

ASSEMBLÉE  
DE LA  
POLYNÉSIE FRANÇAISE

-----  
Commission du tourisme, de l'écologie,  
de la culture, de l'aménagement du territoire  
et du transport aérien  
-----

Papeete, le - 6 MARS 2019

N° 19 - 2019

**RAPPORT**

relatif à un projet de délibération portant approbation du projet d'avenant 1 à la convention n° 1366/MCE du 3 mars 2016 relative aux modalités de concours du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) en appui au programme d'actions pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines en Polynésie française,

présenté au nom de la commission du tourisme, de l'écologie, de la culture, de l'aménagement du territoire et du transport aérien,

par les représentants Monsieur Michel BUIILLARD et Madame Tepuaraurii TERIITAHU.

Document mis  
en distribution

Le - 6 MAR. 2019

Monsieur le Président,  
Mesdames, Messieurs les représentants,

Par lettre n° 1211/PR du 21 février 2019, le Président de la Polynésie française a transmis aux fins d'examen par l'assemblée de la Polynésie française, un projet de délibération portant approbation du projet d'avenant 1 à la convention n° 1366/MCE du 3 mars 2016 relative aux modalités de concours du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) en appui au programme d'actions pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines en Polynésie française.

Les objectifs du projet « *Exploitation et gestion des eaux souterraines* » sont de mieux connaître la ressource en eau souterraine en Polynésie française et de la gérer de manière optimale et raisonnée. Il s'agit d'établir un état des lieux en étudiant la nature et les différents types de nappes phréatiques et de procéder à des études détaillées dans trois îles (Moorea, Rangiroa, Ua Pou) et deux vallées (Papeno'o et Punaruu). Le projet prévoit aussi des missions d'assistance technique du BRGM auprès des services du Pays et la création d'outils de gestion dont un portail numérique accessible au public.

Le 3 mars 2016, la Polynésie française et le BRGM ont signé la convention d'exécution n° 1366/MCE relative aux modalités de concours du BRGM en appui au programme d'actions pour le projet « *Exploitation et gestion des eaux souterraines* ».

Cette convention précise les modalités du concours technique et financier des deux parties et la durée du contrat. Elle définit les missions du BRGM.

Aux termes de cette convention, la Polynésie française contribue à l'exécution du programme d'actions pour 80 % de son coût total HT, soit 203,34 millions de francs. Elle prend aussi en charge la TVA (13%) pour un montant de 33 millions de francs. Soit une contribution totale de 236 384 248 F CFP TTC (dont 127,1 millions pris en charge par l'Etat dans le cadre du contrat de projets).

Le BRGM contribue pour 20 %, soit 50 835 322 F CFP HT.

Cette convention est établie pour une durée de trois ans, son achèvement est fixé au 3 mars 2019.

Le présent projet d'avenant 1 prévoit :

- de remplacer les annexes 1 et 2 de ladite convention par deux nouvelles annexes : l'une liée au programme d'actions et l'autre portant sur le modèle de justificatif des dépenses réalisées.
- de prolonger d'un an la durée de la convention dont le terme est désormais fixé au 2 mars 2020.

Cet avenant permet également de modifier les modalités de paiement (*simplification de la facturation et déduction de l'acompte*) et d'adapter les livrables compte tenu des modifications du programme technique (*choix des îles concernées, mise en place d'un référentiel des points d'eau et d'un outil de diffusion des données nommé VAITEA, études hydrogéologiques détaillées des îles de Moorea, Ua Pou, Rangiroa et des bassins versants de la Punaruu et de la Papeno'o...*)

Enfin, pour permettre au Pays d'exercer son droit de contrôle comptable, le BRGM sera tenu de joindre un compte-rendu financier à ses factures conformément aux modalités de paiement modifiées.

Le plan de financement du programme reste inchangé.

\* \* \* \* \*

*Examiné en commission le 6 mars 2019, le projet de délibération portant approbation du projet d'avenant 1 à la convention n° 1366/MCE du 3 mars 2016 relative aux modalités de concours du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) en appui au programme d'actions pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines en Polynésie française, a recueilli un vote favorable unanime des membres de la commission.*

*En conséquence, la commission du tourisme, de l'écologie, de la culture, de l'aménagement du territoire et du transport aérien, propose à l'assemblée de la Polynésie française d'adopter le projet de délibération ci-joint.*

LES RAPPORTEURS

**Michel BUILLARD**

**Tepuaraurii TERIITAHU**

**ASSEMBLÉE  
DE LA  
POLYNÉSIE FRANÇAISE**

-----  
NOR : ENV1920277DL-4

**DÉLIBÉRATION N°**

**/APF**

**DU**

---

portant approbation du projet d'avenant 1 à la convention n° 1366/MCE du 3 mars 2016 relative aux modalités de concours du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) en appui au programme d'actions pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines en Polynésie française

---

**L'ASSEMBLÉE DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE**

Vu la loi organique n° 2004-192 du 27 février 2004 modifiée portant statut d'autonomie de la Polynésie française, ensemble la loi n° 2004-193 du 27 février 2004 modifiée complétant le statut d'autonomie de la Polynésie française ;

Vu la lettre n° 947/PR du 12 février 2019 adressée à Monsieur le Haut-commissaire de la République en Polynésie française ;

Vu la lettre n° HC/DIE/BPT 067921 du 15 février 2019 portant avis favorable du Haut-commissaire de la République en Polynésie française ;

Vu l'arrêté n° 239 CM du 21 février 2019 soumettant un projet de délibération à l'assemblée de la Polynésie française ;

Vu la lettre n° /2019/APF/SG du portant convocation en séance des représentants à l'assemblée de la Polynésie française ;

Vu le rapport n° du de la commission du tourisme, de l'écologie, de la culture, de l'aménagement du territoire et du transport aérien ;

Dans sa séance du

**A D O P T E   :**

**Article 1<sup>er</sup>.**- Le projet d'avenant 1 à la convention n° 1366/MCE du 3 mars 2016 relative aux modalités de concours du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) en appui au programme d'actions pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines en Polynésie française, joint en annexe, est approuvé avec les modifications suivantes :

1) à l'alinéa 5 de l'article 2, remplacer les mots : « du présent avenant » par les mots : « de la présente convention modifiée »

2) à l'article 4, au premier alinéa du point intitulé « Calendrier prévisionnel de rendu des livrables », remplacer les mots : « dans le paragraphe 5 du programme d'actions » par les mots : « dans la partie IV du programme d'actions ».

**Article 2.**- Le Président de la Polynésie française est chargé de l'exécution de la présente délibération qui sera publiée au *Journal officiel* de la Polynésie française.

*La secrétaire,*

*Le président,*

Béatrice LUCAS

Gaston TONG SANG



MINISTÈRE  
DE LA CULTURE  
ET DE L'ENVIRONNEMENT,  
*en charge de l'artisanat*

AVENANT 1 N° ..... / MCE du .....  
À la convention n°1366/MCE du 03 mars 2016

## AVENANT 1

A LA CONVENTION N°1366/MCE DU 03 MARS 2016 RELATIVE AUX  
MODALITES DE CONCOURS DU BUREAU DE RECHERCHES  
GEOLOGIQUES ET MINIERES (BRGM) EN APPUI AU PROGRAMME  
D' ACTIONS POUR L'EXPLOITATION ET LA GESTION DES EAUX  
SOUTERRAINES EN POLYNESIE FRANCAISE

« LE BRGM »

BUREAU DE RECHERCHES  
GEOLOGIQUES ET MINIERES (BRGM)

DELAI D'EXECUTION

DU 03 MARS 2016 AU 02  
MARS 2020

	IMPUTATIONS BUDGETAIRES				
	CHAPITRE	ARTICLE	N° AP	N° AE	MONTANT TTC
CONVENTION N°1366/MCE	913	203	39-2012	404-2012	236 384 248 F CFP
AVENANT 1	913	203	39-2012	404-2012	0 F CFP
NOUVEAU MONTANT APRES AVENANT	913	203	39-2012	404-2012	236 384 248 F CFP

DATE D'APPROBATION



**AVENANT 1 N°** / MCE / ENV du  
À la convention n° 1366/MCE du 03 mars 2016

Portant sur les modalités de concours du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) en appui au programme d'action pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines en Polynésie française

- Vu la loi organique n° 2004-192 du 27 février 2004 modifiée, portant statut d'autonomie de la Polynésie française, ensemble la loi n° 2004-193 du 27 février 2004 complétant le statut d'autonomie de la Polynésie française ;
- Vu l'arrêté n° 650/PR du 23 mai 2018 portant nomination du Vice-Président et des Ministres du gouvernement de la Polynésie française, et déterminant leurs fonctions ;
- Vu l'arrêté n° 657/PR du 23 mai 2018 modifié, relatif aux attributions du Ministre de la culture et de l'environnement, en charge de l'artisanat ;
- Vu le contrat de projets 2008-2014 modifié signé entre l'Etat et la Polynésie française le 27 mai 2008 ;
- Vu la convention d'exécution n°178-03 du 21 juillet 2008 modifiée relative au volet « environnement » ;
- Vu la convention d'application n°055-14 en date du 28 mars 2014 modifiée ;
- Vu l'avis favorable du Haut-commissariat référencé n° \_\_\_\_\_ en date du \_\_\_\_\_ ;
- Vu la délibération n° \_\_\_\_\_ en date du \_\_\_\_\_ relative à l'approbation de l'avenant 1 à la convention n° 1366/MCE du 03 mars 2016 portant sur les modalités du concours du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) en appui au programme d'action pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines en Polynésie française ;
- Vu la convention n°1366/MCE du 03 mars 2016 relative aux modalités de concours du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) en appui au programme d'actions pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines en Polynésie française ;
- Vu la demande du BRGM n° DAT/DIR 2019-010 en date du 17 janvier 2019.

**ENTRE :**

La Polynésie française, pour le compte de la Direction de l'environnement, représentée par le Ministre de la culture et l'environnement, en charge de l'artisanat, Monsieur Heremoana MAAMAATUAI AHUTAPU, ci-après désignée « le Pays »,

**d'une part,**

**ET :**

Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), établissement public industriel et commercial, dont le siège est 3, avenue Claude-Guillemain, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 02, représenté par sa Présidente Directrice Générale, Madame Michèle ROUSSEAU, ci-après désigné « le BRGM »,

**d'autre part,**

## IL EST ARRETE ET CONVENU CE QUI SUIT :

### **Article 1er.** - Modification des annexes de la convention

Les annexes 1 et 2 de la convention sont remplacée par les annexes 1 et 2 du présent avenant.

