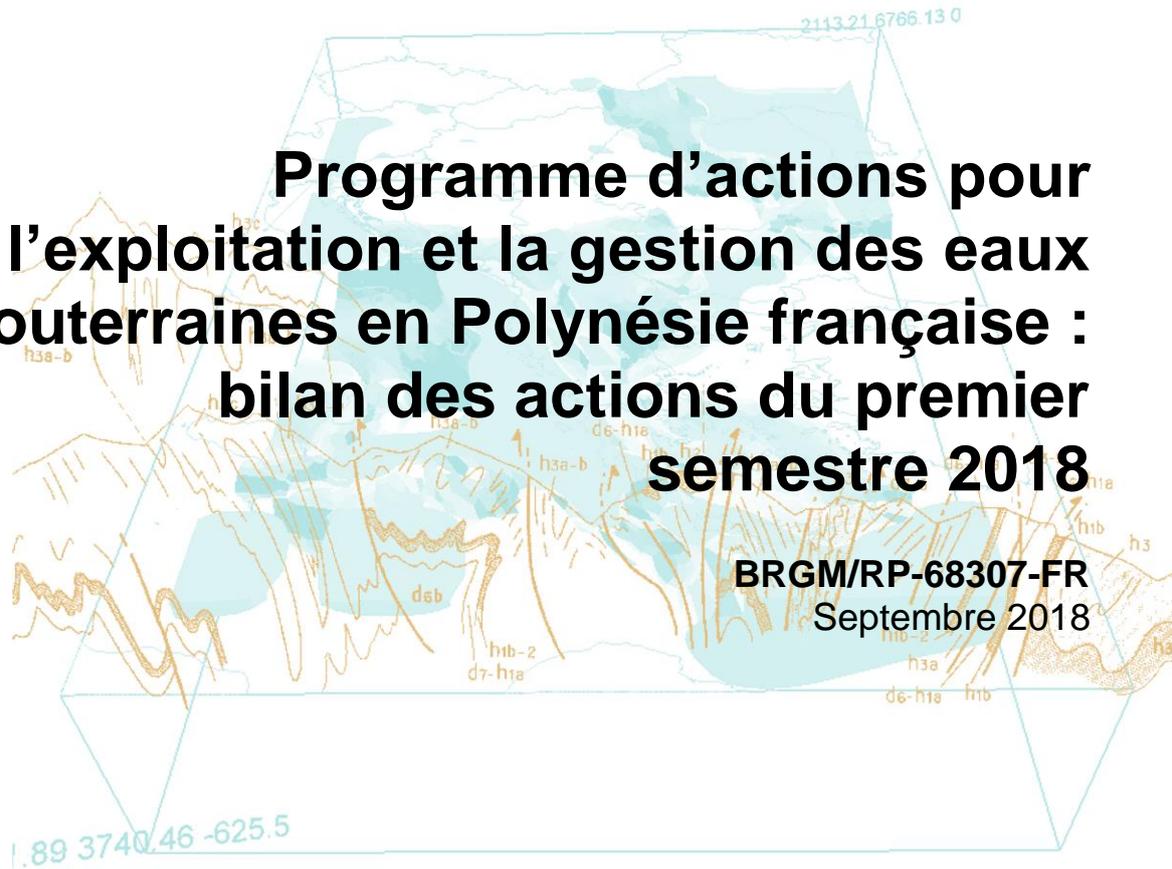




Programme d'actions pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines en Polynésie française : bilan des actions du premier semestre 2018

BRGM/RP-68307-FR
Septembre 2018



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Programme d'actions pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines en Polynésie française : bilan des actions du premier semestre 2018

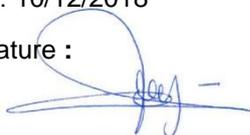
BRGM/RP-68307-FR
Septembre 2018

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

Corbier P.

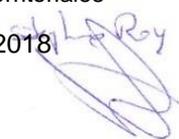
Vérificateur :

Nom : Jean-Marc Mompelat
Fonction : Délégué à l'Outre-Mer
Date : 10/12/2018
Signature :



Approbateur :

Nom : Stéphane Roy
Fonction : Directeur de la Direction
des Actions Territoriales
Date : 18/12/2018
Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.



Polynésie Française



Contrat
de Projets
POLYNÉSIE
FRANÇAISE ETAT
2008-2013



Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots-clés : Actions, Bilan, Eaux souterraines, Exploitation, Géologie, Géophysique, Gestion, Polynésie française, Prélèvements, Prospections

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

Corbier P. (2018) – Programme d'actions pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines en Polynésie française : Bilan des actions du premier semestre 2018. BRGM/RP-68307-FR, 31 p., 29 ill.

Synthèse

Depuis mars 2016, le BRGM met en œuvre le « Programme d'actions pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines de la Polynésie française » pour le compte du Ministère de de la Culture et de l'Environnement polynésien (convention MCE n° 1366).

Ce programme d'une durée de 36 mois et d'un montant de 287 M XPF 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.

Son financement est assuré à hauteur de 80 % par le Pays et de 20 % par le BRGM. Une part du financement de la Polynésie, représentant 50 % du total, est apportée par l'État dans le cadre du Contrat de Projets.

Contractuellement, les règlements se font à l'avancement, sur la base de rapports traitant de points spécifiques ou faisant le bilan des actions menées sur une période donnée.

Le présent rapport synthétise les actions menées au cours du 1^{er} semestre de l'année 2018 et accompagne le 3^{ème} appel de fonds.

Au final, il apparaît que les 6 premiers mois de l'année 2018 ont été consacrés :

- 1) à la finalisation du rapport relatif à la phase d'inventaire des données ;
- 2) à compléter les spécifications du référentiel des points d'eau ;
- 3) à assurer 2 sessions de formation à l'hydrogéologie ;
- 4) à poursuivre et à terminer la campagne de prélèvements et d'analyses sur les futurs points du réseau qualité et à établir les conventions d'accès aux piézomètres et qualitomètres ;
- 5) à mener des reconnaissances géologiques et géophysiques à Tahiti et Ua Pou ;
- 6) à réaliser des diagraphies (gamma-ray + conductivité) à Ua Pou ;
- 7) à réaliser des diagraphies de conductivité à Moorea ;
- 8) à organiser et superviser le nivellement de 126 ouvrages à Rangiroa ;
- 9) à réaliser la carte représentant l'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (IDPR) de Moorea ;
- 10) à préparer les campagnes de prélèvement en identifiant une quinzaine de points par île ou bassin versant et en se dotant du matériel adéquat ;
- 11) à procéder à l'interprétation des profils géophysiques obtenus à Moorea et Rangiroa.

Au cours de cette période, 5 comités de pilotage internes et 1 comité de suivi se sont également tenus et de nombreux échanges concernant la rédaction d'un avenant à la convention MCE n° 1366 pour étendre le délai de réalisation à mars 2020 ont eu lieu entre la DIREN et le BRGM.

Les opérations précédemment mentionnées constituent un préalable aux interventions à venir avec notamment la définition de la typologie des aquifères polynésiens (AXE 1), la mise en place opérationnelle du référentiel des points d'eau et du portail VAITEA (AXE 2), la poursuite des missions d'assistance technique et réglementaire (AXE 3) et la poursuite des études hydrogéologiques détaillées sur Tahiti, Moorea, Ua Pou et Rangiroa (AXE 4).

À fin juin 2018, le taux de facturation correspond à 53,5 %. Par la suite, les opérations réalisées feront l'objet d'une facturation semestrielle, voire plus rapprochée qui devra dans tous les cas être accompagnée des justificatifs adéquats.

Sommaire

1. Introduction	7
2. Actions menées au cours du premier semestre 2018.....	9
2.1. CHRONOLOGIE DES OPÉRATIONS.....	9
2.2. TRAVAUX ET MISSIONS MENÉS DANS LE CADRE DE L'AXE 1.....	10
2.2.1. Rapport BRGM/RP-67128-FR	10
2.3. TRAVAUX ET MISSIONS MENÉS DANS LE CADRE DE L'AXE 2.....	11
2.3.1. Référentiel des points d'eau.....	11
2.4. TRAVAUX ET MISSIONS MENÉS DANS LE CADRE DE L'AXE 3.....	12
2.4.1. Sessions de formation à l'hydrogéologie.....	12
2.4.2. Réseaux : poursuite des analyses et conventionnement.....	15
2.5. TRAVAUX ET MISSIONS MENÉS DANS LE CADRE DE L'AXE 4.....	16
2.5.1. Reconnaissances géologiques et géophysiques à Tahiti et Ua Pou.....	16
2.5.2. Diagraphies à Ua Pou.....	21
2.5.3. Diagraphies de conductivité à Moorea	23
2.5.4. Nivellement des ouvrages à Rangiroa.....	25
2.5.5. Suivi isotopique des pluies.....	26
2.5.6. Carte IDPR à Moorea	27
2.5.7. Préparation des campagnes de prélèvement.....	27
2.5.8. Interprétation des profils géophysiques de Moorea et Rangiroa.....	29
3. Conclusion.....	31

Liste des illustrations

Illustration 1 : Contenu du projet.....	8
Illustration 2 : Chronologie des opérations menées au premier semestre 2018	9
Illustration 3 : Données inventoriées à Huahine	10
Illustration 4 : Architecture envisagée pour le référentiel des points d'eau et modifications à apporter ..	11
Illustration 5 : Visite des installations de captage de la Fautaua en mars 2018 (première session).....	13
Illustration 6 : Visite des installations de captage de la Fautaua en juin 2018 (deuxième session).....	13
Illustration 7 : Ressenti des stagiaires au terme de la première session de formation (sur la base de 17 réponses)	14
Illustration 8 : Ressenti des stagiaires au terme de la seconde session de formation (sur la base de 30 réponses)	14
Illustration 9 : Opérations de pompage sur le forage de la Fautaua	15
Illustration 10 : Localisation et lithologie des points d'intérêt dans la zone « AEP »	17
Illustration 11 : Profil de résistivité obtenu dans la zone « AEP »	17
Illustration 12 : Localisation et lithologie des points d'intérêt dans la zone de Farehape	18
Illustration 13 : Profils de résistivité obtenus dans la zone de Farehape (en haut : P2, en bas : P3).....	18
Illustration 14 : Localisation et lithologie des points d'intérêt dans la vallée de la Punaruu	19
Illustration 15 : Profils de résistivité obtenus dans la vallée de la Punaruu (en haut : P1, en bas : P2)	19
Illustration 16 : Localisation et lithologie des points d'intérêt à Ua Pou	20
Illustration 17 : Profils de résistivité obtenus à Ua Pou (en haut : P1, en bas : P2)	20
Illustration 18 : Profils de résistivité obtenus à Ua Pou (en haut : P3, milieu : P4, en bas : P5)	21
Illustration 19 : Diagraphies menées à Ua Pou sur 4 forages	22
Illustration 20 : Diagraphies menées à Maharepa et Nuuroa	23
Illustration 21 : Diagraphies menées à Pao-Pao	24
Illustration 22 : Nivellement des ouvrages à Rangiroa	25
Illustration 23 : Dispositif de récupération des eaux de pluie (à gauche) et localisation des stations de contrôle sur l'île de Tahiti (à droite).....	26
Illustration 24 : Cartes IDPR de Moorea	27
Illustration 25 : Résultats des premières investigations hydrogéologiques menées à Moorea (secteur d'Áfareaitu).....	28
Illustration 26 : Programme analytique imaginé pour l'île de Moorea	28
Illustration 27 : Flaconnage et modalités de prélèvement des échantillons en vue d'analyses CFC et SF6.....	29
Illustration 28 : Exemple de profil géophysique interprété à Moorea	30
Illustration 29 : Exemple de profil interprété à Rangiroa (motu de la vigne) (la ligne en pointillés noirs représente la limite supposée entre eau douce et eau salée calculée avec la formule de Ghyben-Herzberg)	30

1. Introduction

Le 6 mars 2016, une convention entre la Polynésie française et le BRGM (convention n° 1366 MCE du 3 mars 2016) a été signée pour la mise en œuvre d'un programme d'actions relatif à l'exploitation et à la gestion des eaux souterraines de la Polynésie française.

Ce programme d'une durée de 36 mois et d'un montant de 287 M XPF dont le contenu est précisé sur l'illustration 1 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.

Son financement est assuré à hauteur de 80 % par le Pays et de 20 % par le BRGM. Une part du financement de la Polynésie, représentant 50 % du total, est apportée par l'État dans le cadre du Contrat de Projets.

