5 : cours d'eau présentant un aspect laiteux à Ua Pou

Plus en aval, des circulations souterraines semblent également exister car des venues d'eau relativement minéralisées ont été interceptées par les forages P1 et P2 du CET.

Au droit du village, l'aquifère basal captif se caractérise par une faible productivité et une forte minéralisation qui peut compromettre la production d'eau potable.

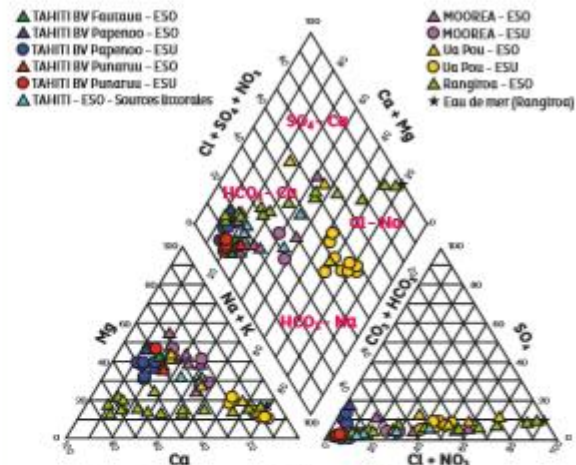


Fig. 6 : diagramme de Piper établi pour comparer les teneurs en ions majeurs (ESU = eaux superficielles, ESO = eaux souterraines)

À ce stade de connaissance, l'enrichissement en sodium des eaux plus marqué qu'à Tahiti ou Moorea (fig.6), peut s'expliquer par le contexte géologique et notamment l'abondance en roches alcalines.

Si l'activité du CET peut avoir une influence sur la qualité des ouvrages P1 et P2, on doit aussi admettre l'existence d'un fond géochimique élevé en sodium, chlorures, sulfates et bore pour expliquer les fortes minéralisations observées sur les sources d'Hakamoui et les forages du village.

En ce qui concerne les investigations géophysiques, les profils UPP2 et UPP3 ont mis en évidence des niveaux conducteurs d'assez grande extension qui pourraient correspondre à des niveaux saturés d'intérêt (fig.2 et fig.7).

De façon complémentaire, le modèle hydrogéologique établi illustre les modalités d'écoulement supposées. Il précise également les temps moyens de résidence (TMR) calculés et les risques de contamination associés aux activités de surface (fig.8).

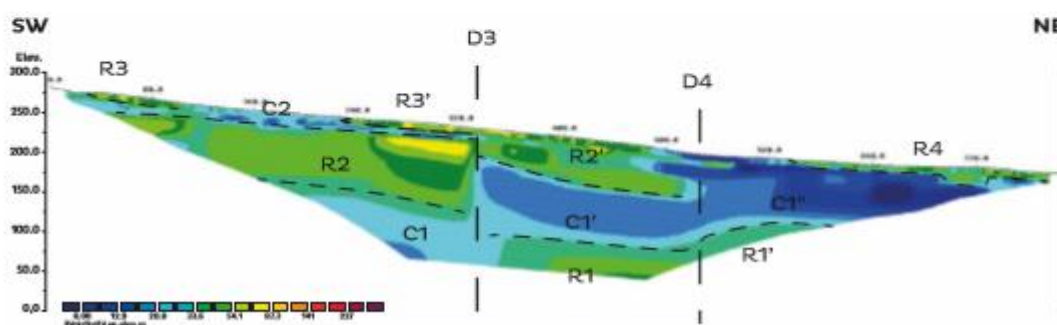


Fig. 7 : coupe de résistivité obtenue au droit du profil UPP3

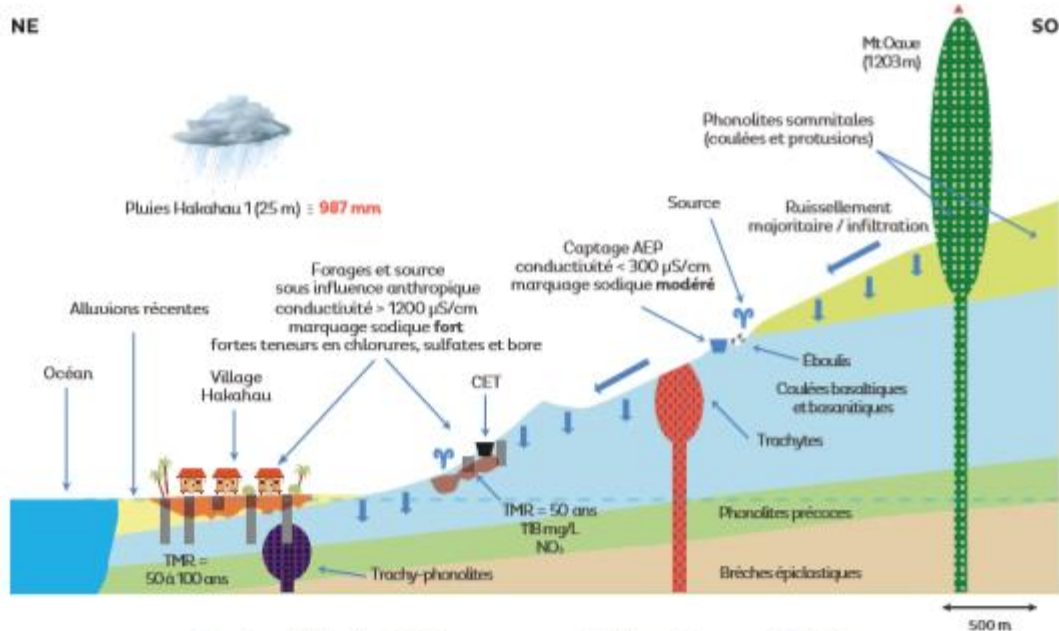


Fig. 8 : modèle hydrogéologique conceptuel établi pour le secteur d'Hakahau

✕ Bilan/Perspectives

Afin de sécuriser l'alimentation en eau potable du secteur d'Hakahau/Hakamoui et de satisfaire les besoins estimés à environ 750 m³/j à l'horizon 2022, la réalisation d'un nouveau forage pourrait être envisagée en amont de la zone alluviale. Si la zone située en aval du CET (UPP2) est à écarter en raison des risques sanitaires, la zone située au nord-est du profil UPP3 pourrait receler des ressources intéressantes à une profondeur inférieure à 50 m.

Une autre alternative consisterait, conformément aux recommandations du SPC-PF formulées dans le schéma directeur AEP de 2007, à mettre en service certains des forages réalisés en 2003 et notamment le forage F3.

Ce dernier se caractérise en effet par un potentiel de production de 2,5 l/s et par une qualité quasi compatible avec la production d'eau potable à l'exception de son pH légèrement trop acide. La présence de nitrates à une concentration de l'ordre de 10 mg/l, témoigne d'un impact anthropique, mais ce taux de contamination reste acceptable.

Dans la perspective d'une telle mise en service, et afin d'appréhender de façon plus fine les mécanismes hydrogéologiques en jeu (réactivité du forage vis-à-vis des précipitations, effets potentiels de la marée...), l'ouvrage pourrait préalablement être instrumenté d'une sonde destinée à suivre en continu les niveaux, la température et la conductivité sur au moins un cycle hydrologique.

Un diagnostic caméra pourrait également être réalisé pour vérifier l'état du tubage et juger de la possibilité d'installer un dispositif d'exhaure.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

BRGM Polynésie
Représenté par la
Direction des Actions Territoriales du BRGM
Orléans