### **Article 2.** - Modification de l'article 6 : Durée du contrat et modification

L'article 6 est rédigé ainsi qu'il suit :

*« La présente convention est établie pour une durée de 4 ans et se terminera le 02 mars 2020 inclus.*

*Le démarrage de l'action sera notifié par ordre de service.*

*Elle prendra fin dès l'acceptation de l'achèvement de la mission du BRGM par le Pays dans les conditions fixées à l'article 19 de la présente convention modifiée.*

*Toute suspension de l'opération fera l'objet d'un ordre de service de la Direction de l'environnement. Le BRGM s'engage à tout mettre en œuvre pour réaliser les missions définies à l'article 2 du présent avenant, dans un délai de quarante-huit mois à compter du 03 mars 2016 inclus. »*

### **Article 3.** - Modification de l'article 10 : Modalités de paiement

L'article 10 est rédigé ainsi qu'il suit :

*« Un acompte de 7% du montant global hors taxes fixé à l'article 4, hors contribution du BRGM, soit quatorze millions deux cent trente-trois mille huit cent quatre-vingt-dix francs Pacifique hors taxes (14 233 890 F CFP HT), sera versé à la remise d'un rapport présentant dans le détail les actions prévisionnelles de la première année ainsi que les actions réalisées avant la livraison du rapport (dates et objet des missions, détails des rendus à remettre). Cet acompte sera déduit du règlement de la 1<sup>ère</sup> facture.*

*Les règlements se feront sur présentation et validation des factures accompagnées d'un relevé de dépenses et des justificatifs de réalisation : un rapport d'avancement et tout rapport intermédiaire ou de fin d'action selon le détail de l'article 11. Le modèle de relevé de dépenses est joint en annexe 2 modifiée.*

*La TVA fera l'objet d'une déclaration par le Pays et son paiement s'effectuera directement auprès du Payeur de la Polynésie française.*

*Le solde de 20% sera versé sur production par le BRGM de la justification technique et financière de la réalisation effective de l'opération telle que prévue par le programme d'actions visé en article 2 de la convention modifiée. »*

#### **Article 4. -** Modification de l'article 11 : Livrables attendus

L'article 11 est rédigé ainsi qu'il suit :

*« Les rapports seront fournis en un exemplaire papier et un exemplaire numérique (format pdf, word, excel et power point pour les présentations et supports de formation notamment). Les cartes élaborées dans le cadre du programme seront fournies au format ArcGIS.*

##### **o Suivi du projet**

- Rapport de démarrage du projet
- Rapports d'avancement relatifs au suivi du programme et de l'assistance technique

##### **o Action 1**

- Rapport de synthèse sur l'hydrogéologie des îles volcaniques similaires à celles de la Polynésie française, les approches mises en œuvre pour la prospection hydrogéologique de ce type d'aquifères, les connaissances sur l'hydrogéologie de la Polynésie française
- Rapport de synthèse sur les données existantes des îles sélectionnées
- Rapport sur la typologie des aquifères polynésiens

##### **o Action 2**

- Rapport sur les outils réglementaires
- Rapport sur les outils envisagés (le référentiel des points d'eau et le portail de l'eau VAITEA)
- Rapport décrivant la structure des outils mis en place (en particulier les bases de données utilisées) et mode opératoire pour la mise à jour des données

##### **o Action 3**

- Guides méthodologiques et de bonnes pratiques
- Supports de formation et rapports bilan des formations
- Cahiers des charges types
- Rapports d'expertise
- Un rapport bilan sera également fourni au terme de chaque opération de l'action 3

##### **o Action 4**

- Rapport d'étude détaillée de l'île de Moorea
- Rapport d'étude détaillée de l'île de Ua Pou
- Rapport d'étude détaillée de l'atoll de Rangiroa
- Rapport d'étude détaillée des bassins versants Papeno'o et Punaru'u

##### **o Synthèse**

- Rapport de synthèse de l'ensemble du programme

##### **o Calendrier prévisionnel de rendu des livrables**

*Les rapports relatifs aux actions 1, 2 et 4 seront fournis selon le planning détaillé dans le paragraphe 5 du programme d'actions, annexe 1 de la présente convention.*

*Un rapport d'avancement sera fourni à chaque facturation.*

*Le rapport de synthèse clôturera l'ensemble du projet et sera livré au plus tard le 31 décembre 2019. »*

**Article 5.** - Modifications de l'article 20 : Contrôle comptable et financier

Le second tiret de l'article 20 est rédigé ainsi qu'il suit :

- « adresser un compte-rendu financier au Pays, à l'occasion des demandes de versement conformément aux modalités de paiement de l'article 10. »

**Article 6.** - Modifications de l'article 23 : Durée du contrat, enregistrement, nombre d'exemplaires

L'article 23 est rédigé ainsi qu'il suit :

*« La présente convention est établie, au jour de la signature, pour une période de quatre (4) ans en 6 exemplaires originaux comprenant deux (2) annexes dont un programme détaillé et le modèle de justificatifs des dépenses réalisés, à utiliser pour la facturation. Elle peut être dénoncée à tout moment par lettre recommandée avec accusé de réception, moyennant un préavis de un mois. Elle est exempte de tous droits de timbre et d'enregistrement. »*

**Article 7.** - Autres clauses

Les autres articles de la convention n° 1366/MCE du 03 mars 2016 restent inchangés et continuent d'obliger les Parties. En cas de conflit entre les dispositions de l'Avenant n° 1 et celles de la Convention, celles de l'Avenant n° 1 prévaudront.

La Convention et l'Avenant n° 1 forment un tout indissociable.

Fait à Papeete, le

Fait à

, le

Fait à

, le

La Présidente Directrice Générale du  
BRGM

Pour la Polynésie française  
Le Ministre  
de la culture  
et de l'environnement,  
*en charge de l'artisanat*

**Michèle ROUSSEAU**

**Heremoana MAAMAATUAIAHUTAPU**



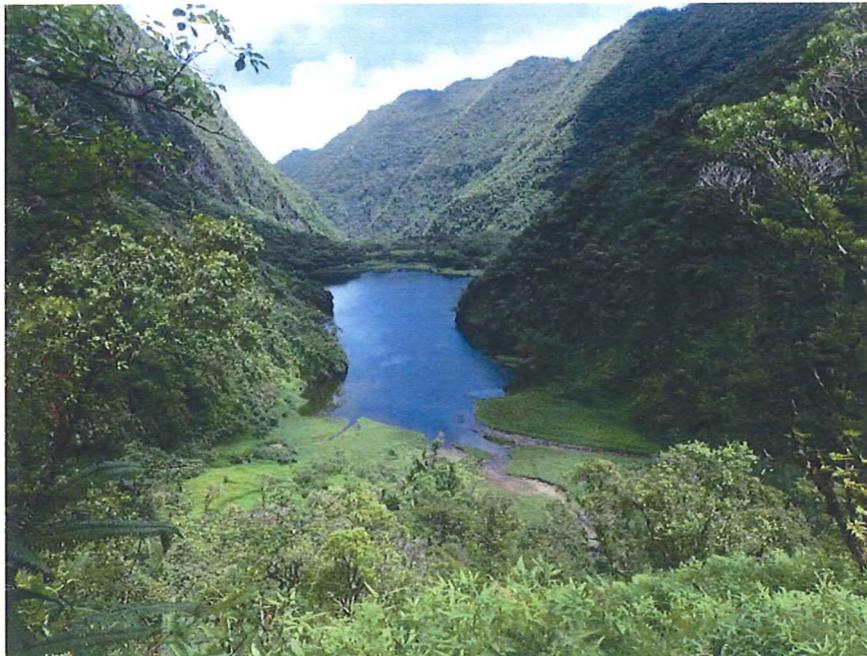


MINISTÈRE  
DE LA CULTURE  
ET DE L'ENVIRONNEMENT,  
*en charge de l'artisanat*



Annexe 1 modifiée à la convention n°1 366/MCE du 03 mars 2016 et son avenant 1

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



Date de la version : 13 décembre 2018

## Résumé

L'eau est le facteur vital de tout développement et de toute vie.

En Polynésie française, la principale ressource en eau exploitée est la ressource en eau souterraine. Particulièrement vulnérable en milieu insulaire, l'expérience locale montre que les pressions exercées en Polynésie française sur cette ressource sont grandissantes, par l'augmentation de son exploitation (liée à l'augmentation des besoins consécutifs au développement démographique et économique), son exposition aux pollutions et par les effets du changement climatique (sécheresse et élévation du niveau de la mer). Le croisement de la vulnérabilité et des pressions polluantes présente un risque important d'atteinte à la pérennité de la ressource et donc au développement du pays.

Les dernières études de connaissances de cette ressource datent de 1969.

Ainsi, dans la perspective de bâtir des conditions de développement durable de la Polynésie française, respectueuses des capacités des ressources, le programme d'actions pour la gestion des eaux souterraines a pour objectif de mieux connaître la ressource en eau souterraine pour la gérer de manière raisonnée.

Ce programme s'articule autour de 4 actions principales :

- de **synthèse des connaissances** et de **caractérisation de la typologie** des aquifères polynésiens, avec des observations sur le terrain de 8 îles,
- d'élaboration d'**outils de gestion de l'eau en Polynésie française**,
- d'assistance technique pour une **gestion intégrée et durable** de la ressource en eau souterraine sur l'ensemble de la Polynésie française, incluant le volet de formation et une assistance juridique,
- et de 4 études hydrogéologiques sur 3 îles (Moorea, Ua Pou et Rangiroa) et des bassins versants de la Papeno'o et de la Punaru'u sur l'île de Tahiti.

## Sommaire

<b><u>I.</u></b>	<b><u>CONTEXTE</u></b>	<b><u>4</u></b>
<b><u>II.</u></b>	<b><u>OBJECTIFS</u></b>	<b><u>9</u></b>
<b><u>III.</u></b>	<b><u>PROGRAMME D' ACTIONS DETAILLE</u></b>	<b><u>11</u></b>
<b><u>IV.</u></b>	<b><u>CHRONOGRAMME</u></b>	<b><u>28</u></b>
<b><u>V.</u></b>	<b><u>LIVRABLES</u></b>	<b><u>30</u></b>

## I. CONTEXTE

### A. Situation de la ressource en eau et de son exploitation en Polynésie

Si les ressources sont suffisantes dans plusieurs îles pour couvrir les besoins à 30 ans, elles restent limitées dans d'autres îles (par exemple Maupiti ou Bora Bora) où les besoins sont amplifiés par le développement du tourisme de luxe.

Des problèmes de quantité de stock d'eau disponible commencent à se poser sur quelques forages de Tahiti et des problèmes de qualité de l'eau brute dans les îles des archipels (Huahine ou Rimatara). Ces ressources sont fragiles, notamment les ressources littorales très vulnérables aux intrusions d'eau salée, cette vulnérabilité va croître avec l'élévation du niveau de la mer (changement climatique), qui modifiera la position de l'interface eau douce / eau salée dans les nappes littorales.

Le changement climatique va également avoir un effet sur les températures et les précipitations qui influencent majoritairement la recharge en eau des nappes d'eau souterraine et par voie de conséquence sur le renouvellement de la ressource en eau souterraine.

En 2016, une enquête menée par le BRGM révèle une sollicitation importante de la ressource en eau par les communes dans le but d'approvisionner la population en eau. Il apparaît que :

- **67% des communes** (soit 32 communes sur 48) ont recours aux eaux souterraines,
- **74% des captages** d'eau recensés sollicitent les eaux souterraines (222 ouvrages sur 301) ; 36 % captent les eaux superficielles (rivières),
- 77% des captages d'eau souterraine se situent dans l'archipel de la Société, soit 172 ouvrages,
- 16 communes sur 48 rencontrent des problèmes liés à l'utilisation des eaux souterraines,
- à Tahiti, 9 communes sur 12 sont à la recherche de nouvelles ressources ou d'optimisation des moyens de captages.

La **consommation est variable** en fonction des îles et des communes, avec moins de 150 l/j/hab dans les atolls, de 250 à 350 l/j/hab dans les communes faisant payer l'eau, elle peut atteindre 1 500 à 2 000 l/j/hab dans les communes ne facturant pas l'eau au volume consommé.

Par ailleurs, il y a **méconnaissance globale des volumes prélevés** pour l'alimentation en eau potable, l'agriculture et l'industrie, du fait de l'absence de dispositifs de comptage de l'eau captée aux ouvrages ou encore de la relève de ces compteurs lorsqu'ils existent et qu'ils fonctionnent. De plus, malgré une obligation réglementaire d'assurer un suivi qualitatif de la ressource en eau destinée à la consommation humaine (à raison d'une analyse annuelle), la majorité des exploitants de la ressource ne les réalisent pas, du fait du coût de cette analyse notamment pour les communes dont le budget dédié à l'eau est faible ou encore de la difficulté technique à les réaliser du fait de l'éloignement de certaines îles.

En 10 ans, la **qualité de l'eau** destinée à la consommation humaine s'est améliorée. Le pourcentage de la population ayant accès à l'eau potable est en effet passé de **13% en 2007 à 59% en 2017**.