Contractuellement, les règlements se font à l'avancement, sur la base de rapports traitant de points spécifiques ou faisant le bilan des actions menées sur une période donnée.

Le présent rapport synthétise les actions menées au cours du 1^{er} semestre de l'année 2018 et accompagne le 3^{ème} appel de fonds.

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 du projet.

2. Actions menées au cours du premier semestre 2018

2.1. CHRONOLOGIE DES OPÉRATIONS

L'illustration 2 synthétise de façon chronologique les opérations menées au premier semestre 2018 avec un code couleur permettant d'identifier les axes auxquels elles se rapportent. Il est proposé de détailler ces opérations selon cette distinction dans les paragraphes suivants.

1 ^{er} SEMESTRE 2018			
Semaine	Activité(s)		
1	Congés personnel BRGM		
2	Finalisation rapport BRGM/RP-67128-FR (Inventaire données - AXE 1)		
3	Finalisation rapport BRGM/RP-67128-FR (Inventaire données - AXE 1)		
4	Finalisation rapport BRGM/RP-67128-FR (Inventaire données - AXE 1)		
5	Finalisation rapport BRGM/RP-67128-FR (Inventaire données - AXE 1)	Préparation missions géologiques et géophysiques	
6	Finalisation rapport BRGM/RP-67128-FR (Inventaire données - AXE 1)	Préparation missions géologiques et géophysiques	
7	Reconnaitances géologiques Ua Pou (6 jours/2 personnes)	Début suivi isotopique pluies Ua Pou	
8	Reconnaitances géologiques Papenoo (5 jours/2 personnes)		
9	Reconnaitances géologiques Punaruu (5 jours/2 personnes)	Début suivi isotopique pluies Punaruu	Formation hydrogéologie avec B. Aunay (20 stagiaires)
10	Sondages géophysiques Ua Pou (5 jours/2 personnes + personnel communal)		
11	Sondages géophysiques Ua Pou (5 jours/2 personnes + personnel communal) + Diagraphies		
12	Diagraphies conductivité Moorea (4 jours/2 à 3 personnes)		
13	Sondages géophysiques Papenoo (5 jours/2 personnes + sous-traitant)		
14	Sondages géophysiques Punaruu (4 jours/2 personnes + sous-traitant)	Livraison carte IDPR Moorea	
15	Livraison version définitive rapport BRGM/RP-67128-FR (Inventaire données - AXE 1)		
16		Début suivi isotopique pluies Papenoo	
17	Mission nivellement Rangiroa (4 jours/1 personne)	Début suivi isotopique pluies Rangiroa	
18		Début suivi isotopique pluies Moorea	
19	Congés personnel BRGM		
20	Spécifications points d'eau		
21	Préparation formation hydrogéologie	Conventionnement points réseaux	
22	Formation hydrogéologie avec B. Vittecoq (33 stagiaires)	Conventionnement points réseaux	
23	Préparation campagnes de prélèvements juillet et septembre (75 points)		
24	Préparation campagnes de prélèvements juillet et septembre (75 points)	Prélèvement Fautaua	
25	Modification Annexe 1 convention exécution + Note relative aux évolutions techniques		
26	Mission Orléans	Interprétation profils géophysiques Moorea + Rangiroa	



Illustration 2 : Chronologie des opérations menées au premier semestre 2018.

2.2. TRAVAUX ET MISSIONS MENÉS DANS LE CADRE DE L'AXE 1

2.2.1. Rapport BRGM/RP-67128-FR

Les premières semaines de l'année 2018 ont été consacrées à la finalisation du rapport BRGM/RP-67128-FR relatif à la phase d'inventaire. Pour chaque île ayant fait l'objet d'une mission de terrain, le rapport précise le contexte géographique, le contexte géologique, les dispositifs de mesures dont l'île est équipée, la situation des communes vis-à-vis des problématiques rencontrées, de la tarification de l'eau et des périmètres de protection. Des informations sur le déroulé de la mission et les données inventoriées sont ensuite données en complément d'une cartographie synthétique (cf. illustration 3). Le rapport final a été livré après la phase de vérification et d'approbation le 12 avril 2018.

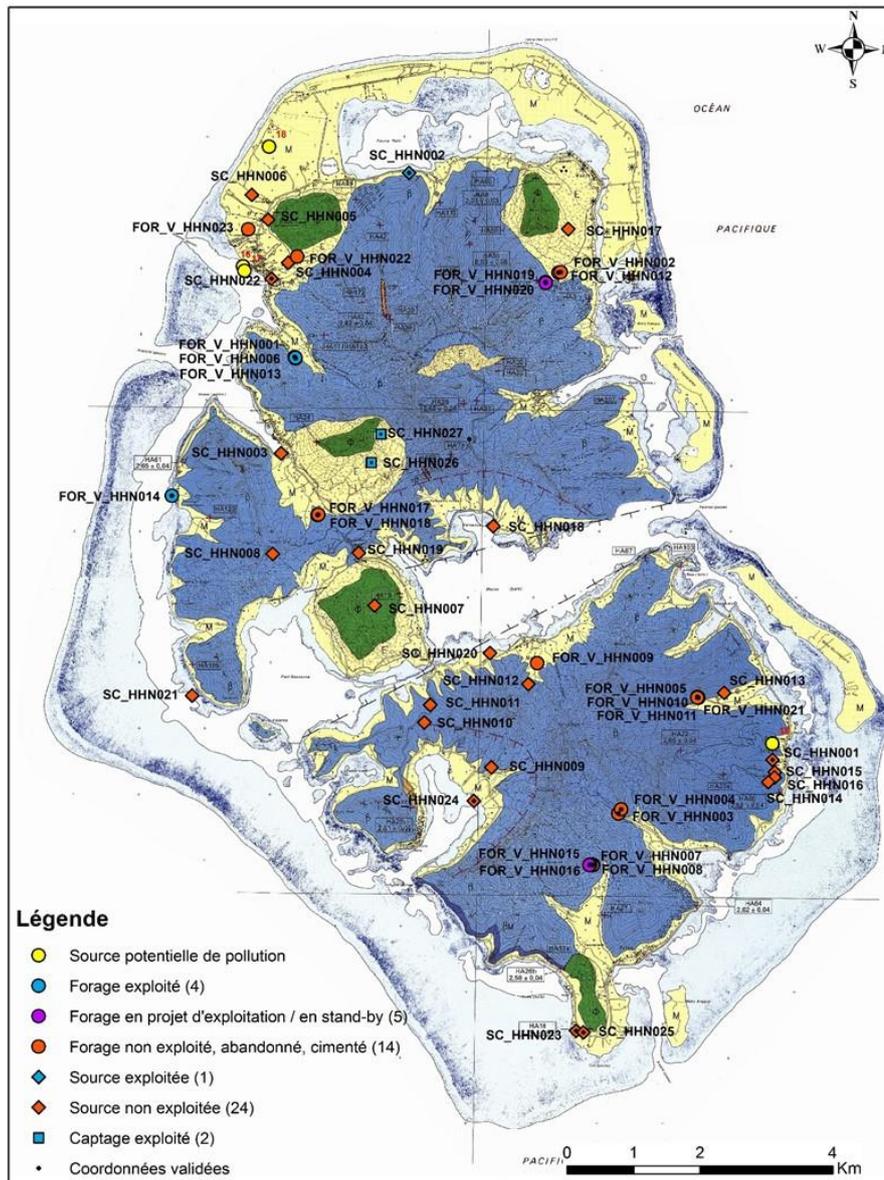


Illustration 3 : Données inventoriées à Huahine.

2.3. TRAVAUX ET MISSIONS MENÉS DANS LE CADRE DE L'AXE 2

2.3.1. Référentiel des points d'eau

Avec l'outil de communication VAITEA, le référentiel des points d'eau constitue l'un des principaux livrables de l'axe 2. Il visera à identifier des points remarquables en relation avec l'eau sous toutes ses formes et à bancariser les données associées. Il constituera également une des premières opérations de bancarisation consécutives à la mise en œuvre de la politique sectorielle de l'eau (PSE) en Polynésie.

Suite à la réunion du 17 mai qui a rassemblé la DIREN, le BRGM, le GEGDP et le CHSP, la DIREN a rédigé le 18 juin une note relative aux spécifications des points d'eau, document attendu par le BRGM (services DISN et D3E) pour mettre en place le référentiel.

Cette note a été traduite en document Powerpoint avec notamment un balisage de toutes les modifications à apporter par rapport à la version initiale de l'architecture imaginée (cf. illustration 4). Ces évolutions et compléments ont été rapportés à l'équipe de projet orléanaise en charge de la mise en place lors de la semaine 26.

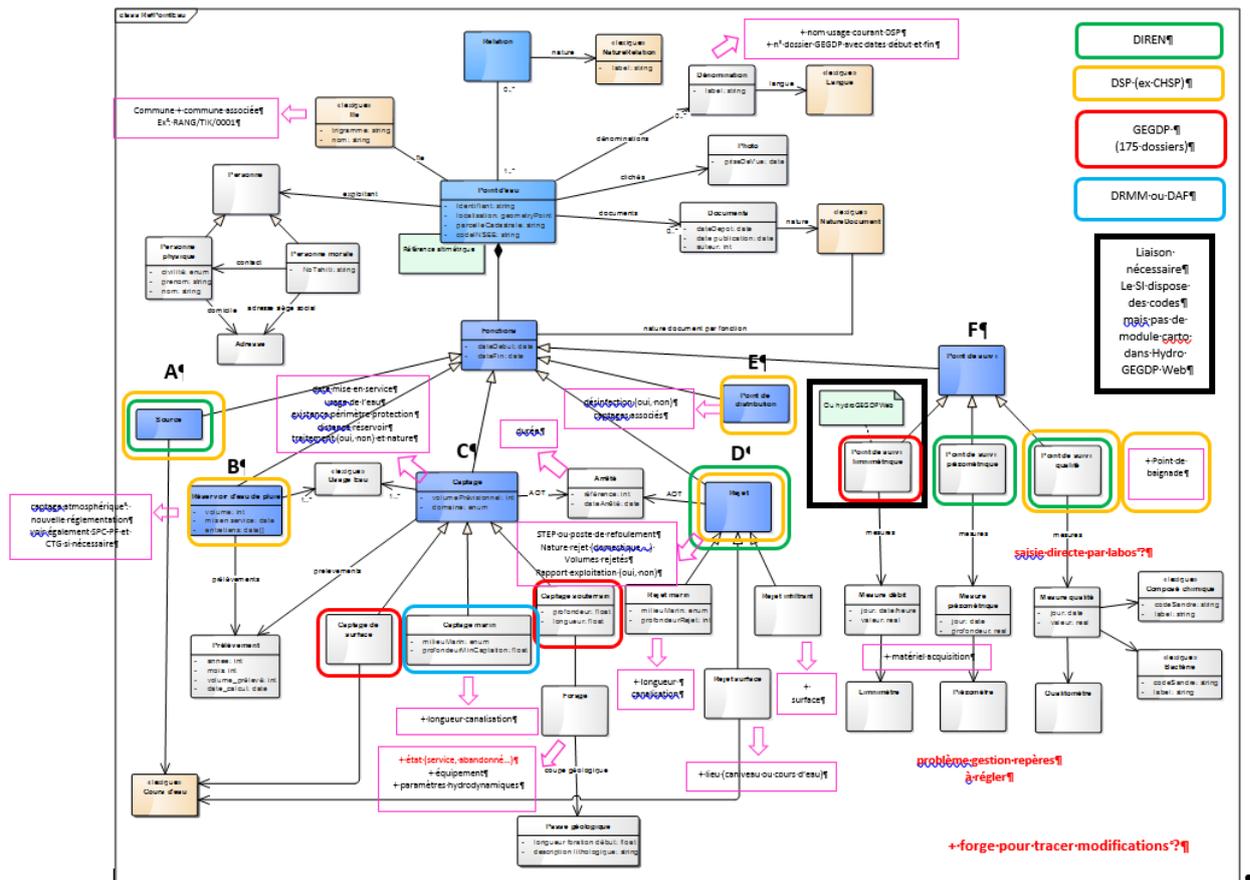


Illustration 4 : Architecture envisagée pour le référentiel des points d'eau et modifications à apporter.

2.4. TRAVAUX ET MISSIONS MENÉS DANS LE CADRE DE L'AXE 3

2.4.1. Sessions de formation à l'hydrogéologie

Deux sessions de formation à l'hydrogéologie ont été assurées lors du premier semestre 2018 :

- une première du 26 février au 2 mars animée par Pauline Corbier et Bertrand Aunay du BRGM Réunion (20 participants) ;
- une seconde du 28 au 31 mai animée par Pauline Corbier et Benoît Vittecoq du BRGM Martinique (33 participants).

Chaque session de formation a comporté un module sur :

- la géologie de la Polynésie française ;
- les notions de base en hydrogéologie ;
- les nappes d'accompagnement ;
- l'hydrogéologie en domaine volcanique de point chaud ;
- les notions avancées en hydrogéologie ;
- les techniques de prospection des eaux souterraines ;
- les ouvrages de captage ;
- la qualité des eaux souterraines ;
- la vulnérabilité des eaux souterraines.

Chaque session a également comporté des interventions de la part de personnes extérieures au BRGM ainsi que des visites de terrain (cf. illustrations 5 et 6).

Les interventions « extérieures » ont été assurées par :

- le SPC-PF : les interventions du SPC-PF en Polynésie ;
- le CHSP: suivi des eaux destinées à la consommation humaine ;
- la Polynésienne des eaux : présentation de la Polynésienne des Eaux et de ses activités ;
- la DIREN : la politique de l'eau, le portail de l'eau et le plan d'actions rivières ;
- le GEGDP : la gestion de l'eau.

Les visites de terrain ont, quant à elles, concerné les installations de captage de la Fautaua et un chantier de forage (première session) ou de galerie drainante (deuxième session) à Paea.

De façon générale, ces sessions de formation ont été très appréciées dans la mesure où 98 % des participants les ont jugées « très satisfaisantes » ou « satisfaisantes ». Les interventions extérieures et les visites de terrain ont également été jugées très intéressantes.

En complément, les illustrations 7 et 8 représentent le ressenti des stagiaires par rapport à la qualité des intervenants, le contenu du programme, l'acquisition de données pertinentes, les perspectives d'application pratiques, la durée du stage et la qualité des supports et de la documentation.

Au terme de ces 2 sessions qui ont essentiellement concerné des personnes issues des services techniques, une sensibilisation des élus mais également des entreprises qui interviennent dans

le domaine de l'eau (bureaux d'études, sociétés de forage ou de travaux publics...) pourrait être envisagée au travers d'une journée de sensibilisation à la réglementation et aux bonnes pratiques.



Illustration 5 : Visite des installations de captage de la Fautaua en mars 2018 (première session).



Illustration 6 : Visite des installations de captage de la Fautaua en juin 2018 (deuxième session).

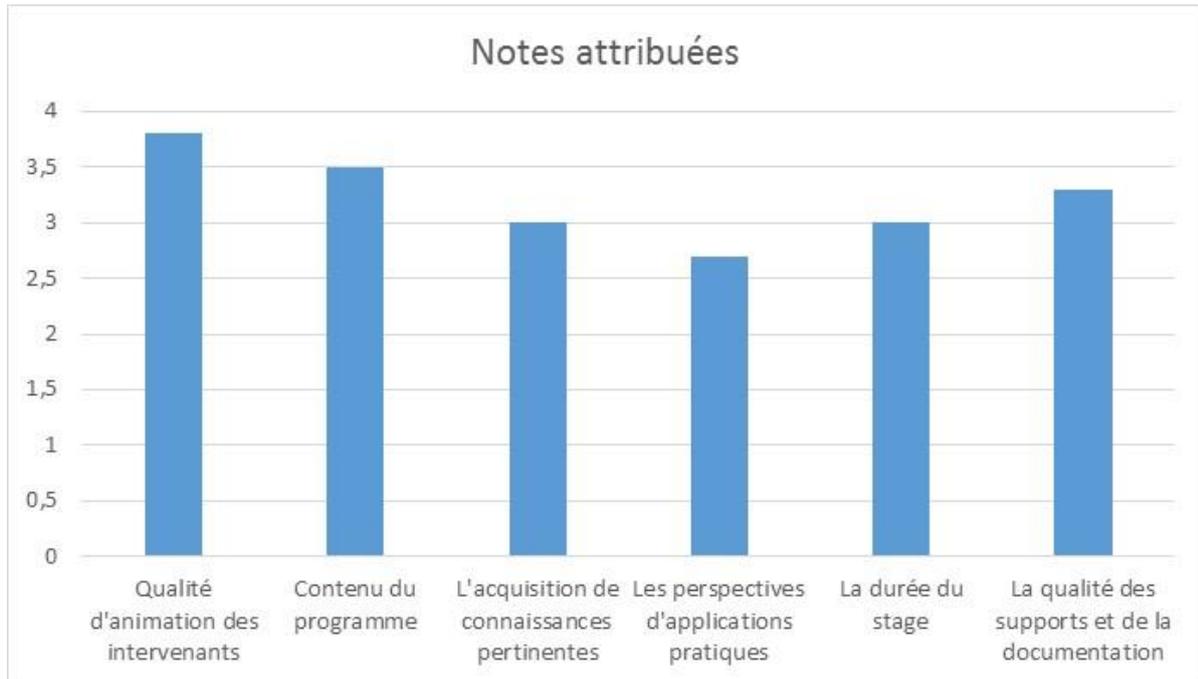


Illustration 7 : Ressenti des stagiaires au terme de la première session de formation (sur la base de 17 réponses).

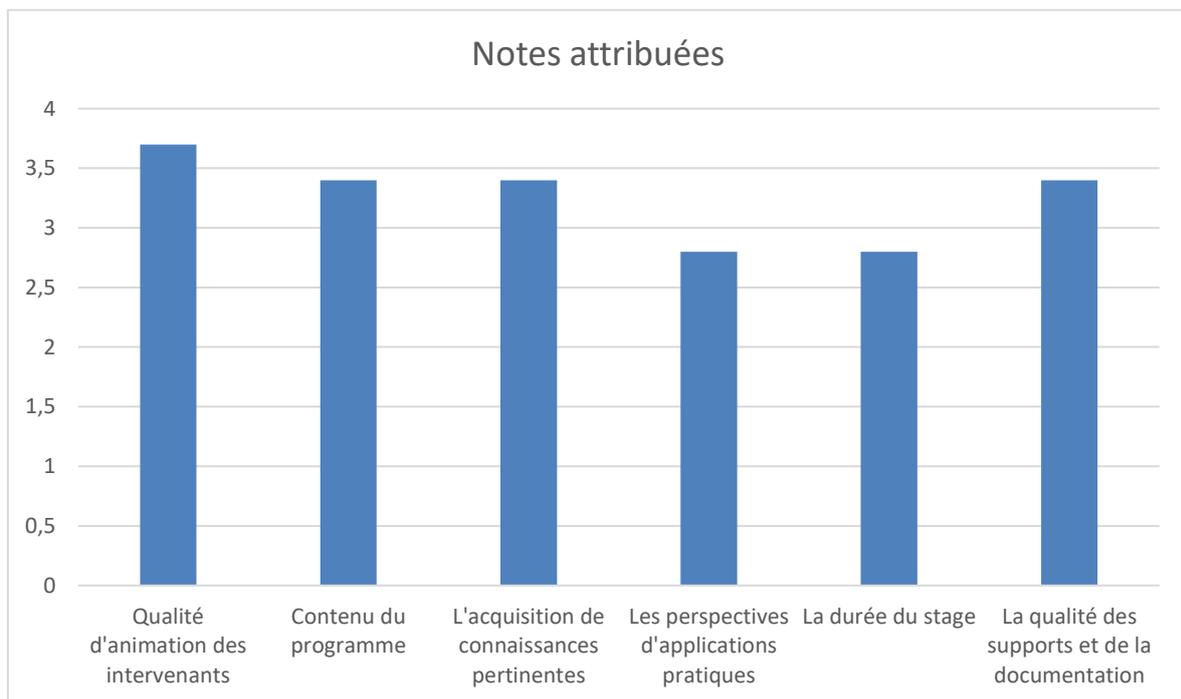


Illustration 8 : Ressenti des stagiaires au terme de la seconde session de formation (sur la base de 30 réponses).

2.4.2. Réseaux : poursuite des analyses et conventionnement

Dans le cadre de la mise en place des réseaux qualité et quantité, un certain nombre d'ouvrages (puits, forages et sources) ont été sélectionnés pour faire l'objet d'un suivi des niveaux piézométriques et/ou de la qualité de l'eau.

Une campagne de prélèvements a eu lieu entre les 28 et 30 août 2017 et a concerné 11 des 12 points retenus pour le réseau qualitatif. Les analyses ont été confiées au CAIRAP et n'ont pas mis en évidence de problèmes qualitatifs particuliers.

Le dernier prélèvement a pu être réalisé le 22 mai au terme de l'aménagement de la tête de puits par la société METAPAC et de l'intervention du laboratoire des Travaux Publics qui a été missionné pour les opérations de pompage.

L'analyse également confiée au CAIRAP n'a révélé aucune anomalie à l'exception de la présence de plusieurs HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) pour une teneur totale de 0,202 µg/l.

Parallèlement à ces dernières opérations de prélèvement, la rédaction des conventions d'accès aux ouvrages quantité et qualité a débuté dès la fin mai sur la base des données cadastrales achetées sur le site du cadastre polynésien : <https://www.otia.gov.pf/cadastre-webapp/>



Illustration 9 : Opérations de pompage sur le forage de la Fautaua.

2.5. TRAVAUX ET MISSIONS MENÉS DANS LE CADRE DE L'AXE 4

2.5.1. Reconnaissances géologiques et géophysiques à Tahiti et Ua Pou

Tahiti / Vallée de la Papenoo

La vallée de la Papenoo a été choisie par le comité de suivi de l'étude pour représenter un des 2 bassins versants de Tahiti. En collaboration avec la commune, 2 secteurs d'intérêt ont été retenus : un premier dans la moyenne vallée (zone dite « AEP » à l'embouchure de la Vaiputoa) et un second dans la haute vallée aux alentours de Farehape.

Les investigations géologiques ont été menées entre le 19 et le 23 février et les investigations géophysiques entre le 26 et le 30 mars.

Au droit de la zone AEP, 10 sites d'intérêt géologique ont pu être identifiés (cf. illustration 10). La localisation, le type de formation, la lithologie, les structures, le niveau de fracturation et le niveau d'altération de chacun des sites ont systématiquement été documentés lorsque cela a été possible. Sur cette zone, un seul profil géophysique a été réalisé (cf. illustration 11).

Dans le secteur de Farehape, 80 sites d'intérêt géologique ont pu être inventoriés et caractérisés (cf. illustration 12) préalablement à la mise en œuvre de 2 profils géophysiques (cf. illustration 13). À noter que dans les 2 cas, les mesures ont été fortement perturbées par la présence d'une canalisation et/ou d'une ligne électrique passant le long de la piste principale. Les zones floutées représentent les secteurs où l'information a été jugée peu fiable.

Ces 3 profils restent à être interprétés en termes d'hydrogéologie.

Tahiti / Vallée de la Punaruu

Le bassin versant de la Punaruu représente le second bassin versant de Tahiti choisi par le comité de suivi du projet. Il a fait l'objet d'une approche similaire à celui de la Papenoo. Les investigations n'ont toutefois porté que sur une seule zone d'intérêt (choisie en collaboration avec la commune) au droit de laquelle 2 profils géophysiques ont pu être mis en œuvre.

Les reconnaissances géologiques ont eu lieu entre le 26 février et le 2 mars et les investigations géophysiques entre le 3 et 6 avril.

Au total, 45 sites d'intérêt géologique ont pu être inventoriés et caractérisés (cf. illustration 14) et l'illustration 15 représente les résultats des 2 profils électriques. Ces profils seront interprétés sur la base des connaissances déjà acquises dans la vallée de la Punaruu. Les coupes des forages réalisés au droit de la zone industrielle pourront notamment servir de références.

Ua Pou

À Ua Pou, les investigations géologiques ont eu lieu du 12 au 17 février et ont permis d'identifier 137 points d'intérêt (cf. illustration 16). Elles ont essentiellement concerné des secteurs situés à l'ouest et au sud du village principal d'Hakahau.

5 des 6 profils géophysiques envisagés ont quant à eux été réalisés entre le 5 et le 16 mars. Les profils bruts sont représentés sur les illustrations 17 et 18.