Cependant, ces chiffres ne traduisent pas la disparité d'accès à l'eau potable existante entre les îles puisque, en 2017, seules **10 communes sur 48 distribuent de l'eau potable**, soit 20% des collectivités, **toutes réparties dans l'archipel de la Société** :

- 7 communes de Tahiti : Arue, Faa'a, Mahina, Papara, Papeete, Pirae et Punaauia,
- 3 communes des ISLV : Uturoa, Tumara'a et Bora Bora.

Des efforts devront encore être engagés pour atteindre des taux acceptables par l'optimisation des performances des réseaux et l'amélioration des traitements (désinfection notamment).

La mise en place des **périmètres de protection des captages** n'est pas réglementée car confrontée à des difficultés d'ordre foncier. La vulnérabilité des points de production d'eau aux contaminations n'est donc pas garantie. Les collectivités disposent cependant de l'outil PGA, plan général d'aménagement, pour instaurer des servitudes de protection des captages. Il n'existe pas par ailleurs de dispositifs de protection des zones de recharges des nappes.

En 2017, 43 communes sur 48 disposent d'un schéma directeur d'alimentation en eau potable. Le Code Général des Collectivités Territoriales leur impose la mise en place d'un service de l'eau au 31 décembre 2024, engendrant d'importants investissements au sein des communes.

Eu égard aux besoins d'alimentation de la population en eau, des industries et de l'agriculture ; les ressources en eaux souterraines seront encore sollicitées. Il convient de mettre en œuvre un programme minimal de connaissances de cette ressource dans les zones à enjeux. Les modalités de fonctionnement, la vulnérabilité, l'exposition aux risques de contamination, le suivi des paramètres physiques et chimiques doivent notamment être appréhendés pour pérenniser au minimum leur exploitation.

### **B. Les eaux souterraines en Polynésie : un potentiel à gérer**

Malgré l'importante sollicitation des ressources en eaux souterraines, les connaissances sur l'hydrogéologie, la science des eaux souterraines, en Polynésie sont encore très incomplètes dans la mesure où peu de recherches et de suivi sont réalisés. Il n'existe pas d'inventaire exhaustif des aquifères de toutes les îles habitées. L'hydrogéologie est conditionnée par la géologie des sols qui crée des aquifères, formations géologiques constituées de roches perméables, contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau mobilisable (formations poreuses ou fissurées) et capable de la restituer naturellement ou par exploitation (drainage, pompage,...).

Les îles polynésiennes résultent de l'activité volcanique de la ride du Pacifique Est au droit de « points chauds » où l'activité magmatique est forte. On distingue des îles de morphologies variées en fonction de leur âge :

- les îles hautes, constituées uniquement de matériau volcanique et plutôt jeunes (Tahiti par exemple – entre 0.3 et 1.25 Ma) ;
- les îles mixtes qui présentent un édifice volcanique et un récif barrière délimitant un lagon (Bora Bora par exemple – entre 3.2 et 3.8 Ma) ;
- les îles basses ou atolls, constituées d'un récif barrière enserrant un lagon et correspondant aux îles les plus anciennes (Mururoa par exemple – 10 Ma).

Dans les îles hautes, on distingue les aquifères à porosité de fissure au droit des formations volcaniques et les aquifères à porosité d'interstices liées aux formations d'altération. En règle générale, les niveaux aquifères les plus intéressants sont les coulées volcaniques à l'intérieur desquelles la fracturation joue un rôle prépondérant pour les eaux souterraines dans la mesure où elle assure une continuité entre les différentes coulées.

A Tahiti, l'aquifère basal des formations volcaniques, compte tenu de ses bonnes caractéristiques hydrogéologiques, fait l'objet d'une exploitation par de nombreux forages et quelques sources de forte capacité (ex: source du Bain du Roi d'Arue avec un débit de 1000 m<sup>3</sup>/h).

Dans les autres îles hautes, de dimension plus réduite, la puissance de l'aquifère basal n'est généralement pas comparable à celle de l'aquifère de Tahiti. Leur exploitation doit être plus délicate avec des débits beaucoup plus faibles (moins de 30 m<sup>3</sup>/h) et des risques accrus de salinisation par le biseau d'eau salé. Par ailleurs, ces îles ayant une altitude moins élevée que l'île de Tahiti, les précipitations y sont plus faibles et induisent une recharge plus limitée des nappes d'eau souterraine.

A plus haute altitude, les alluvions torrentielles, les produits d'altération des formations basaltiques et les coulées basaltiques fissurées peuvent également renfermer des aquifères d'extensions plus limitées. Ces aquifères dits « perchés » peuvent être localement productifs mais la forte hétérogénéité des formations rend cette productivité très incertaine ; par ailleurs ces aquifères sont particulièrement vulnérables aux risques de pollution.

Les îles mixtes et les atolls ont une structure géologique très différente des îles hautes, et par là-même des ressources en eau souterraine beaucoup plus limitées. Les formations volcaniques des atolls ne sont généralement plus visibles car le cône volcanique est situé sous le niveau de la mer. La surface des atolls est constituée de matériaux d'origine corallienne. Les eaux souterraines se trouvent dans des petits aquifères volcaniques ou dans les formations coralliennes constituant les lentilles d'eau douce, en équilibre hydrostatique au-dessus de l'eau de mer.

L'exploitation des eaux souterraines en Polynésie doit être paramétrée en fonction de **l'abondance des ressources, de la connaissance hydrogéologique locale et des besoins**. Ainsi :

- A Tahiti, la majorité de la production provient déjà des eaux souterraines et ce ratio va vraisemblablement augmenter dans les années à venir, dans la mesure où la ressource est présente,
- A l'inverse, les îles de taille plus modeste peuvent avoir du mal à subvenir aux besoins de leurs habitants. La ressource est par ailleurs beaucoup plus sensible aux variations climatiques du fait de l'insularité. Ainsi, des problèmes d'alimentation en eau potable sur les îles de Bora Bora et Maupiti ont été observés suite à des périodes de sécheresse.

Une meilleure connaissance des ressources et une gestion optimisée sont d'ores et déjà indispensables.

### **C. La nécessité d'une gestion globale des ressources en eau souterraine**

La ressource en eau souterraine de Polynésie est mal connue et très variable d'une île à l'autre, en fonction de sa taille, de sa configuration morphologique, géologique et hydroclimatique.

Si l'île de Tahiti semble disposer de ressources importantes, il est indispensable de mieux les caractériser afin de les gérer dans une optique de développement durable. Il est en particulier impératif d'établir une typologie des aquifères polynésiens, d'approfondir les connaissances sur le fonctionnement des aquifères, et en particulier la localisation des zones d'infiltration et l'estimation quantitative de la recharge afin d'en apprécier l'aspect quantitatif.

Le deuxième élément important à prendre en compte est la qualité de l'eau souterraine. Un intérêt majeur des eaux souterraines par rapport aux eaux de surface est qu'elles sont naturellement mieux protégées des pollutions de surface, leur conférant ainsi une très bonne qualité. Cette protection est néanmoins variable dans le sous-sol en fonction de la configuration de l'aquifère et des terrains qui sont situés au-dessus. Elle peut être caractérisée sous la forme de cartes de vulnérabilité. Le croisement de la vulnérabilité et des pressions polluantes permet d'évaluer le risque de pollution d'une nappe d'eau souterraine. Sur l'île de Tahiti, qui concentre l'essentiel de l'activité industrielle et économique, les aquifères exploités ne semblent pas montrer de problèmes de contamination bactérienne mais il est plus difficile d'établir un diagnostic sur leur qualité physico-chimique car le suivi est incomplet. Par ailleurs, l'inertie des nappes combinée au stockage dans les horizons profonds du sol et de la zone non-saturée peuvent retarder la manifestation de pollutions présentes au niveau du sol, qu'elles soient ponctuelles ou diffuses. Il est ainsi particulièrement important de prévenir les pollutions diffuses liées aux transferts de nitrates et de pesticides.

Dans les petites îles et les atolls, des phénomènes de contamination de l'aquifère d'eau douce par l'eau de mer peuvent être observés et sont aggravés par une exploitation trop intensive de la lentille superficielle (remontée d'eau salée).

Les programmes de suivi qui se mettent progressivement en place sont indispensables pour pouvoir évaluer l'état quantitatif et qualitatif de la ressource. Il importe par ailleurs de distinguer :

- **la protection des captages/forages** : les études relatives à la mise en place des périmètres de protection relève des exploitants (communes ou usagers privés). Ces études, localisées géographiquement, concernent principalement l'exploitation en question. Les zonages de protection définis peuvent être inclus au PGA.
- **et la protection de la ressource** : elle concerne les zones d'alimentation et recharge des nappes exploitées. Ces zones ne souffrent pas des limites administratives, elles doivent donc être évoquées de manière plus globale, à l'échelle des bassins d'alimentation des captages ou des bassins versants souterrains. Leur protection est indispensable pour la pérennité de la qualité de la ressource.

Dans les secteurs où la ressource globale est importante, il est nécessaire d'éviter un accroissement anarchique des forages et prévenir de futurs conflits d'usage entre collectivités, industriels et particuliers. Une planification de la gestion des ressources en eau, actuellement absente, doit ainsi être mise en place.

Cette planification permettra de prendre en compte tous les aspects liés à l'eau :

- Caractérisation et évaluation des ressources en eau souterraine,
- Prospection des ressources en eau souterraine,
- Adéquation entre besoins et ressources (évaluation des consommations, prévision des besoins futurs),
- Suivi quantitatif et qualitatif de la ressource,
- Protection de la ressource,
- Protection des captages et forages d'eau,
- Protection contre les intrusions d'eau marine pour les aquifères côtiers et les atolls,
- Contrôle des activités susceptibles de contaminer la ressource en eau souterraine,
- Mode d'occupation du sol favorisant l'infiltration des eaux météoriques,
- Alimentation artificielle des nappes par des eaux de surface ou par des eaux résiduaires,
- Aspects socio-économiques (prix de l'eau, lutte contre le gaspillage, conflits d'usage, responsabilisation des usagers de l'eau, aides aux collectivités, schémas directeurs d'alimentation en eau potable,...),
- Aspects réglementaires (protection de la ressource en eau souterraine, protection des captages d'alimentation en eau potable, eaux embouteillées, autocontrôle, forages, ...).

**D. Intervention de la Direction de l'Équipement en matière de gestion des eaux souterraines**

La Polynésie française est compétente en termes de gestion du domaine public y incluant l'ensemble des cours d'eau, lacs, eaux souterraines et sources, sols et sous-sol des eaux souterraines. La Direction de l'équipement est le service territorial chargé de la gestion du domaine public. A ce titre, son département, le GEGDP (groupeement d'études et de gestion du domaine public), dispose d'une base de données des études hydrauliques, hydrologiques et hydrogéologiques faisant apparaître une masse importante d'informations, disparates dans de nombreux secteurs (météo, foreurs, exploitants privés) et demeurant à valoriser.

Il convient de promouvoir leur organisation et leur synthèse pour offrir aux différents décideurs et services une visibilité de l'état des connaissances (antérieures et en cours d'acquisition) de la ressource en eau souterraine sur l'ensemble du vaste territoire polynésien.

La mise en cohérence de l'ensemble des informations disponibles qui provient de différents acteurs locaux peut notamment être opérée par l'intermédiaire d'un système d'informations géographiques des eaux souterraines.

## II. OBJECTIFS

Sur la base de l'état des lieux précédent et considérant la volonté de la Polynésie d'intégrer les eaux souterraines dans sa politique de l'eau en vue du développement durable du Pays, le programme de connaissance, de protection et de gestion des eaux souterraines a été défini autour de 4 actions:

1. de **synthèse des connaissances** et de **caractérisation de la typologie** des aquifères polynésiens, avec des observations sur le terrain de 8 îles,
2. d'élaboration d'**outils de gestion de l'eau de la Polynésie française**,
3. d'assistance technique pour une **gestion intégrée et durable de la ressource** en eau souterraine sur l'ensemble de la Polynésie française, incluant un volet de formation et une assistance juridique (dont la mise en place d'un réseau de suivi piézométrique et qualitatif, la mise en place d'une procédure d'AOT ou encore une étude de définition de la taxe d'exhaure),
4. et de 4 études hydrogéologiques sur 3 îles (Moorea, Ua Pou et Rangiroa) et deux bassins versants de l'île de Tahiti.

Ce programme comprend la connaissance de la ressource en eau, sa gestion et les aspects réglementaires. En effet, ces trois domaines sont liés : sans connaissance, il est impossible d'identifier et d'anticiper les problèmes et sans outil réglementaire adapté, il est difficile de mettre en place des politiques de gestion intégrée de la ressource en eau souterraine.

**L'action 1** vise à **réaliser un inventaire des données et des connaissances relatives aux principales îles polynésiennes** ainsi qu'une synthèse bibliographique sur l'hydrogéologie des milieux volcaniques du même type que la Polynésie (Hawaii, Mayotte, Réunion, Corée, etc.). Cette action a pour objectif de fournir les éléments de base pour les études hydrogéologiques détaillées prévues dans l'action 4 et de donner les orientations techniques

**L'action 2** vise à **créer un système d'information et de gestion de l'eau en Polynésie française**. Ce système permettra de fédérer les données existantes et celles acquises dans le cadre du présent programme d'actions. Il permettra également à tous les gestionnaires de l'eau de disposer d'un référentiel et d'un outil commun, condition indispensable à une gestion rationnelle de la ressource en eau.

**L'action 3** regroupe des « actions à la carte » qui porteront sur une assistance technique (réalisation de guides méthodologiques, outils, réglementation, expertises à la demande) aux différents services en charge de la gestion de l'eau pour leur permettre de développer une logique de gestion intégrée et à long terme de la ressource. Pour cela, un **volet de formation des acteurs de la gestion de la ressource en eau souterraine - les agents du Pays, des communes, syndicats ou groupements de communes**, notamment les communes urbanisées et celles des archipels qui exploitent préférentiellement la ressource en eau souterraine est prévu. L'objectif, à terme du programme sur 4 ans au maximum, sera **d'améliorer l'expertise locale** en terme d'exploitation et de gestion des ressources en eau souterraine, la prospection, l'exploitation des équipements de forages et captages, l'exploitation des données recueillies et leur analyse. Ces volets de formation concerneront les cadres et les

techniciens des services techniques du Pays (DEQ-GEGDP, DIREN, CHSP, SAU, etc), du Syndicat pour la Promotion des Communes de Polynésie Française SPC-PF, des communes urbanisées, des communes des archipels exploitant les ressources en eau souterraine et les groupements de communes ou syndicats de communes. L'ouverture de cette formation pourra être envisagée à d'autres acteurs.

L'action 3 portera également sur la **réalisation d'outils d'accompagnement** tels que des guides méthodologiques techniques (exploitation par exemple) ou des interventions d'expertises réglementaires (protection des ressources, protection des forages/captages, réflexion sur la taxe d'exhaure, etc.) ou techniques (diagnostic, analyse tierce d'étude, etc.).

**L'action 4** vise à étudier de manière détaillée des îles aux contextes hydrogéologiques différents : Moorea, île haute différente de Tahiti, Ua Pou, île mixte et un atoll Rangiroa, ainsi que deux bassins versants de Tahiti : Papenoo et Punaruu. La complexité des hydrosystèmes volcaniques requiert une approche pluridisciplinaire de « haute résolution » pour la compréhension de leur structure et de leur fonctionnement, afin de mettre en évidence leurs ressources en eau, assurer leur gestion et leur protection. **Les indices obtenus au moyen d'une seule discipline (géologie ou hydrochimie par exemple) ne peuvent être déterminants ; seule la convergence d'un faisceau d'indices concordants permet de conclure.** Dans cette perspective, la mise en oeuvre combinée des différentes disciplines des géosciences est indispensable : géologie du volcanisme, géophysique, hydrogéologie de terrain (contexte d'émergence des sources, relations nappes-cours d'eau), hydrodynamique (piézométrie, interprétation des pompages d'essai, traitement du signal haute fréquence), hydrochimie (majeurs, traces, isotopes). Ces études, impliquant des investigations de terrain, ont pour objectif de mieux connaître la ressource en eau et d'obtenir les éléments nécessaires qui permettront d'orienter plus efficacement les programmes d'exploitation de cette ressource. Elles permettront aussi d'évaluer les approches les plus pertinentes pour appréhender l'hydrogéologie de l'ensemble de la Polynésie, optimiser l'exploitation de la ressource et garantir une gestion durable dans les différentes îles.

### III. PROGRAMME D' ACTIONS DETAILLE

#### **A. ACTION 1 – SYNTHÈSE DES DONNÉES RELATIVES AUX AQUIFÈRES DES PRINCIPALES ÎLES POLYNÉSIENNES ET TYPOLOGIE DE CES AQUIFÈRES**

Le fonctionnement des aquifères volcaniques est peu connu et globalement peu étudié. Les publications scientifiques sont rares et souvent spécifiques à un ensemble volcanique donné. Deux modèles conceptuels ont été définis pour caractériser leur fonctionnement (cf. Figure 1) : le modèle Canarien pour les Canaries, l'île Maurice et la Réunion, et le modèle Hawaïen pour Hawaï, les Açores, Madère, les Comores et les Galapagos. La Réunion avait d'abord été considérée comme ayant un fonctionnement de type Hawaïen mais de nouvelles données semblent montrer que son fonctionnement serait plutôt de type Canarien. De même, le modèle Hawaïen ne semble pas s'appliquer à toutes les îles hawaïennes (cf. Figure 2). La Martinique et l'île de Basse-Terre en Guadeloupe d'une part, ainsi que Mayotte d'autre part, ne semblent pas non plus avoir un fonctionnement hydrogéologique correspondant aux deux modèles conventionnels cités ci-dessus. Il n'est pas à exclure qu'un nouveau modèle soit proposé (adaptation des modèles conceptuels) suite aux investigations réalisées dans le cadre de ce programme.

La caractérisation du fonctionnement hydrogéologique d'une île volcanique est donc une étape délicate et nécessite une étude détaillée et approfondie de son contexte géologique, climatique et hydrogéologique permettant de définir un ou des modèles conceptuels adaptés. Grâce à ces modèles, la typologie des aquifères rencontrés pourra être établie, afin d'orienter les futures prospections et de définir des outils de gestion adaptés de la ressource en eau.

Bien que les connaissances sur l'hydrogéologie en Polynésie soient encore très incomplètes, l'objectif de cette action sera d'établir un premier inventaire des types d'aquifères présents sur le territoire polynésien. La zone d'étude couvrira les îles principales<sup>1</sup> des Marquises, des Tuamotu-Gambier, de la Société et des Australes.

Cette action se déroule en 3 étapes :

##### **a) Synthèse bibliographique des milieux volcaniques insulaires**

Une étude bibliographique détaillée sera réalisée pour synthétiser les connaissances et concepts sur l'hydrogéologie des milieux volcaniques du même type que la Polynésie (Hawaï, Mayotte, Galapagos, Réunion, ...). Elle permettra de faire la synthèse des approches mises en œuvre pour la prospection hydrogéologique des aquifères volcaniques.

##### **b) Inventaire des données existantes (hors Tahiti) et synthèse des connaissances des îles Polynésiennes**

Cet inventaire concernera un **inventaire des sources** (enquête auprès des communes), un **inventaire des forages et des données de débits** des principaux cours d'eau. En l'absence de données hydrogéologiques, cet inventaire sera réalisé à partir de données morphologiques, géologiques et climatologiques. Il sera complété par des

---

<sup>1</sup> L'étude s'intéressera exclusivement aux 76 îles habitées de la Polynésie française.

observations in-situ sur des îles qui seront sélectionnées par le comité de suivi de l'étude selon des critères d'enjeux de développement, de pression anthropique notamment.

Ce travail a été réalisé pour Tahiti de septembre 2011 à octobre 2012. Le travail de terrain qui sera réalisé sur les îles sélectionnées viendra le compléter. La sélection des îles sera opérée par le comité de suivi suivant des critères de représentativité, superficie, problématique communale d'alimentation en eau, etc.

Les lacunes à combler pour une meilleure compréhension du fonctionnement hydrogéologique de chaque île seront identifiées et indiquées autant que de besoin.

### c) Typologie des aquifères des principales îles polynésiennes

L'objectif de cette tâche sera de proposer une typologie des aquifères basée notamment sur les données topographiques, morphologiques et hydrologiques, complétées par les données hydrogéologiques disponibles.

La caractérisation de la typologie des aquifères exploités permet de prévoir les caractéristiques de la future exploitation de l'eau souterraine (caractéristiques de la prospection, les débits hypothétiques, etc.).

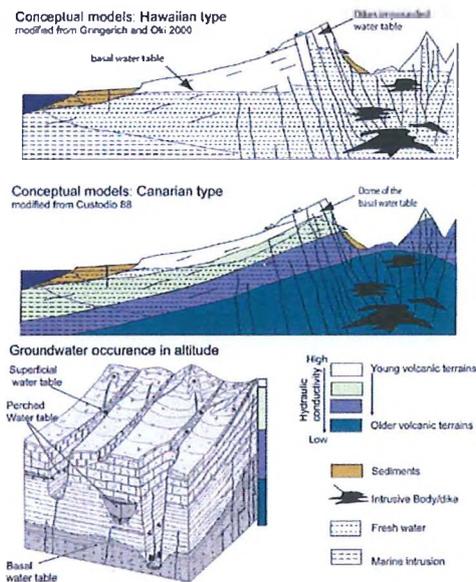


Figure 1 : Modèles conceptuels conventionnels : les modèles Havaïen et Canarien, d'après Join et al, 2005<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Join, J.-L., Folio, J.-L., Robineau, B., 2005. Aquifers and groundwater within active shield volcanoes. Evolution of conceptual models in the Piton de la Fournaise volcano. Journal of Volcanology and Geothermal Research 147 (1–2), 187–201.

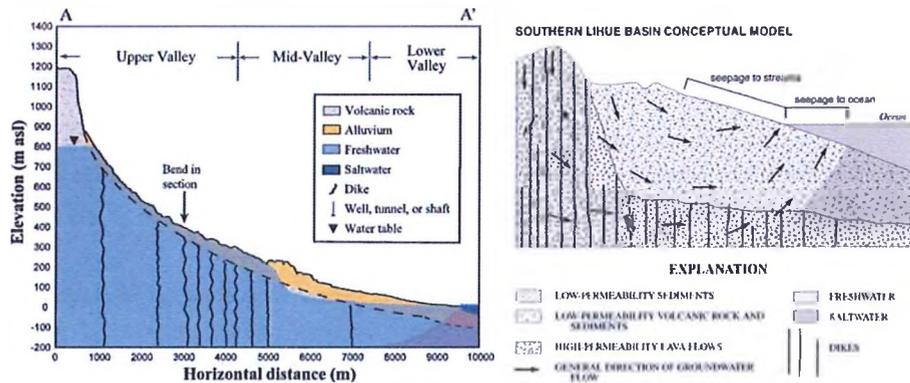


Figure 2 : A gauche, modèle conceptuel de la vallée de Makaha (Hawaï), d'après Mait et Fares, 2011<sup>3</sup> A droite modèle conceptuel du bassin de Lihue (Sud Kauai) d'après Isuka et Gingerich<sup>4</sup>

Un exemple de typologie qui pourrait être utilisé est le suivant :

- aquifère basal des formations basaltiques des îles hautes de grandes dimensions
- aquifère basal des formations basaltiques des îles hautes de petites dimensions
- aquifère perché des alluvions torrentielles
- aquifère perché des produits d'altération des formations basaltiques
- aquifère perché au sein des coulées basaltiques fissurées
- aquifère des alluvions littorales mixtes
- aquifère périalluvial
- aquifère des graves et sables coralliens des atolls

Cette typologie sera adaptée et modifiée autant que de besoin, en fonction des résultats des tâches précédentes. Le BRGM s'appuiera notamment sur les résultats des récents travaux qu'il a réalisés dans des contextes volcaniques insulaires, notamment à la Réunion<sup>5,6,7,8</sup>, sur l'île de Basse-Terre en Guadeloupe<sup>9</sup>, en Martinique<sup>10,11,12</sup> ou à Mayotte<sup>13,14</sup>.