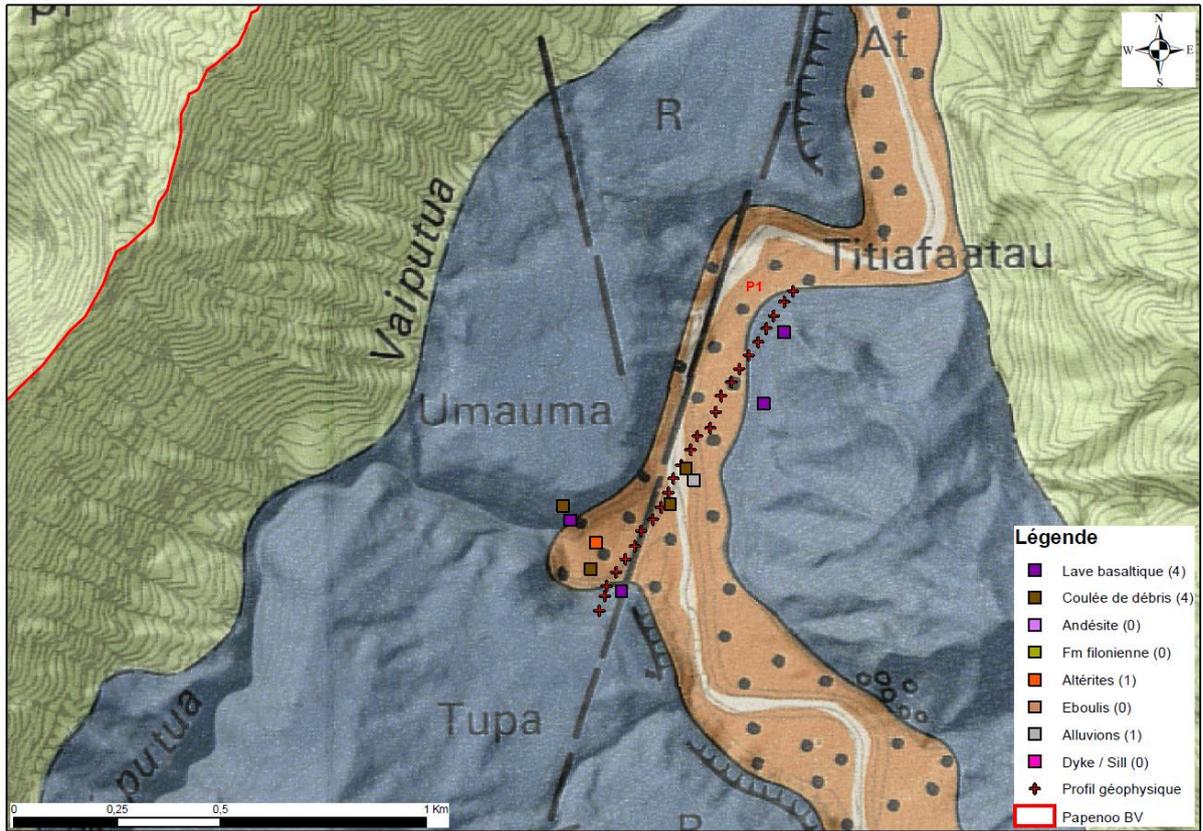


Illustration 10 : Localisation et lithologie des points d'intérêt dans la zone « AEP ».

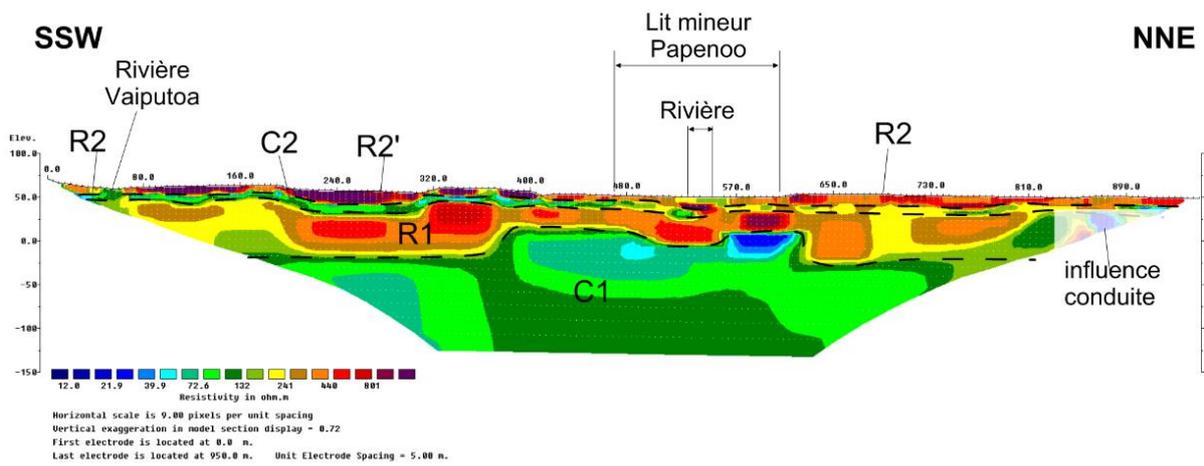


Illustration 11 : Profil de résistivité obtenu dans la zone « AEP ».

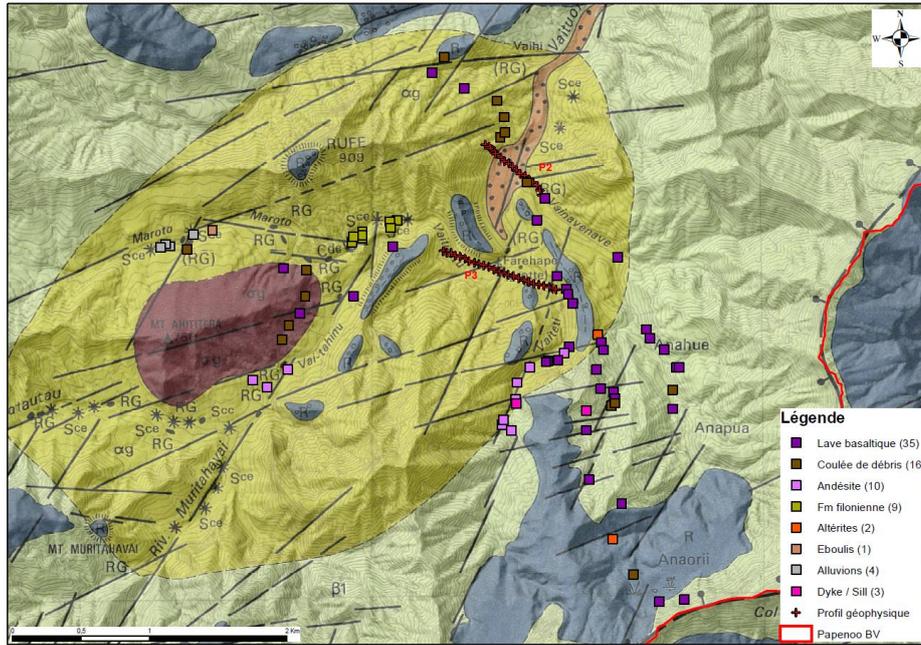


Illustration 12 : Localisation et lithologie des points d'intérêt dans la zone de Farehape.

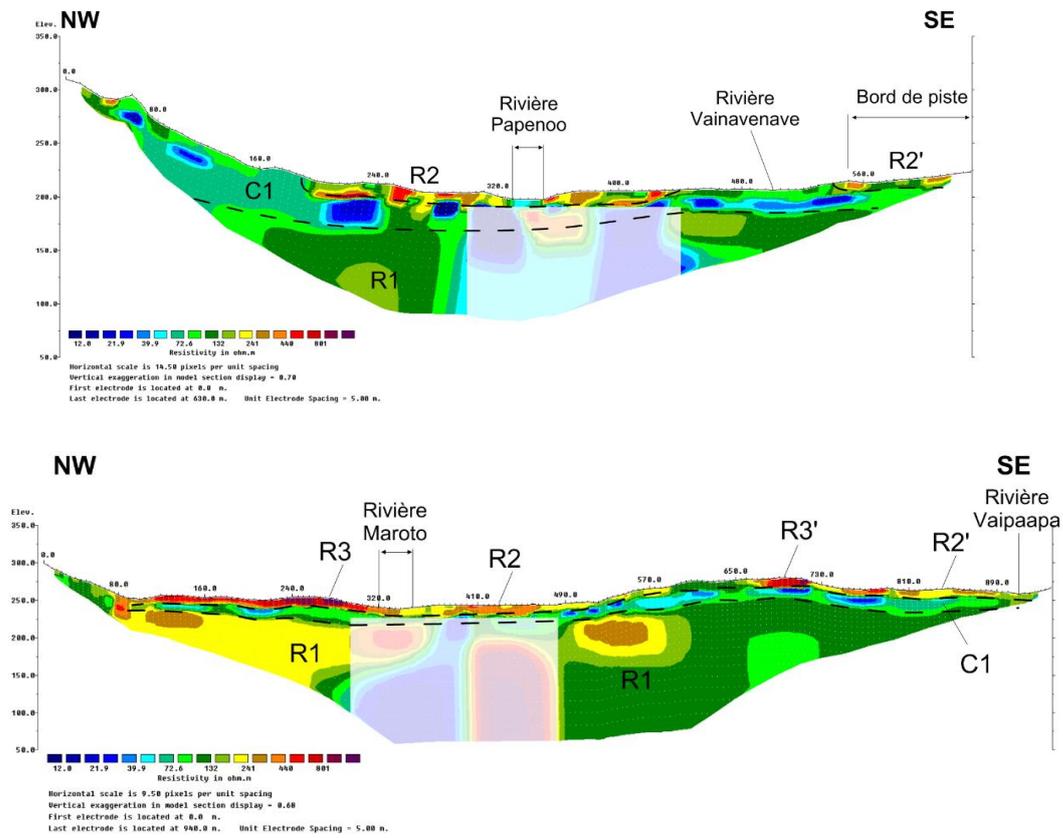


Illustration 13 : Profils de résistivité obtenus dans la zone de Farehape (en haut : P2, en bas : P3).

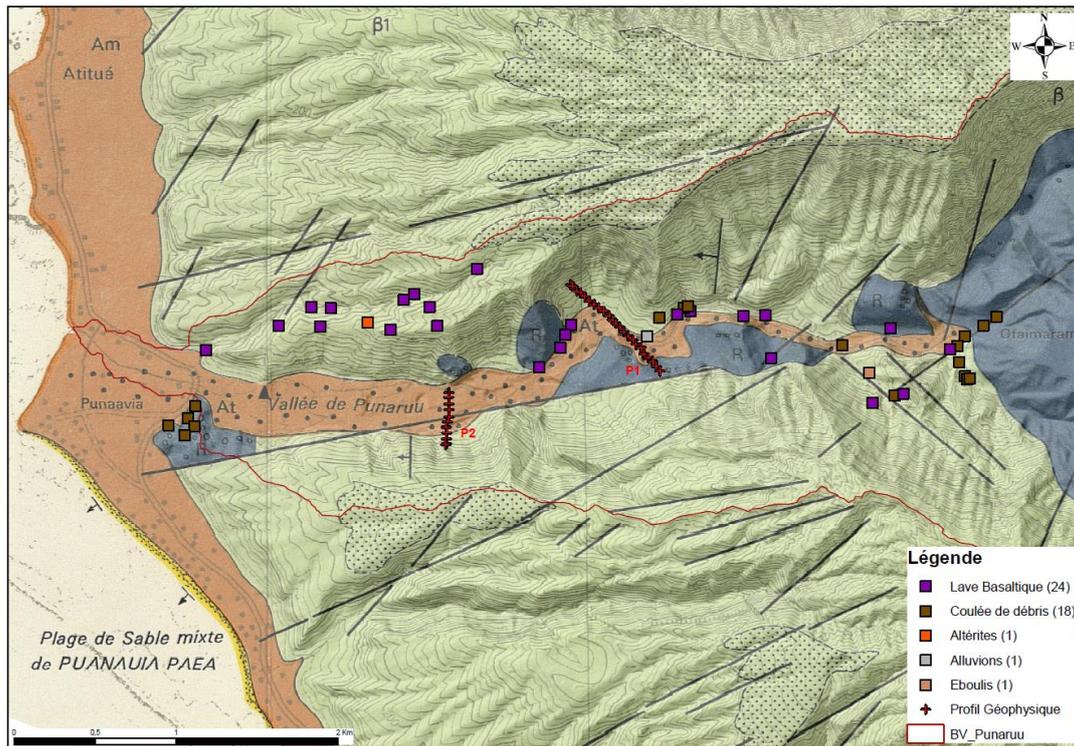


Illustration 14 : Localisation et lithologie des points d'intérêt dans la vallée de la Punaruu.