<sup>3</sup> Mair A. et Fares A. (2001) Time series analysis of daily rainfall and streamflow in a volcanic dike-intruded aquifer system, O'ahu, Hawai'i, USA. Hydrogeol. J., 19: 929-944.  
<sup>4</sup> Izuka S.K., Gingerich S.B. (2003) - A thick lens of fresh groundwater in the southern Lihue Basin, Kauai, Hawaii, USA. Hydrogeol. J., 11, p. 240-248.  
<sup>5</sup> STOLLSTEINER.P., AUNAY.B., DE.LA.TORRE.Y., DELPONT.G (2008) Etude hydrogéomorphologique de la Rivière du Mât et propositions de solutions de gestion. Vol. 1/5 : Inventaire bibliographique. Vol. 2/5 : Evolution géomorphologique. Vol. 3/5 Analyse pluviométrique et hydrologique. Vol 4/5 Estimation du transport solide. Rapport BRGM/RP-56364-FR  
<sup>6</sup> AUNAY.B., LACHASSAGNE.P., STOLLSTEINER.P. (2009) Identification des modalités d'exploitation des ressources en eaux souterraines du domaine d'altitude de l'Est de La Réunion - Phase 2. Rapport final. Rapport BRGM/RP-57185-FR.  
<sup>7</sup> GIRARD.J.F., MIEHE.J.M., COPPO.N., AUNAY.B. (2008) Méthodologie d'imagerie électrique haute résolution des aquifères côtiers en milieu volcanique à la Réunion. Rapport final. Rapport BRGM/RP-56612-FR  
<sup>8</sup> AUNAY.B., GENEVIER.M., LADOUCHE.B., MARECHAL.J.C. (2010) Analyse fonctionnelle par traitement du signal et approche géochimique des aquifères du nord de la Réunion. BRGM/RP-57955-FR  
<sup>9</sup> Dumon A., Vittecoq B., Allier D., Mougou B., Ladouche B. (2009) – Contribution à l'évaluation de la ressource en eau souterraine de la Basse-Terre - Guadeloupe. BRGM/RP-56821-FR.  
<sup>10</sup> VITTECOQ B, LACHASSAGNE P, TRAINEAU H. (2008) Hydrogéologie du flanc est de la Montagne Pelée, BRGM/RP-55936-FR.  
<sup>11</sup> VITTECOQ.B., LACHASSAGNE.P., LANINI.S., LADOUCHE.B., MARECHAL.J.C., PETIT.V. (2007) Elaboration d'un système d'information sur les eaux souterraines de la Martinique : identification et caractérisations quantitatives. Rapport BRGM/RP-55099-FR.  
<sup>12</sup> Allier D., Vittecoq B., Mardhel V., (2008) - Evaluation de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines de la Martinique. Rapport final BRGM/RP-56283-FR.  
<sup>13</sup> GUILBERT.M., AUNAY.B., LACHASSAGNE.P., MALARD.A., MATHIEU.F. (2008) Synthèse hydrogéologique du Nord-Est de Mayotte. Caractérisation des masses d'eau souterraine des secteurs de Petite Terre et de Tsoundzou-Koungou. Rapport BRGM/RP-56600-FR.  
<sup>14</sup> JAOUEN.T., VITTECOQ.B., LIONS.J., GOURCY.L., WINCKEL.A., ALLIER.D. (2011) Caractérisation hydrogéologique du potentiel en eau souterraine de Mayotte - Secteur Nord-Ouest. Rapport d'avancement. Rapport BRGM/RP-59621-FR.

## **B. ACTION 2 - Elaboration d'outils de gestion de l'eau en Polynésie française**

Cette action a pour objectif **d'intégrer les données collectées sur Tahiti et dans le cadre de l'action 1.b dans un système d'information et de gestion des eaux souterraines commun** à tous les services de la Polynésie. Ce système sera évolutif et aura vocation à devenir pérenne.

Dans la mesure où une gestion opérationnelle de l'eau implique à la fois une approche technique et une approche réglementaire, cette action fera également le point sur les outils réglementaires et de gouvernance de l'eau en Polynésie et dans des pays de contexte similaire.

### **a) Outils réglementaires et de gouvernance de l'eau**

L'objectif est de faire le lien entre la connaissance scientifique et technique et la gestion opérationnelle de la ressource :

- Analyse de la situation en Polynésie française,
- Analyse de la réglementation existante et des problèmes liés à sa mise en œuvre,
- Etude de cas sur la réglementation et les structures mises en œuvre à Hawaii (Board of Water Supply par exemple),
- Recherche des modes de gestion et d'organisation de l'eau dans des pays de la zone Pacifique ou dans des contextes similaires.

### **b) Gestion des données**

L'ensemble des données recueillies lors des différentes phases de l'étude seront stockées et organisées sous la forme d'un référentiel des points d'eau. Dans un objectif de connaissance plus élargie des ressources (de la source au lagon) et afin de mieux les gérer, ce référentiel rassemblera également des informations sur les réservoirs collectifs d'eau de pluie (ressource primordiale dans les atolls), les points de distribution d'eau potable (contrôlés par le CHSP et les communes) et de rejet en mer ou dans les lagons.

Basé sur un identifiant pour en faire un référentiel commun de l'administration polynésienne, le point d'eau sera attaché à l'île sur laquelle il est situé. Une dénomination locale pourra être utilisée. Des photos datées ainsi que des documents pourront également être rattachés aux points d'eau. Parallèlement, tout point d'eau sera rattaché à une personne physique, identifiée par des éléments de son état civil ou une personne morale, identifiée par son numéro Tahiti.

Chaque point d'eau se caractérisera par une ou plusieurs fonctions parmi les suivantes :

#### 1) Les sources

Cette fonction sera attribuée aux émergences d'eau souterraine qui donnent naissance à des cours d'eau ou qui sont captées dans leur intégralité.

#### 2) Les réservoirs collectifs d'eau de pluie et d'eau de mer

Dans le contexte polynésien, les ressources représentées par les eaux de pluie et eau de mer revêtent un caractère majeur dans les Tuamotu notamment. Il est donc apparu nécessaire de recenser les réservoirs collectifs permettant le stockage de ces ressources et à partir desquels la production d'eau potable est assurée à courte échéance.

### 3) Les captages

La fonction de captage permet d'identifier les points d'eau destinés à la production d'eau. Une distinction sera faite entre les captages souterrains, les captages de surface en rivière et les captages dans le milieu marin. Dans la mesure du possible, l'usage de l'eau (eau potable, eau sanitaire, élevage, irrigation, ...) sera précisé, de même que les volumes prélevés. La référence de l'AOT (Autorisation d'Occupation Temporaire du domaine public) autorisant le captage sera également mentionnée si l'ouvrage a fait l'objet d'une procédure réglementaire en bonne et due forme.

### 4) Les rejets

Pour cette fonction, seront distingués les rejets en surface, les rejets infiltrants dans le sous-sol et les rejets en mer. Par ailleurs, les références de l'autorisation (AOT) seront également bancarisées.

### 5) Les points de distribution

Il s'agit de référencer les points de distribution d'eau destinée à la consommation humaine, présents sur l'ensemble des réseaux, contrôlés par le CHSP et les exploitants.

### 6) Les points de surveillance

Il sera possible d'associer la fonction de point de surveillance à tout point d'eau en considérant que la surveillance peut porter sur :

- le suivi des hauteurs d'eau des cours d'eau (suivi limnimétrique),
- le niveau d'eau des nappes (suivi piézométrique),
- la qualité des eaux (suivi physico-chimique et/ou biologique),

Pour chaque type de suivi, les mesures bancarisées seront datées et associées au matériel d'acquisition. Pour le suivi qualité, des lexiques se basant sur les dictionnaires du SANDRE (Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau) devront être privilégiés.

La figure 3 représente l'architecture envisagée et les relations entre les différentes entités. Il est par ailleurs proposé que ce référentiel soit mis en place au format PostGresSQL 9.5 avec un développement en Java 1.8. Deux applications seront notamment développées : une première pour l'administration des points d'eau et la saisie de leurs différents attributs et une seconde pour la consultation des fiches des points du référentiel.

La gestion de l'outil sera assurée par le Service Informatique du Pays et les données consultables via le portail Te Fenua.

A l'issue de la mise en place du référentiel, des sessions de formation seront organisées pour assurer la prise en main de l'outil par les services concernés.

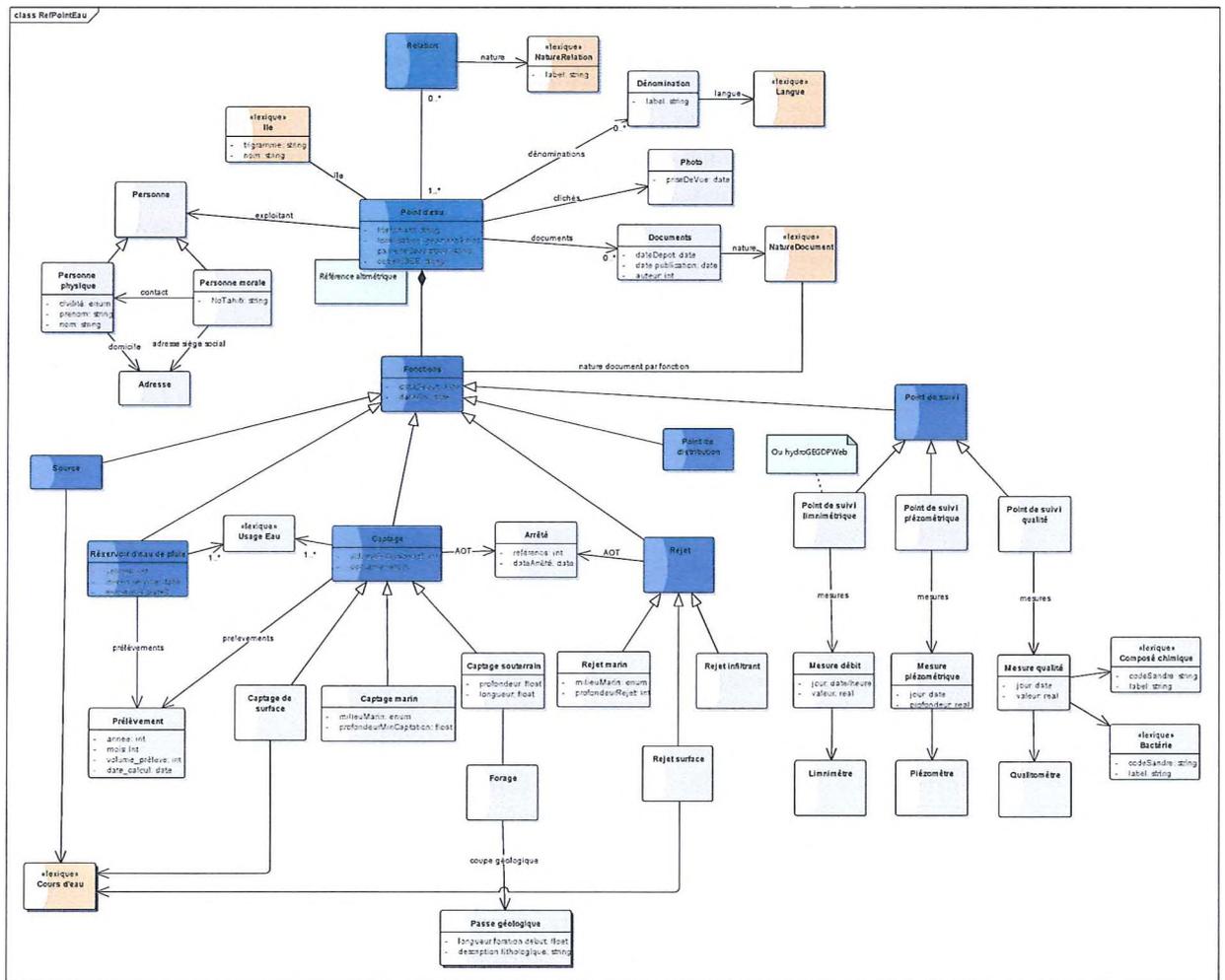


Figure 3 : Architecture et relations envisagées pour le référentiel points d'eau

### c) Diffusion / valorisation des données

Les données seront diffusées et valorisées via un outil de type SIGES (Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines) spécialement conçu dans le cadre du projet.