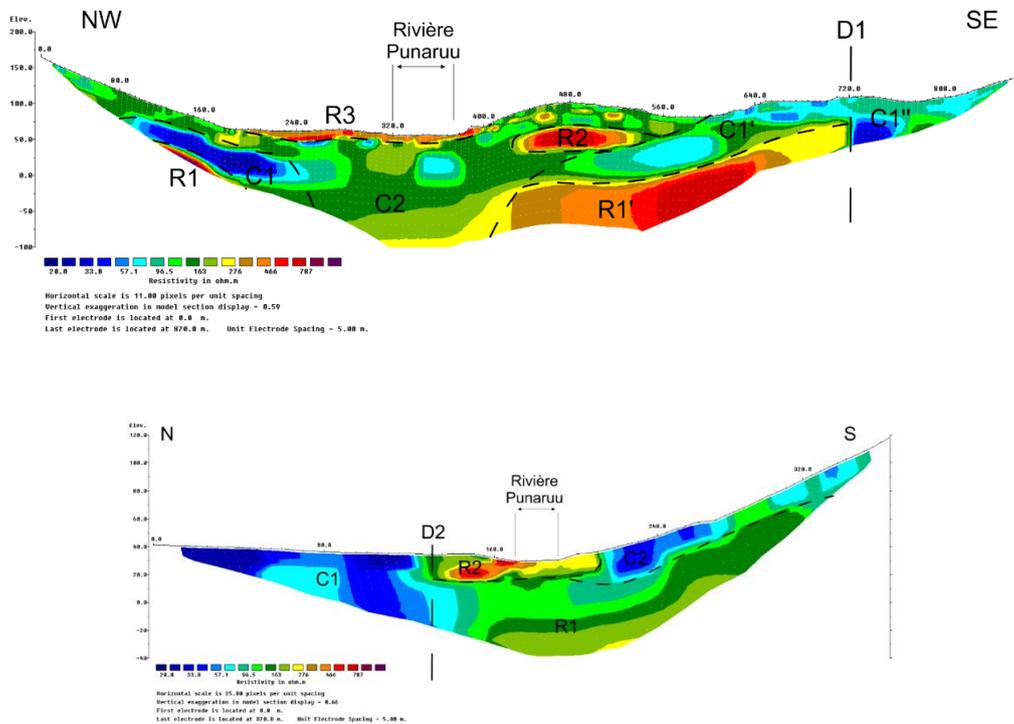


Illustration 15 : Profils de résistivité obtenus dans la vallée de la Punaruu (en haut : P1, en bas : P2).

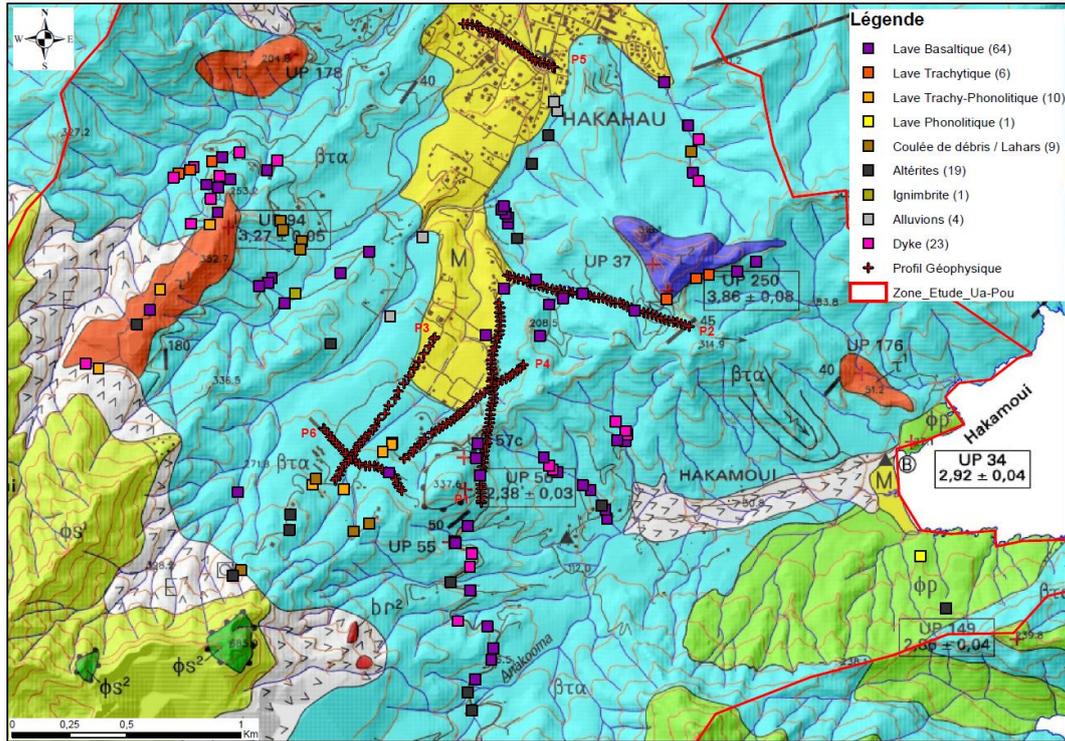


Illustration 16 : Localisation et lithologie des points d'intérêt à Ua Pou.

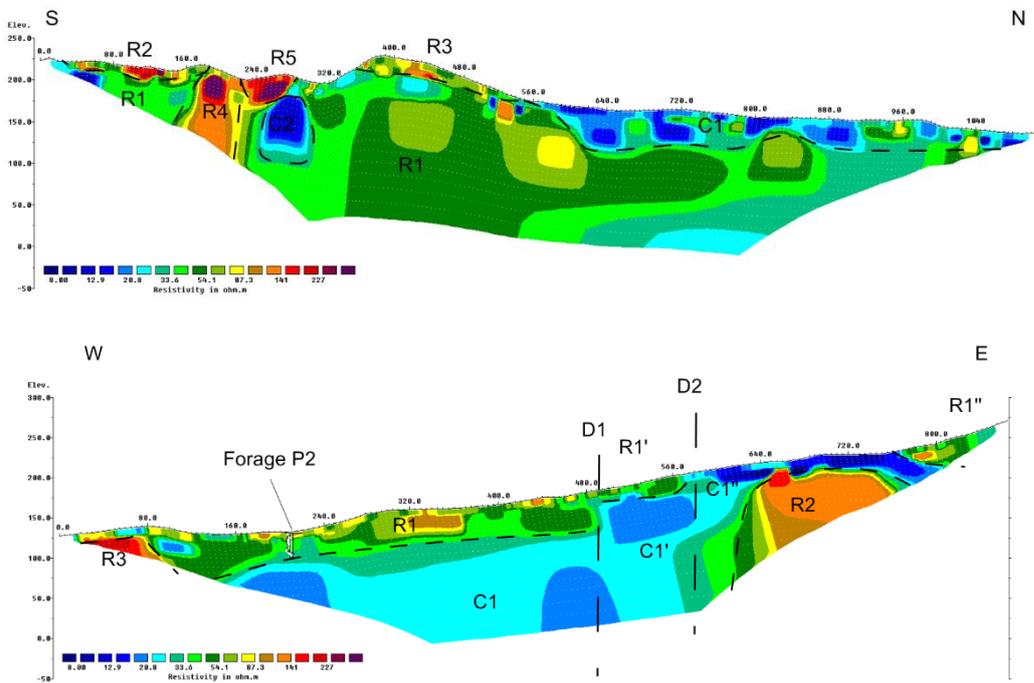


Illustration 17 : Profils de résistivité obtenus à Ua Pou (en haut : P1, en bas : P2).

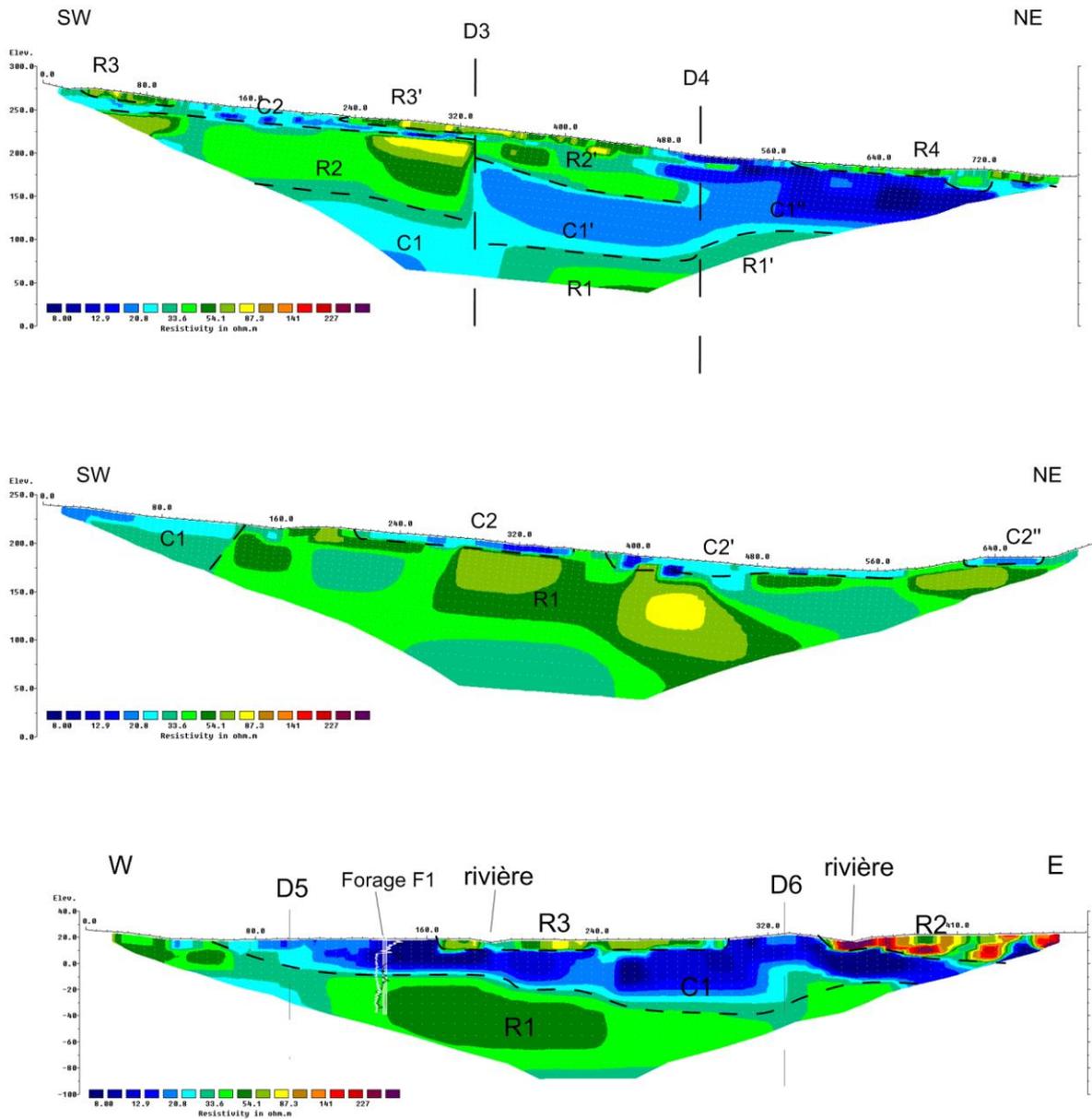


Illustration 18 : Profils de résistivité obtenus à Ua Pou (en haut : P3, milieu : P4, en bas : P5).

2.5.2. Diagraphies à Ua Pou

En complément des sondages géophysiques, 4 séries de diagraphies relatives à l'argilosité des sols (gamma-ray) et à la conductivité ont pu être menées à Pou. Les résultats obtenus sont représentés sur l'illustration 19 et seront prochainement mis en parallèle avec les données géologiques disponibles.