En Métropole, les SIGES correspondent à des portails thématiques d'accès aux données et à l'information sur les eaux souterraines. Ils cristallisent au travers d'un site internet cartographique, les actions et les acteurs de la thématique. Le BRGM en assure leur gestion et leur bon fonctionnement.

En Polynésie française, la mise en place du portail VAITEA (VALorisation des Informations Techniques sur l'EAU) vise à répondre aux attentes suivantes :

- Accéder aux données et aux informations disponibles via une interface de recherche
- Accéder aux ressources bibliographiques
- Accéder aux informations juridiques et procédurières administratives
- Apporter de l'information aux élus et décideurs
- Disposer d'une information à différentes échelles géographiques pertinentes (Pays, Iles, Communes, Bassins versants)

- Disposer d'une liste de contacts dans chaque service du Pays, des Communes et exploitants
- Disposer de nouvelles et d'actualités scientifiques et techniques sur la thématique
- Disposer de supports (plaquettes, vidéos...) et de guides de bonnes pratiques
- Disposer d'outils d'aide à la décision
- Faire comprendre les enjeux de la préservation de la ressource
- Informer les citoyens
- Permettre le téléchargement des données pour un traitement a posteriori

Il apparaît que la plupart de ces préoccupations concernent à la fois les services du Pays, les exploitants de l'eau, les bureaux d'études ou les citoyens qui peuvent notamment être à la recherche d'informations sur des secteurs ciblés (présence de ressources au droit d'une commune, qualité de l'eau distribuée, ...)

Basé sur un système de gestion de contenu (ou *Content Management System / CMS*) qui offre une plus grande souplesse dans l'animation du site, le projet est imaginé sous la forme de 6 briques fonctionnelles organisées selon le schéma suivant (cf. Figure 4).

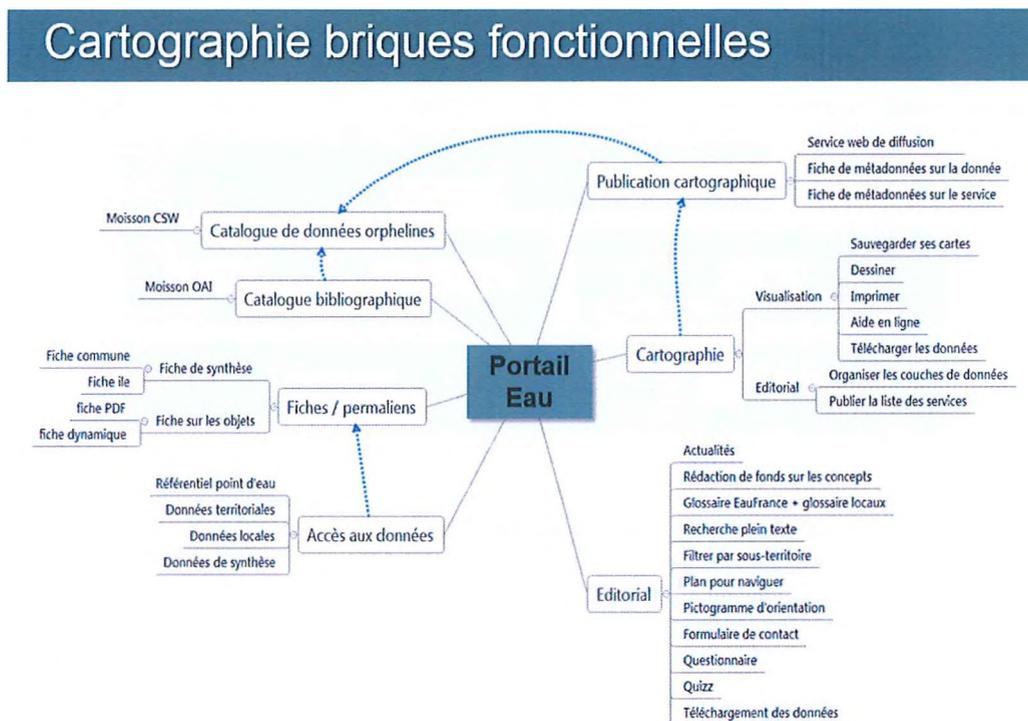


Figure 4 : Architecture envisagée pour l'outil VAITEA

Il reposera également sur l'utilisation de composants auxquels le BRGM a recours pour la gestion des SIGES métropolitains (cf. Figure 5) :

- SPIP est un outil de gestion de contenu éditorial facilitant la publication d'articles sans se soucier des mises en forme liées aux langages informatiques de l'internet. Ce dernier est développé en langage PHP et s'appuie sur une persistance avec le moteur de base de données MySQL. Le portail VAITEA se basera sur la version SPIP 3.0.x.

- SPIP offre également la possibilité d'y associer des plugins qui améliorent et facilitent les manipulations. Le projet utilisera certains d'entre eux comme CartoVisu ou CartoCMS.
- CartoVisu est un développement original basé sur OpenLayers 2 d'un espace de visualisation cartographique. Il interagit avec CartoCMS pour connaître les configurations et les services à mettre à disposition. Il a été développé dans un esprit d'intégration poussé dans SPIP.
- CartoCMS est un développement original du BRGM pour faire le lien entre l'espace de visualisation cartographique et la partie éditoriale. Il offre un back-office pour administrer les services et les éléments mis à disposition dans l'espace de visualisation cartographique.

Comme le référentiel des points d'eau, le projet VAITEA a fait l'objet d'une validation de la part du service de l'informatique de la Polynésie française qui en assurera la gestion.

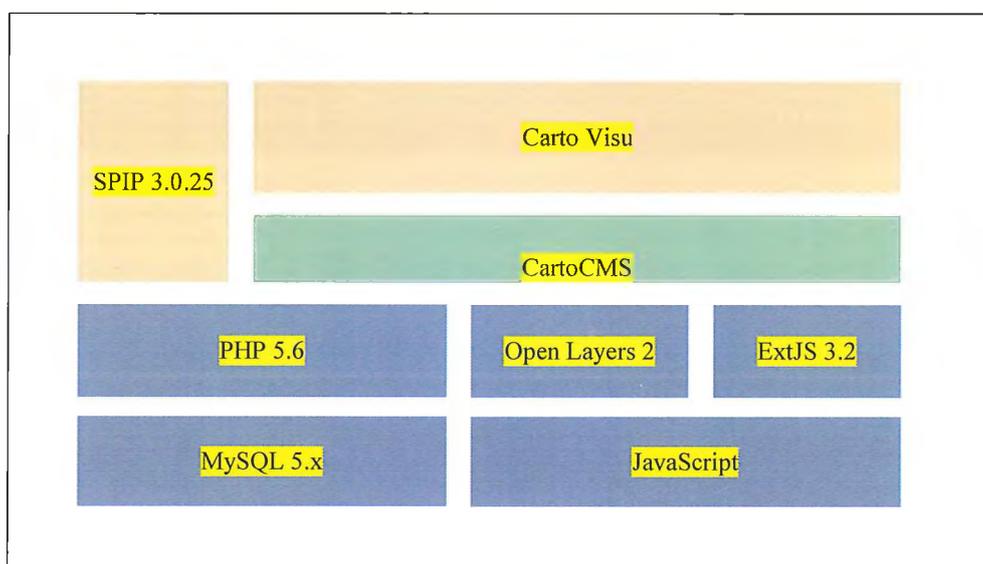


Figure 5 : Composants retenus pour l'outil de diffusion VAITEA

### **C. ACTION 3 – ASSISTANCE TECHNIQUE ET FORMATION POUR UNE GESTION INTEGREE A LONG TERME DE LA RESSOURCE EN EAU**

Cette action démarrera dès le début du programme d'actions et s'étendra sur la durée entière du programme d'actions. **Cette action a vocation à s'adapter aux besoins de la Polynésie française, certains sont d'ores et déjà identifiés, d'autres émergeront au fur et à mesure de l'avancement du programme d'actions.** Ce volet sera donc relativement souple afin de s'adapter au fur et à mesure des avancées, aux besoins de la Polynésie française. Ainsi, le détail de l'action se précisera au fur et à mesure de l'avancement du programme.

Elle regroupe des « actions à la carte » qui porteront sur une assistance technique (réalisation de guides méthodologiques, outils, réglementation, expertises à la demande) aux différents services en charge de la gestion de l'eau pour leur permettre de développer une logique de gestion intégrée et à long terme de la ressource.

#### **a) Sur le plan technique :**

Un fort **besoin de formation** est d'ores et déjà identifié et prioritaire pour le Pays. Il s'agira d'actions de formation des acteurs de la gestion de la ressource en eau souterraine : **les agents du Pays, des communes, syndicat ou groupement de communes**, notamment les communes urbanisées et celles des archipels qui exploitent préférentiellement la ressource en eau souterraine, est prévu.

Les formations porteront notamment sur des informations en hydrogéologie, l'hydrogéologie locale des îles polynésiennes, l'exploitation des outils de gestion des nappes (réseau piézométrique), la formation à l'exploitation des forages, etc.

L'objectif est **d'améliorer l'expertise locale** en termes d'exploitation et de gestion des ressources en eau souterraine, de la prospection, de l'exploitation des équipements de forages et captages, de l'exploitation des données recueillies et leur analyse.

Ces volets de formation concerneront les cadres et les techniciens des services techniques du Pays (DEQ-GEGDP, DIREN, CHSP, SAU, etc.), du Syndicat pour la Promotion des Communes de Polynésie Française SPC-PF, des communes urbanisées, des communes des archipels exploitant les ressources en eau souterraine et les groupements de communes ou syndicats de communes. L'ouverture de cette formation pourra être envisagée à d'autres acteurs. Le détail de cette action sera défini précisément par le comité de suivi ainsi que le calendrier d'exécution. Cette action de formation pourra se dérouler la première année et se poursuivre tout au long du programme, en fonction des interventions in-situ notamment.

Il s'agira également de mettre en place des guides méthodologiques et des outils adaptés aux différents contextes hydrogéologiques permettant à la Polynésie française de développer une logique de gestion intégrée et à long terme de la ressource par :

- la réalisation de guides méthodologiques adaptés au contexte de la Polynésie relatifs à la protection des captages/forages, l'encadrement de la recherche de nouvelles ressources, la prospection, modalités d'exploitation des ressources, etc.

- des interventions à la demande (ex : tierces expertises d'études conduites par des bureaux d'études, appui à maîtrise d'ouvrage territoriale et ou communale)
- l'élaboration de cahiers des charges types pour des études de périmètres de protection
- l'appui aux services en charge de traiter les dossiers de nouveaux captages et de protection de ces captages (périmètres de protection, aire d'alimentation de captage)
- la définition de zones potentiellement intéressantes pour la protection de la ressource en eau souterraine

Durant toutes ces opérations, une formation sera fournie aux personnels impliqués dans ces actions sur les thématiques suivantes :

- Forages
  - Préconisations pour la réalisation d'un forage
  - Prospection géophysique pour l'implantation de forages
  - Diagnostic sur l'état d'un forage et préconisations de travaux de réhabilitation
- Intrusions salines : mécanismes
- Galeries drainantes
  - Modalités d'exploitation dans les formations alluviales
  - Bonnes pratiques
  - Impact sur le cours d'eau

#### **b) Sur le plan réglementaire :**

La réglementation dans le domaine de l'eau apparaît incomplète ou inadaptée. Un travail d'analyse réglementaire pourra porter sur :

- L'évaluation de la faisabilité technique de mise en œuvre de nouvelles réglementations, telles que la protection des forages/captages, la protection de la ressource
- La réflexion de l'évaluation de la taxe d'exhaure applicable en Polynésie française
- L'amélioration de la coordination technique entre les services acteurs de la gestion de la ressource en eau souterraine

Les membres du comité de suivi définiront les actions et les livrables. Ils valideront également les devis proposés pour chaque action inscrite dans cette action d'assistance technique et de formation.

Dans le cas où le montant total cumulé des devis n'atteindrait pas le montant total de l'action, seules seront rémunérées les prestations validées et réalisées. Le comité de suivi est l'instance décisionnelle de ces choix.

#### **D. ACTION 4 – ETUDES HYDROGEOLOGIQUES DETAILLEES**

Cette action démarrera au début de la deuxième année du plan d'actions et durera 3 ans.

L'action 4 vise à étudier de manière détaillée des îles aux contextes hydrogéologiques très différents :

- une île haute différente de Tahiti : Moorea ;
- une île mixte : Ua Pou ;
- un atoll : Rangiroa ;
- et deux bassins versants de Tahiti : Punaruu et Papenoo.

Le choix des sites a été effectué par le comité de suivi du programme d'actions sur la base d'un recensement des besoins prioritaires des communes en termes d'exploitation de leurs ressources en eau souterraine.

Ces études ont pour objectif d'orienter le plus efficacement possible les programmes d'exploitation et de gestion des ressources locales par une meilleure connaissance de la ressource.

Elles permettront d'évaluer les approches les plus pertinentes pour appréhender l'hydrogéologie de l'ensemble de la Polynésie, optimiser l'exploitation de la ressource et garantir une gestion durable dans les différentes îles.

La connaissance de la ressource concerne la structure et le fonctionnement des aquifères, en matière d'évaluation des différents termes du bilan et en termes de potentiel d'exploitation (estimation de la recharge, problématique liée aux nappes superposées, concentration des captages dans certains secteurs, vulnérabilité).

Le dimensionnement des études détaillées sur les sites sélectionnés est global car il a été adapté au cas par cas à chaque zone étudiée (superficie de la zone, accessibilité, contexte géologique et hydrogéologique, données disponibles, etc.).

Le montant total des travaux et études ne pourra dépasser le volume prévisionnel prévu pour cette partie de l'action, sauf si des ressources supplémentaires y sont consacrées par transfert de ressource d'une autre action.

##### **I. Etude hydrogéologique détaillée des îles de Moorea et Ua Pou**

Les prospections hydrogéologiques en milieu volcanique et tropical se confrontent à plusieurs difficultés :

- la complexité des structures géologiques, parce que les édifices volcaniques sont composés d'une superposition de formations de natures très variées qui en font un milieu discontinu hétérogène ;
- l'hétérogénéité du comportement hydrogéologique des formations du sol est très fortement lié à leur état de fracturation et d'altération, difficile à apprécier lors des investigations ;
- et les difficultés d'accès liées à la densité végétale et aux reliefs accidentés.

Face à ces contraintes, une méthodologie adaptée doit être mise en œuvre par des investigations spécifiques et complémentaires, menées à des échelles croissantes.

Les reconnaissances de terrain mises en œuvre se décomposeront en trois principales tâches :

- des prospections géologiques et hydrogéologiques de terrain,
- la réalisation de mesures géophysiques,
- et la réalisation de prélèvements d'eau pour analyses.

Un programme similaire sera mis en œuvre pour chacune des deux îles.

### 1. Reconnaissances géologiques et hydrogéologiques de terrain

L'objectif de cette première étape est de réaliser les reconnaissances géologiques et hydrogéologiques de terrain, en remontant les principales ravines et rivières sur le site et ses environs (dans la limite des conditions d'accès et des conditions climatiques).

Les formations géologiques seront identifiées avec précision, ainsi que leur structure, leur degré de fissuration/fracturation et l'état d'altération des formations superficielles sus-jacentes.

En complément, des mesures de conductivité, température, pH et débit seront menées sur les cours d'eau et sources dans le but d'appréhender la contribution des eaux souterraines aux écoulements de surface. Des logs de conductivité / température seront réalisés sur les forages pour positionner l'interface eau douce / eau salée.

Ces reconnaissances géologiques et hydrogéologiques de terrain permettront de dresser des cartes précises des secteurs ciblés, pour ensuite proposer des hypothèses quant aux écoulements souterrains suspectés dans les aquifères ciblés, sous forme de modèles conceptuels. Le déterminisme géologique étant prédominant dans l'hydrogéologie en contexte volcanique, la réalisation de cartes géologiques détaillées sera un des points clés de la réussite des prospections.

Si les conditions le permettent, des pompages d'essai pourraient être réalisés sur quelques forages AEP afin de définir avec précision les paramètres hydrodynamiques des aquifères captés (transmissivité, emmagasinement), ainsi que des logs de conductivité / température sur les forages.

### 2. Campagne de mesures géophysiques

L'objectif de cette deuxième étape est de réaliser des prospections géophysiques par panneaux électriques. La méthode de prospection par panneaux électriques est une méthode géophysique dont le but est de décrire les variations de résistivité en profondeur le long d'un profil. Elle réalise à la fois une investigation en profondeur comme un sondage électrique et une investigation en profil comme une traînée électrique.

Des procédures d'acquisition et des équipements spécifiques commandés par microprocesseur ont été mis au point pour réduire les difficultés et les coûts de mise en œuvre. L'interprétation des résultats, qui est une interprétation 2D, fait appel à des algorithmes spécifiques de calcul tenant compte, notamment, des variations d'altitude le long du profil.

Les profils sont réalisés à l'aide de 96 électrodes avec un espacement inter-électrode de 10 m pour assurer la meilleure résolution des anomalies superficielles et un

espacement maximal suffisant pour pouvoir atteindre une profondeur comprise entre 50 et 100 m. Sur chacun de ces profils, deux dispositifs électriques seront mis en œuvre : soit le dipôle-dipôle et le Wenner-Schlumberger, soit le dipôle-dipôle et le gradient généralisé (selon la longueur du profil 500 m ou 1000 m).

Les prospections seront réalisées en 4 semaines de terrain. Au préalable, le BRGM procédera au balisage des profils sélectionnés et au layonnage (débroussaillage léger permettant le passage d'une personne) le long de ces derniers.

### 3. Prélèvements, analyses et caractérisation de la qualité des eaux

Les principales sources, forages et rivières (à l'étiage) seront prélevées afin de caractériser les faciès hydrochimiques des aquifères et de mieux comprendre leur fonctionnement et interactions grâce aux éléments majeurs (Ca, Na, K, Mg, Cl, HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>, F). En complément, les éléments traces (Ag, Al, As, Ba, B, Be, Br, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Se, Sn, Sr et Zn) seront analysés pour caractériser le fond géochimique<sup>15</sup>.

Des analyses isotopiques seront également réalisées afin d'améliorer la caractérisation et la différenciation des eaux souterraines étudiées<sup>16</sup>. Le rapport isotopique du strontium (87Sr/86Sr) permet de caractériser les processus d'interaction eau/roche. Les variations isotopiques tracent également l'origine et les proportions de mélange du strontium dissous provenant de différents réservoirs géologiques.

Les isotopes de l'hydrogène et de l'oxygène de l'eau seront également analysés pour caractériser le cycle de l'eau et identifier les bassins versants contribuant à la recharge des eaux souterraines considérées. En effet, les isotopes stables de l'oxygène (<sup>18</sup>O) et de l'hydrogène (<sup>2</sup>H) ont des signatures qui correspondent à des environnements et des épisodes hydroclimatiques spécifiques ou des altitudes de recharges différentes. Les isotopes de l'eau se comportent donc comme des traceurs conservatifs et reflètent le mélange des différentes recharges ayant alimenté les eaux souterraines considérées.

Enfin, les teneurs en CFC-11, CFC-12 et CFC-113<sup>17</sup> ainsi que les teneurs en SF<sub>6</sub> seront quantifiées pour dater les eaux, estimer leur temps de renouvellement et compléter ainsi les analyses précédentes.

15 échantillons seront prélevés et analysés pour chaque île en complément des prélèvements destinés à caractériser les précipitations (2 postes pluviométriques à relever tous les 1,5 mois en vue du dosage des isotopes de l'hydrogène et de l'oxygène sur une durée maximale de 1 an).

---

<sup>15</sup> LIONS.J., VITTECOQ.B., PINSON.S., ALLIER.D. (2008) Identification des zones à risque de fond géochimique élevé dans les cours d'eau et les eaux souterraines de la Martinique. Rapport BRGM-RP-56748-FR.

<sup>16</sup> BRENOT A., VITTECOQ B., NEGREL P., MARDHEL V. (2008) Caractérisation et différenciation géochimique des eaux souterraines de la Martinique. Rapport BRGM/RP-56266-FR.

<sup>17</sup> GOURCY L., BARAN N., VITTECOQ B., SALQUEBRE D. (2009) Utilisation des outils CFC et SF<sub>6</sub> pour la datation des eaux souterraines dans divers contextes hydrogéologiques français. Géologue N°159 (Janvier 2009), pages 30 à 38.

#### 4. Synthèse des prospections

A l'issue de ces prospections de terrain, un rapport sera réalisé afin de synthétiser les observations et mesures, et de proposer un ou des modèles conceptuels adapté(s) à l'île étudiée.

Ce rapport contiendra notamment :

- la cartographie des itinéraires parcourus et des points d'observation (affleurements, sources, etc.) ;
- la description des affleurements représentatifs (photographies associées) ;
- les mesures de conductivité et de débit réalisées *in situ* (rivières et sources) ;
- les points prélevés pour analyse chimique et les interprétations réalisées
- l'implantation argumentée des panneaux électriques (tenant compte des conditions d'accessibilité)
- les coupes géo-électriques résultant des panneaux électriques et leur description ;
- l'interprétation hydrogéologique à l'échelle du site (modèles conceptuels) ;
- des propositions d'implantation de forages de reconnaissance.

L'évaluation des termes du bilan hydrologique à l'échelle des différents bassins versants de l'île (précipitations, précipitations efficaces, écoulements rapides, infiltration) ou à défaut, une carte de l'IDPR (Indice de Développement et de Persistance des Réseaux) représentant le potentiel d'infiltration ou de ruissellement des formations sera également réalisée afin de proposer une première estimation des volumes potentiellement exploitables pour l'AEP<sup>18</sup>.

Cette étude aura à la fois un intérêt opérationnel évident, mais elle est aussi proposée pour des raisons d'ordre méthodologique. La démarche adoptée, les techniques d'investigation mises en œuvre ainsi que les résultats obtenus pourront être transposés à d'autres îles équivalentes.

---

<sup>18</sup> Le BRGM a mené une approche similaire en MARTINIQUE avec un maillage kilométrique, ce qui permet d'évaluer la ressource bassin versant par bassin versant : VITTECOQ.B., LACHASSAGNE.P., LANINI.S., LADOUCHE.B., MARECHAL.J.C., PETIT.V. (2007) Elaboration d'un système d'information sur les eaux souterraines de la Martinique : identification et caractérisations quantitatives. Rapport BRGM/RP-55099-FR.