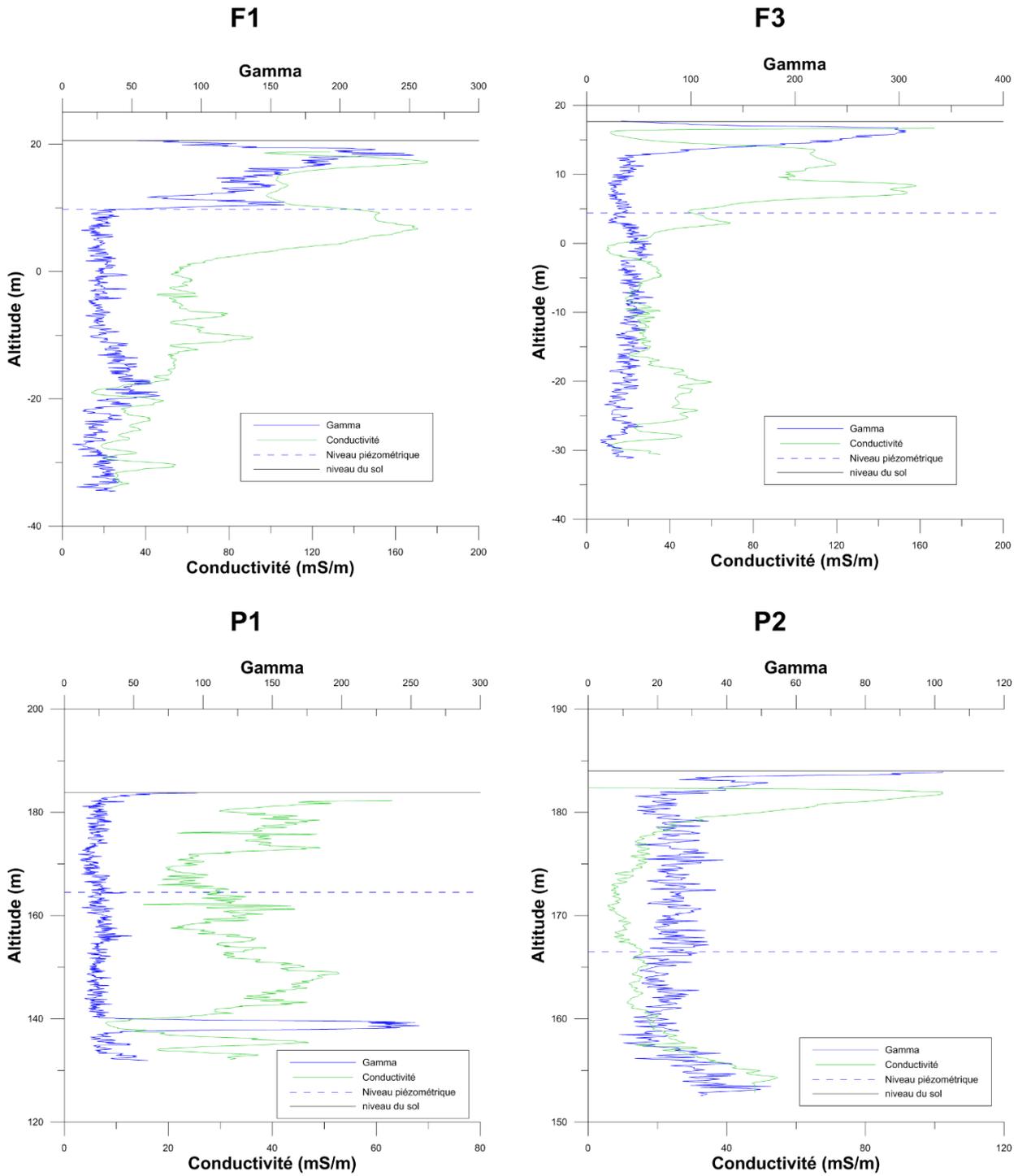


Illustration 19 : Diagraphies menées à Ua Pou sur 4 forages.

2.5.3. Diagraphies de conductivité à Moorea

Des diagraphies relatives à la conductivité de l'eau ont également pu être mises en œuvre à Moorea du 20 au 22 mars 2018. Les résultats de ces mesures sont présentés sur les illustrations 20 et 21 et seront prochainement mis en parallèle avec les données géologiques disponibles. Les modalités d'équipement des ouvrages seront également prises en compte.

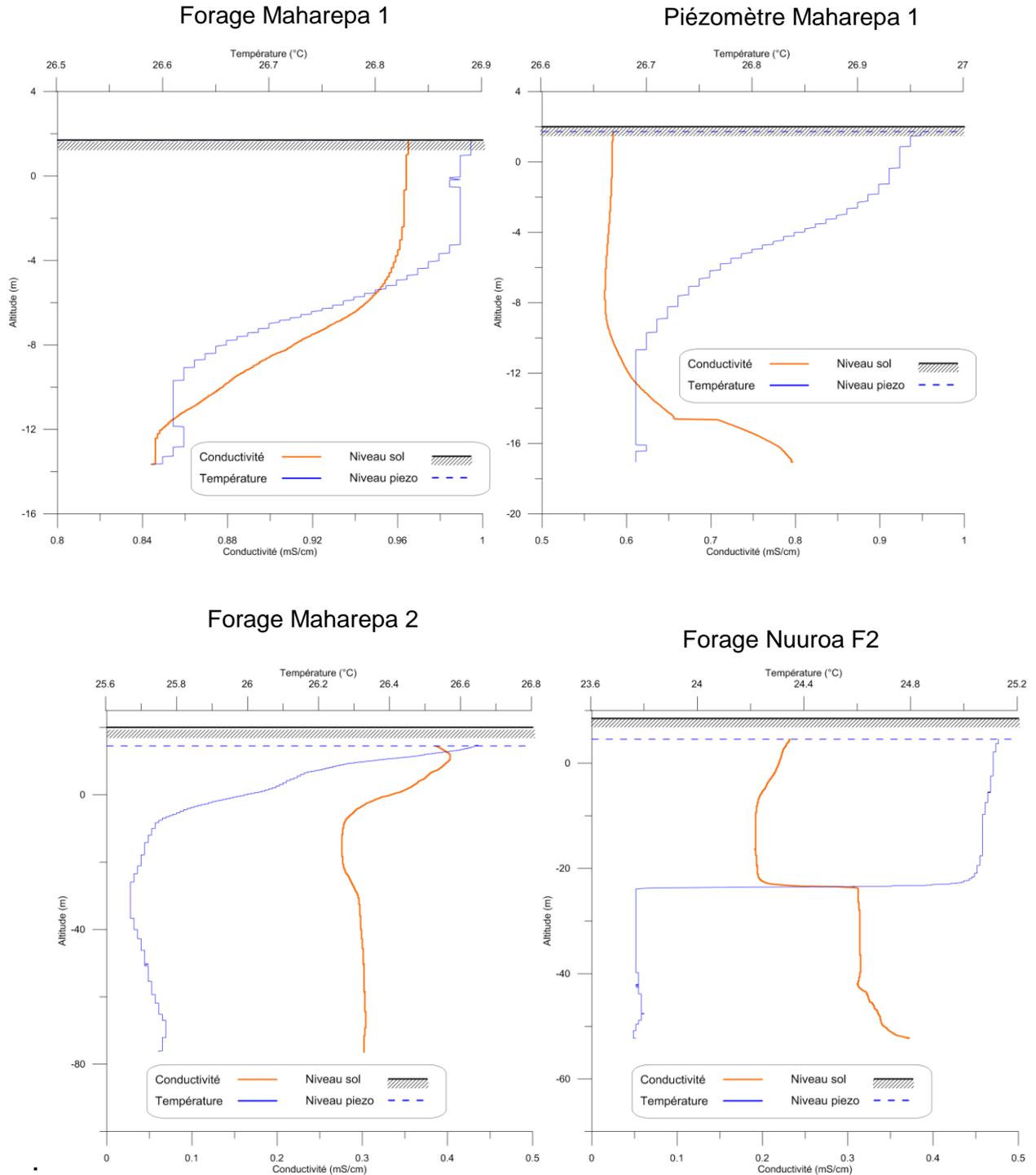
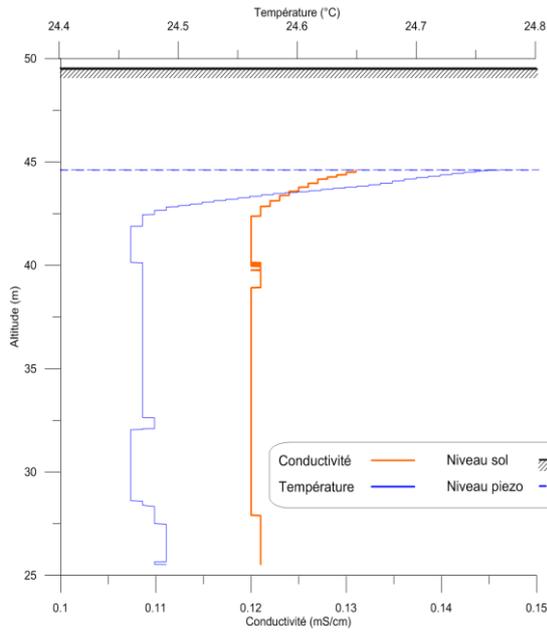
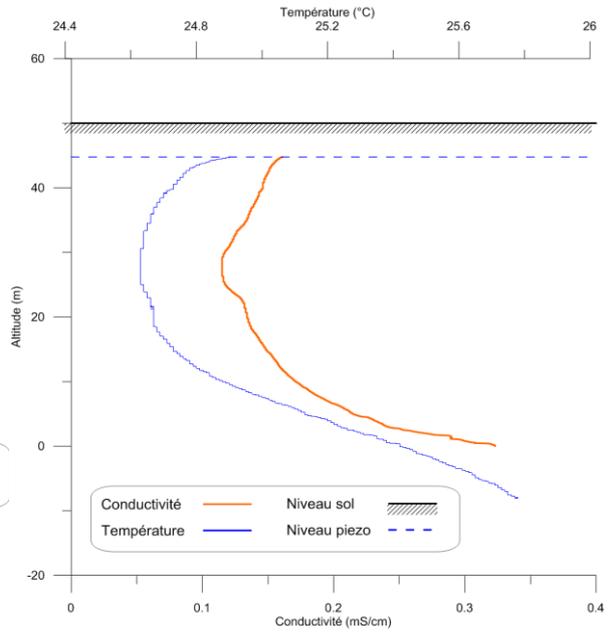


Illustration 20 : Diagraphies menées à Maharepa et Nuuroa.

Pao Pao - Forage 1.2



Pao Pao - Forage 1.3



Pao Pao - Forage F2

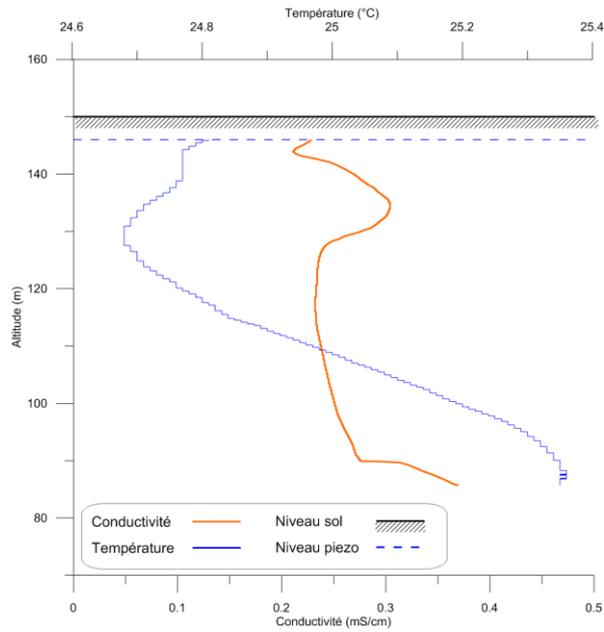


Illustration 21 : Diagraphies menées à Pao-Pao.

2.5.4. Nivellement des ouvrages à Rangiroa

En vue de la valorisation des données piézométriques acquises sur l'atoll de Rangiroa, une mission de nivellement des ouvrages a été menée du 24 au 27 avril. Cette mission a été confiée au cabinet GEOFENUA et a concerné 126 puits et forages repartis sur 3 motu. Le dispositif utilisé correspond à un récepteur satellitaire R7 GNSS de la marque Trimble (base) et d'une antenne mobile (cf. illustration 22). Les résultats ont été fournis sous forme de fichier Excel précisant les coordonnées X, Y et Z (en m NGPF) des ouvrages.



Illustration 22 : Nivellement des ouvrages à Rangiroa.

2.5.5. Suivi isotopique des pluies

La caractérisation isotopique des pluies permet de comparer leurs signatures par rapport à des références mondiales et de déterminer le gradient d'appauvrissement local en O^{18} . Ce dernier permet ensuite de déterminer l'altitude moyenne des zones de recharge des eaux souterraines prélevées au droit de forages ou de sources.

Chaque île ou bassin versant retenu pour faire l'objet d'une étude hydrogéologique détaillée a été équipé de 2 dispositifs similaires à celui représenté sur l'illustration 23. Ces dispositifs sont constitués de jerricanes et d'un entonnoir permettant la récupération des précipitations. Un flacon de paraffine est versé dans chaque jerricane pour éviter l'évaporation et la modification des compositions isotopiques. Le principe consiste à installer les récupérateurs à des altitudes les plus contrastées possibles et à les relever à la fréquence de 1 fois tous les 30 à 45 jours.

L'illustration 23 permet de visualiser les sites d'implantation retenus pour le suivi des précipitations au droit des bassins versants de la Papeenoo et de la Punaruu.

Dans le cas de la Papeenoo, le différentiel d'altitude est de 1 638 m entre le sommet du Pihaiateta (1 743 m) et les services techniques de la commune (5 m). À noter que la relève du premier dispositif nécessite une journée de marche complète pour effectuer l'aller-retour.

Dans le cas de la Punaruu, le différentiel d'altitude est de 1 370 m entre le Mont Tuhi (1 414 m) et le SIGFA (44 m). La relève du dispositif le plus élevé peut également être complexe lorsque les conditions d'accès au Mont Marau sont mauvaises.

À ce jour, les premiers échantillons relevés ont pu faire l'objet de dosages.

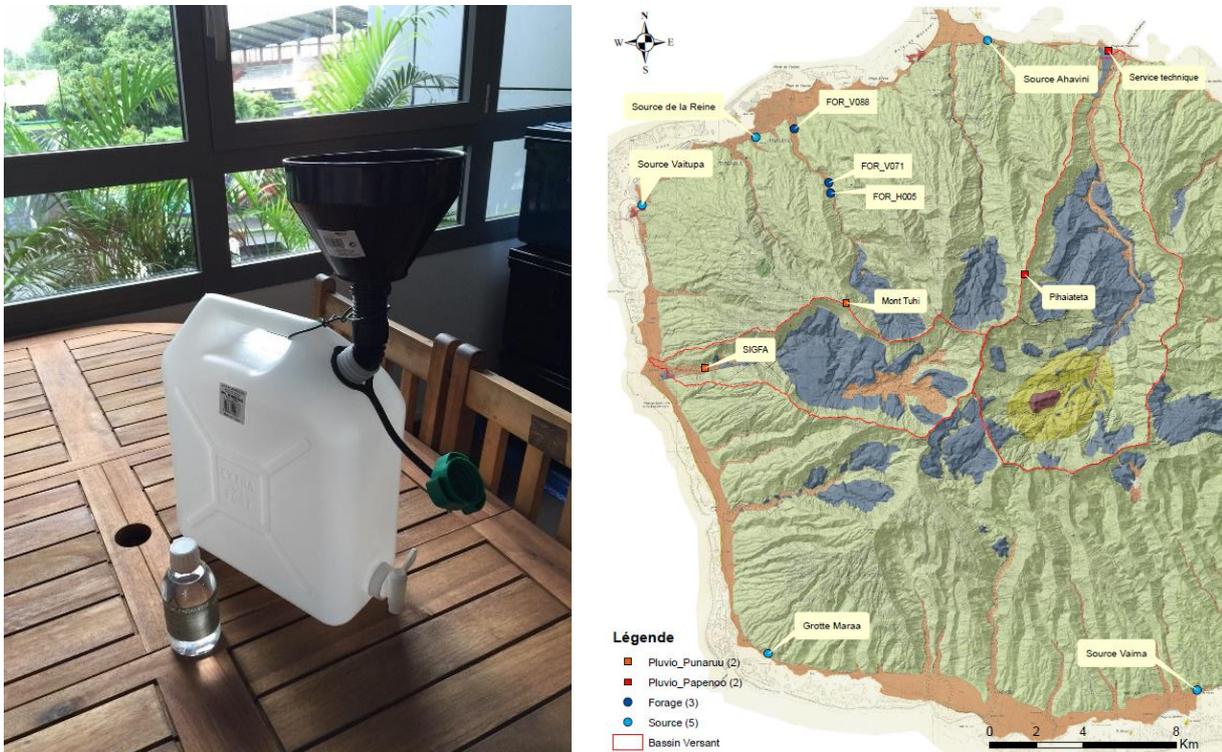


Illustration 23 : Dispositif de récupération des eaux de pluie (à gauche) et localisation des stations de contrôle sur l'île de Tahiti (à droite).

2.5.6. Carte IDPR à Moorea

En l'absence de suivi hydrométrique régulier (ou fiable) sur les îles de Tahiti (bassin versant de la Papenoo notamment), Moorea et Ua Pou, le comité de suivi du projet a validé le principe de remplacer les bilans hydrologiques initialement prévus par la réalisation de cartes représentant l'indice de développement et de persistance des réseaux (IDPR).

Cet indice, imaginé par le BRGM et basé sur la comparaison des réseaux hydrographiques théoriques (calculés à partir du MNT) et réels, permet de distinguer les secteurs où l'infiltration est prépondérante de ceux où le ruissellement constitue le mode préférentiel d'écoulement des eaux météoriques. Il sert notamment de base à la réalisation de cartes de vulnérabilité des eaux souterraines.

La carte relative à l'île de Moorea est désormais disponible. Pour en améliorer sa lisibilité, les résultats bruts (cf. illustration 24, carte de gauche) ont été agrégés sur la base d'unités fonctionnelles (cf. illustration 24, carte de droite). Les secteurs les plus infiltrants y apparaissent sous forme d'aplats de couleur rouge et les plus ruisselants sous forme d'aplats de couleur verte avec toute la série de couleurs intermédiaires (orange et jaune).

Les cartes relatives aux îles de Tahiti et Ua Pou sont, quant à elles, en cours de réalisation.

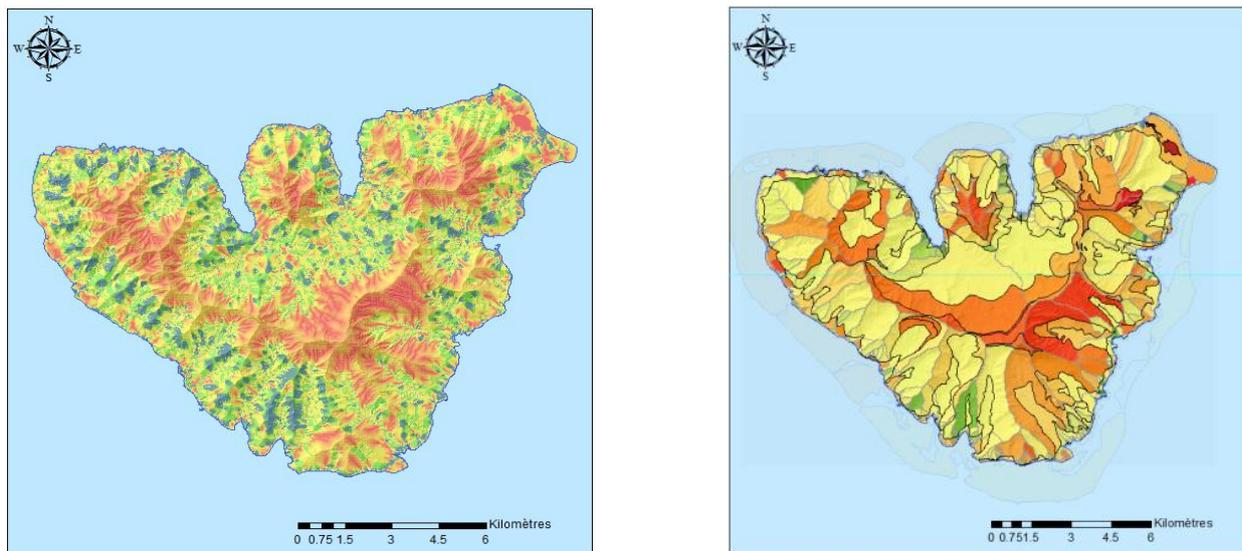


Illustration 24 : Cartes IDPR de Moorea.

2.5.7. Préparation des campagnes de prélèvement

Sur la base des résultats des premières investigations hydrogéologiques (cf. illustration 25), un programme analytique a été conçu pour chaque île ou bassin versant étudié (cf. illustration 26).

Ce dernier concerne une quinzaine de points par secteur, des eaux météoriques, superficielles ou souterraines et 4 familles d'analyses au maximum :

- anions + Cations + Traces ;
- isotopes de l'oxygène et de l'hydrogène ;
- isotopes du strontium (+ strontium) ;
- CFC + SF6 (datation des eaux).

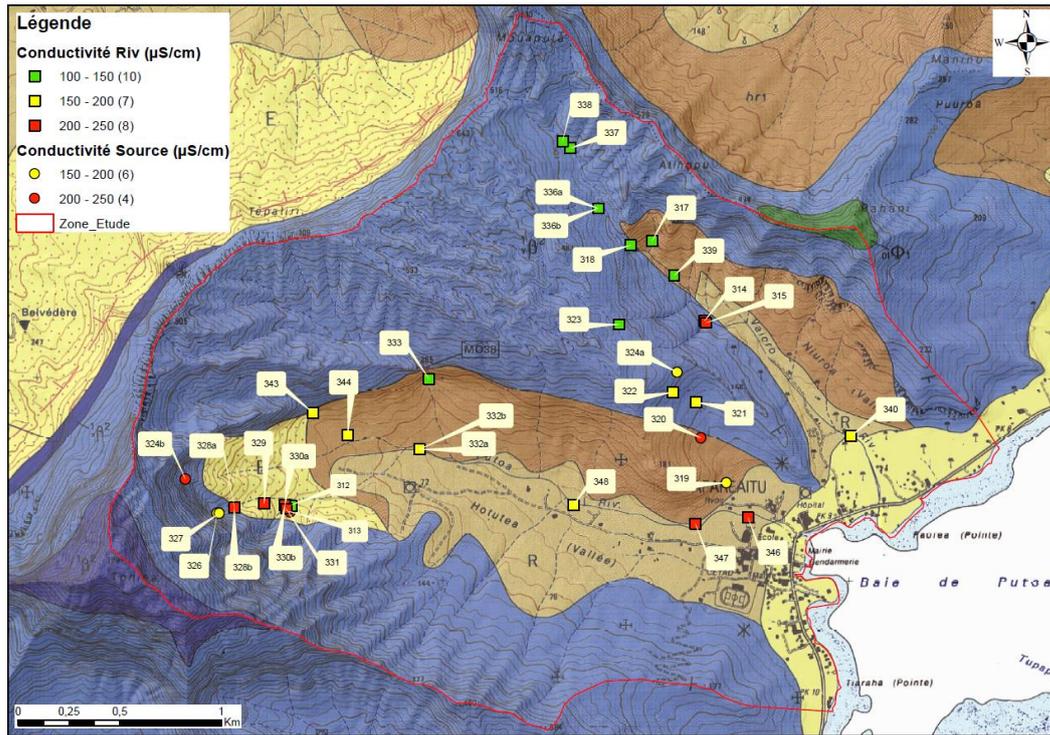


Illustration 25 : Résultats des premières investigations hydrogéologiques menées à Moorea (secteur d'Afareaitu).

ILE	POINT HYDRO	X	Y	Z	NATURE	REMARQUE	ARGUMENT SELECTION	Anions	Isotopes	Isotopes	Sr	Analyse CFC/5F6
								Cations et traces	O+H	Sr	Sr	
Moorea	SC_MOO011 - Papetoi	194426	8061938	88	Rivière		Pour que le forage de Nuaroa ne soit pas le seul point à l'ouest de Moorea	1	1	0	0	0
Moorea	343	201346	8057994	120,36	Rivière	Cascade d'environ 45m, provient d'une vallée difficilement accessible	Rivière en amont de 332a, comparaison de la chimie avec cette dernière	1	1	0	0	0
Moorea	346	203494	8057474	6,52	Rivière		Mesure aval de la rivière	1	1	0	0	0
	313	201233	8057501	168,70	Source		A rajouter si différent du 326	1	1	0	0	1
Moorea	SC_MOO023 - 319	203388	8057647	30,91	Source	Source de pied de versant, pérenne - Emerge au pied de la planèze d'Afareaitu, au sein d'éboulis, à la base d'un petit thalweg	Principale source du secteur, zone à fort intérêt	1	1	1	1	1
Moorea	324a	203144	8058194	238,37	Source	Source entièrement captée, prélèvement possible	Source au débouché de la planèze	1	1	1	1	1
Moorea	326	200873	8057495	306,18	Source	Fond de la vallée d'Hotutea, site difficile d'accès	Source du fond de la vallée, sortant au pied du Tohia	1	1			1
Moorea	332a	201870	8057813	62,29	Source	Source captée par la commune, sourd à proximité du lit de la rivière	Source importante de la ZE, captée par la commune	1	1	1	1	1
Moorea	SC_MOO007 - Paopao 2.1	200658	8059837	125,00	Source	Captage de 6 sources - Source perchée, pérenne - Emerge à la faveur d'une rupture de pente dans des agglomérats bréchiques	Source inter-caldeira, à proximité de la zone d'étude	1	1	0	0	1
Moorea	FOR_H_MOO002 - Temae 3	205155	8063469	107,00	Forage H	3 forages horizontaux	Forage au N-E de l'île, comparaison avec le forage vertical de la même vallée	1	1	0	0	1
Moorea	FOR_H_MOO003 - Paopao 3	199479	8062051	154,00	Forage H		Forage horizontal sur les flancs du Rotui	1	1	0	0	1
Moorea	FOR_V_MOO002 - Temae 1	205510	8063842	32,90	Forage V		Forage au N-E de l'île, comparaison avec le forage horizontal de la même vallée	1	1	0	0	1
Moorea	FOR_V_MOO008 - Maharepa 1	202043	8064727	1,72	Forage V	Suivi de la conductivité, contamination biseau salé 1	Forage présentant des contaminations salines, localisé au nord de l'île	1	1	0	0	1
Moorea	FOR_V_MOO012 - Paopao 1.3	201425	8061030	71,00	Forage V		Forage situé dans la partie interne de l'île (caldeira)	1	1	0	0	1
Moorea	FOR_V_MOO019 - Nuaroa 2	191919	8059355	7,00	Forage V		Forage localisé à l'ouest de l'île	1	1	0	0	1
Moorea	Pluvio Moua Puta (haut)	202346	8060025	827	Pluviomètre	Installation le 03/05/2018		0	8	0	0	0
Moorea	Pluvio Service Technique (bas)	205142	8060145	2	Pluviomètre	Installation le 03/05/2018		0	8	0	0	0

Illustration 26 : Programme analytique imaginé pour l'île de Moorea.

Pour mettre en œuvre ce programme, le BRGM s'est doté du matériel adéquat avec notamment l'achat de glacières et d'une pompe Tornado permettant les prélèvements en forage et fonctionnant sur batterie. Le flaconnage a quant à lui été fourni par les laboratoires retenus :

- laboratoire du BRGM Orléans pour les 3 premières catégories d'analyses ;
- Spurrenstofflabor pour les analyses CFC et SF6.

Pour ces dernières analyses, des modalités de prélèvement très spécifiques doivent être mises en œuvre de façon à éviter tout contact des échantillons avec l'atmosphère. Le prélèvement se fait ainsi dans un récipient en verre qui est lui-même contenu dans une boîte métallique remplie d'eau (cf. illustration 27).

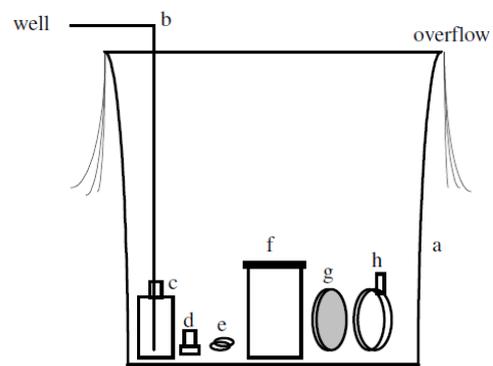


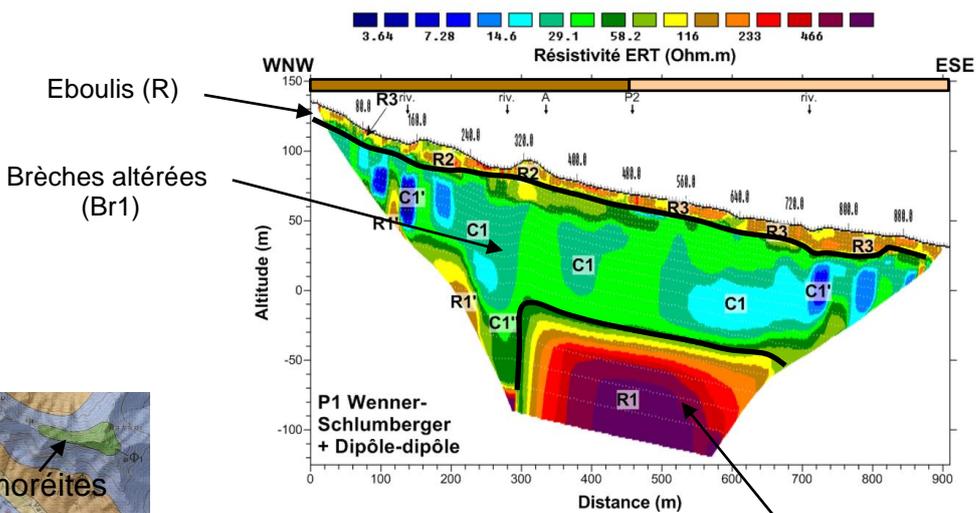
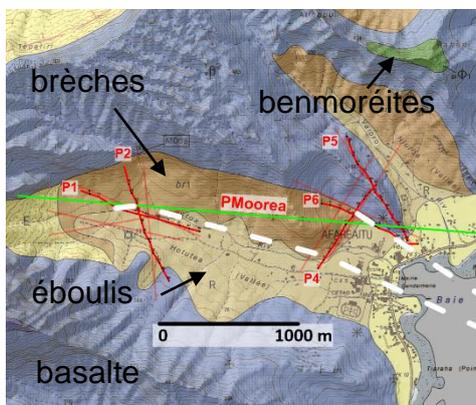
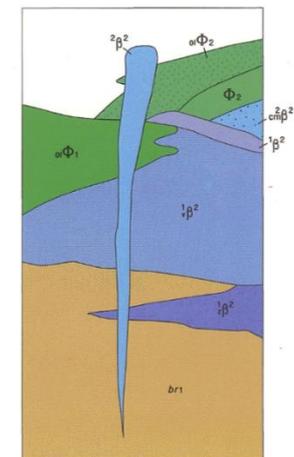
Illustration 27 : Flaconnage et modalités de prélèvement des échantillons en vue d'analyses CFC et SF6.

2.5.8. Interprétation des profils géophysiques de Moorea et Rangiroa

Après concertation interne au sein du BRGM au mois de juin, des rapprochements entre les valeurs de résistivité et la nature géologique des formations ont été établis et les premières hypothèses concernant le fonctionnement hydrogéologique ont pu être formulées (cf. illustrations 28 et 29).

À Rangiroa, le croisement des résultats des sondages électriques et RMP (Résonance Magnétique Protonique) a notamment permis d'identifier la présence d'une nappe d'eau douce continue au droit du motu de la vigne ainsi qu'un degré d'intrusion du biseau salé variable (a priori plus marqué côté lagon).

Les investigations qui sont actuellement en cours permettront d'affiner ces hypothèses et de fournir in fine de vrais modèles conceptuels des îles et atolls.



Formations plus anciennes non altérées ou pluton de $\phi 1$ ou $\phi 2$
Attention cible risquée !
à la Réunion : R1 = gabbros

Illustration 28 : Exemple de profil géophysique interprété à Moorea.

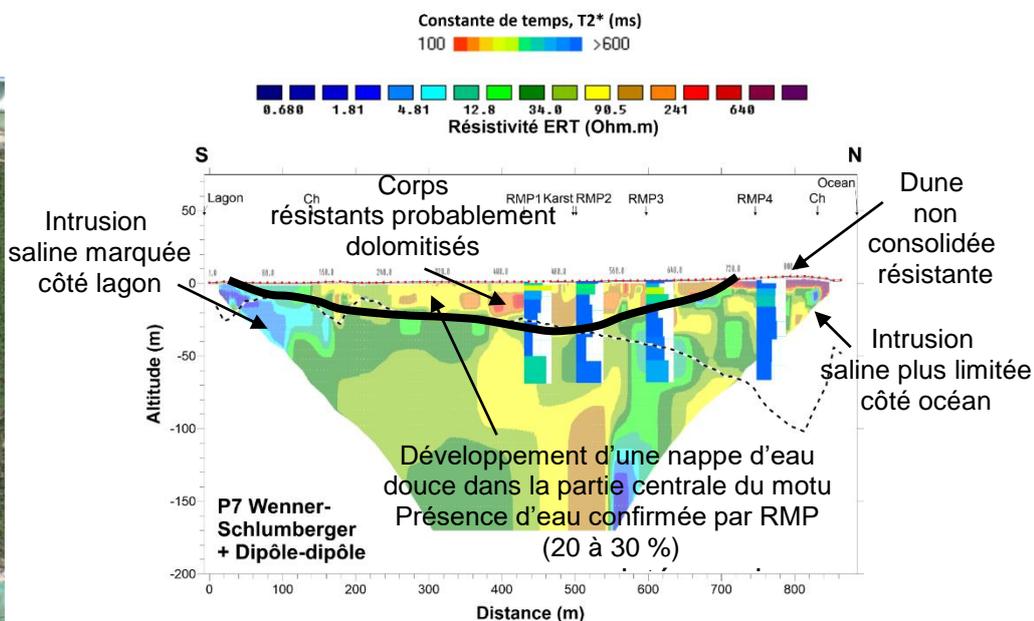


Illustration 29 : Exemple de profil interprété à Rangiroa (motu de la vigne) (la ligne en pointillés noirs représente la limite supposée entre eau douce et eau salée calculée avec la formule de Ghyben-Herzberg).

3. Conclusion

En août 2018, le BRGM a transmis au Pays une facture et un appel de fonds relatifs au premier semestre 2018 qu'il convient de justifier par un bilan des actions menées sur cette période.

Au final, il apparaît que les 6 premiers mois de l'année 2018 auront été consacrés :

- 1) à la finalisation du rapport relatif à la phase d'inventaire des données ;
- 2) à compléter les spécifications du référentiel des points d'eau ;
- 3) à assurer 2 sessions de formation à l'hydrogéologie ;
- 4) à poursuivre et à terminer la campagne de prélèvements et d'analyses sur les futurs points du réseau qualité et à établir les conventions d'accès aux piézomètres et qualitomètres ;
- 5) à mener des reconnaissances géologiques et géophysiques à Tahiti et Ua Pou ;
- 6) à réaliser des diagraphies (gamma-ray + conductivité) à Ua Pou ;
- 7) à réaliser des diagraphies de conductivité à Moorea ;
- 8) à organiser et superviser le nivellement de 126 ouvrages à Rangiroa ;
- 9) à réaliser la carte représentant l'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (IDPR) de Moorea ;
- 10) à préparer les campagnes de prélèvement en identifiant une quinzaine de points par île ou bassin versant et en se dotant du matériel adéquat ;
- 11) à procéder à l'interprétation des profils géophysiques obtenus à Moorea et Rangiroa.

Au cours de cette période, 5 comités de pilotage internes et 1 comité de suivi se sont également tenus et de nombreux échanges concernant la rédaction d'un avenant à la convention MCE n° 1366 pour étendre le délai de réalisation à mars 2020 ont eu lieu entre la DIREN et le BRGM.

Les opérations précédemment mentionnées constituent un préalable aux interventions à venir avec notamment la définition de la typologie des aquifères polynésiens (AXE 1), la mise en place opérationnelle du référentiel des points d'eau et du portail VAITEA (AXE 2), la poursuite des missions d'assistance technique et réglementaire (AXE 3) et la poursuite des études hydrogéologiques détaillées sur Tahiti, Moorea, Ua Pou et Rangiroa (AXE 4).

À fin juin 2018, le taux de facturation correspond à 53,5 %. Par la suite, les opérations réalisées feront l'objet d'une facturation semestrielle, voire plus rapprochée qui devra dans tous les cas être accompagnée des justificatifs adéquats.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

BRGM Polynésie
Immeuble Le Bihan – Local L1
BP 141 227
98701 ARUE - Tahiti - Polynésie française
Tél. : 87 33 56 50