## **II. Etude hydrogéologique détaillée de l'atoll de Rangiroa**

Le seul aquifère présent sur les atolls serait constitué par une lentille d'eau douce située au sein des graves et sables coralliens, reposant en équilibre hydrostatique au-dessus de l'eau de mer. En fonction des atolls, son épaisseur varie de quelques mètres à quelques dizaines de mètres d'épaisseur. Elle se vidange naturellement sur tout le périmètre de l'atoll.

L'objectif de cette action est d'étudier dans le détail le fonctionnement de la lentille d'eau douce d'un atoll et de proposer des outils et méthode de gestion de la ressource en eau souterraine des atolls.

### **1. Reconnaissances hydrogéologiques et hydrochimiques de terrain**

L'objectif de cette première étape est de réaliser les reconnaissances géologiques et hydrogéologiques de terrain, notamment afin de recenser les puits ou forages qui pourraient être utilisés pour réaliser des pompages d'essai, et de localiser les sources littorales, exutoires de la lentille d'eau douce.

Des logs de conductivité / température seront réalisés sur les puits/forages pour positionner l'interface eau douce / eau salée.

Les principales sources, puits ou forages seront prélevées afin de caractériser les faciès hydrochimiques des aquifères et de mieux comprendre leur fonctionnement et interactions grâce aux éléments majeurs (Ca, Na, K, Mg, Cl, HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>, F). En complément, les éléments traces (Ag, Al, As, Ba, B, Be, Br, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Se, Sn, Sr et Zn) seront analysés pour caractériser le fond géochimique<sup>19</sup>. 15 échantillons seront prélevés et analysés.

Une caractérisation isotopique des pluies en vue de leur comparaison avec celles tombant au droit des îles haute et mixte étudiées dans le cadre du programme pourra être entreprise (1 poste pluviométrique à relever tous les 1,5 mois sur une durée maximale de 1 an couvrant la saison des pluies et la saison sèche).

La cartographie du niveau piézométrique de la lentille ainsi que des mesures de conductivité seront enfin réalisées pour caractériser l'évolution de la salinité près du littoral.

### **2. Campagne de mesures géophysiques**

L'objectif de cette deuxième étape est de cartographier avec précision la lentille d'eau douce et de déterminer notamment son épaisseur et son extension latérale. Si des forages sont en exploitation sur l'atoll, ces mesures devraient permettre d'imager avec précision les intrusions salines sous l'effet des pompages.

---

<sup>19</sup> LIONS J., VITTECOQ B., PINSON S., ALLIER D. (2008). Identification des zones à risques de fond géochimique élevé dans les cours d'eau et les eaux souterraines de la Martinique. Rapport BRGM-RP-56748-FR

Le recours à la RMP (Résonance Magnétique Protonique) qui permet de déterminer la teneur en eau des différents horizons géologiques (hors formations volcaniques) pourra également compléter l'approche électrique.

Les prospections seront réalisées en 2 semaines de terrain. Au préalable, le BRGM procédera au balisage des profils sélectionnés et au layonnage le long de ces derniers.

### 3. Modèle conceptuel et modélisation

A l'issue de ces prospections de terrain, un rapport sera réalisé afin de synthétiser les observations et mesures, et de proposer un ou des modèles conceptuels adapté(s) à l'île étudiée.

L'évaluation des termes du bilan hydrologique de l'atoll (précipitations, précipitations efficaces, écoulements rapides, infiltration) sera également réalisée afin de proposer une première estimation des volumes potentiellement exploitables pour l'AEP.

Cette étude présente un intérêt opérationnel évident eu égard à l'exploitation des lentilles d'eau douce par les habitants. Par ailleurs, la démarche poursuivie, les techniques d'investigation mises en œuvre ainsi que les résultats obtenus pourront être transposés à d'autres atolls équivalents.

### **III. Etude hydrogéologique détaillée des bassins versants de la Papeno'o et de la Punaru'u**

La première phase (étude d'une île haute) aura permis d'étudier à l'échelle d'une île son fonctionnement hydrogéologique et de déterminer un modèle conceptuel des îles hautes polynésiennes. L'objectif de cette action est d'étudier, à une échelle plus fine et précise, les bassins versants de la Papeno'o (côte au vent) et de la Punaru'u (côte sous le vent), parmi les plus grands de Tahiti et sites à enjeux. Les résultats de cette étude seront intégrés aux projets de schéma directeur de ces deux cours d'eau, programmes menés par la Direction de l'environnement dans le cadre du plan d'actions Rivière.

Cette action sera découpée selon le même principe que l'étude de l'île haute.

#### **1. Reconnaissances géologiques et hydrogéologiques de terrain**

L'objectif de cette première étape est de réaliser les reconnaissances géologiques et hydrogéologiques de terrain, notamment en remontant les principales ravines et rivières du bassin versant. Les formations géologiques seront identifiées avec précision, ainsi que leur structure, leur degré de fissuration/fracturation et l'état d'altération des formations superficielles sus-jacentes.

En complément, des mesures de conductivité et de débit seront menées sur les cours d'eau et sources dans le but d'appréhender la contribution des eaux souterraines aux écoulements de surface. Des logs de conductivité / température seront réalisés sur les forages pour positionner l'interface eau douce / eau salée.

#### **2. Campagne de mesures géophysiques**

L'objectif de cette deuxième étape est de réaliser des prospections géophysiques par panneaux électriques selon la même méthode que celle présentée précédemment. Les prospections seront réalisées en 2 semaines de terrain (une semaine par site). Au préalable, le BRGM procédera au balisage des profils sélectionnés et au layonnage le long de ces derniers.

#### **3. Prélèvements, analyse et caractérisation de la qualité des eaux**

Les principales sources, forages et rivières (à l'étiage) seront prélevés afin de caractériser les faciès hydrochimiques des aquifères et de mieux comprendre leur fonctionnement et interactions grâce aux éléments majeurs (Ca, Na, K, Mg, Cl, HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>, F) et éléments traces (Ag, Al, As, Ba, B, Be, Br, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Se, Sn, Sr et Zn). Les teneurs en CFC et SF<sub>6</sub> seront également quantifiées pour estimer l'âge des eaux et les temps de renouvellement et compléter ainsi les analyses précédentes. 15 échantillons seront prélevés et analysés pour chaque bassin versant.

Un programme d'analyses isotopiques pourra être mis en œuvre pour la caractérisation des pluies (suivi de 2 postes pluviométriques par bassin versant à relever tous les 1,5 mois sur une durée maximale de 1 an) et des eaux souterraines.

#### 4. Synthèse des prospections

A l'issue de ces prospections de terrain, un rapport sera réalisé afin de synthétiser les observations et mesures, et de proposer un ou des modèles conceptuels adaptés à l'île étudiée.

L'évaluation des termes du bilan hydrologique à l'échelle du bassin versant (précipitations, précipitations efficaces, écoulements rapides, infiltration) ou à défaut, une carte de l'IDPR (Indice de Développement et de Persistance des Réseaux) représentant le potentiel d'infiltration ou de ruissellement des formations sera également réalisée.

Cette étude aura un intérêt opérationnel évident, mais elle est proposée pour des raisons d'ordre méthodologique. La démarche proposée, les techniques d'investigation mises en œuvre ainsi que les résultats obtenus pourront être transposés à d'autres îles équivalentes. Les données acquises dans le cadre de cette action seront intégrées à l'outil VAITEA (cf. action 2).

#### **E. ACTION 5 – ENCADREMENT DE L'ACTION ET VOLONTARIAT DE SERVICE CIVIQUE (VSC)**

Cette action s'étendra sur toute la durée du programme. L'encadrement des 4 actions sera effectué depuis Orléans. Par ailleurs, une antenne du BRGM a été implantée en Polynésie en vue de favoriser le transfert des compétences techniques et le dialogue technique avec le BRGM.

### **IV. CHRONOGRAMME**

Le programme d'actions se déroulera sur quatre ans selon le détail présenté ci-après.

## V. LIVRABLES

Les rapports seront fournis en un exemplaire papier et un exemplaire numérique (format pdf, word ; excel et power point pour les présentations et supports de formation notamment). Les cartes élaborées dans le cadre du programme seront fournies au format ArcGIS.

- **Suivi du projet**
  - Rapport de démarrage du projet
  - Rapports annuels d'avancement relatifs au suivi du programme et de l'assistance technique (au terme de chaque année civile)
- **Action 1**
  - Rapport de synthèse sur l'hydrogéologie des îles volcaniques similaires à celles de la Polynésie, les approches mises en œuvre pour la prospection hydrogéologique de ce type d'aquifères, les connaissances sur l'hydrogéologie de la Polynésie
  - Rapport de synthèse sur les données existantes (îles sélectionnées)
  - Rapport sur la typologie des aquifères polynésiens
- **Action 2**
  - Rapport sur les outils réglementaires
  - Rapport sur les outils envisagés (référentiel points d'eau et portail de l'eau VAITEA)
  - Rapport décrivant la structure des outils mis en place (en particulier les bases de données utilisées) et mode opératoire pour la mise à jour des données
- **Action 3**
  - Guides méthodologiques et de bonnes pratiques
  - Supports de formation et rapports bilan des formations
  - Cahiers des charges types
  - Rapports d'expertise
- **Action 4**
  - Rapport d'étude détaillée d'une île haute
  - Rapport d'étude détaillée d'une île mixte
  - Rapport d'étude détaillée d'un atoll
  - Rapport d'étude détaillée de deux bassins versants de Tahiti
- **Synthèse**
  - Rapport de synthèse de l'ensemble du projet

- **Calendrier prévisionnel de rendu des livrables**

Les rapports relatifs aux actions 1, 2 et 4 seront fournis selon le planning détaillé dans le chapitre précédent. Un bilan ou un rapport sera également fourni au terme de chaque opération de l'action 3.

Les bilans annuels seront fournis au terme de chaque année civile de réalisation de façon à être synchrones aux opérations de facturation. Le rapport de synthèse clôturera enfin l'ensemble du projet.



**ANNEXE 2 modifiée à la convention n°1366 et son avenant 1**  
**Appui au programme d'actions pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines en**  
**Polynésie Française - VAITEA**

MODELE DE JUSTIFICATIF DES DÉPENSES RÉALISÉES  
 Période : semestre n°xx de l'année 201x

13.01742

AP16POL001	Quantités (en jours)	Prix unitaires (en euros)	Total HT (en euros)	Total HT (en FCP)
<b>ACTION N°1</b>				
Frais de Personnel :				
Chef de projet expert				
Ingénieur senior				
Ingénieur d'études				
Technicien confirmé				
Autres dépenses :				
Consommables				
Missions et déplacements				
Gestion courante				
Investissement matériel				
***				
<b>ACTION N°2</b>				
Frais de Personnel :				
Chef de projet expert				
Ingénieur senior				
Ingénieur d'études				
Technicien confirmé				
Autres dépenses :				
Consommables				
Missions et déplacements				
Gestion courante				
Investissement matériel				
***				
<b>ACTION N°3</b>				
Frais de Personnel :				
Chef de projet expert				
Ingénieur senior				
Ingénieur d'études				
Technicien confirmé				
Autres dépenses :				
Consommables				
Missions et déplacements				
Gestion courante				
Investissement matériel				
***				
<b>ACTION N°4</b>				
Frais de Personnel :				
Chef de projet expert				
Ingénieur senior				
Ingénieur d'études				
Technicien confirmé				
Technicien				
Autres dépenses :				
Consommables				
Missions et déplacements				
Gestion courante				
Investissement matériel				
***				
<b>ACTION N°5</b>				
Frais de Personnel :				
Chef de projet expert				
Ingénieur senior				
Ingénieur d'études				
Technicien confirmé				
Autres dépenses :				
Consommables				
Missions et déplacements				
Gestion courante				
***				
TOTAL en Euros Hors Taxes >				
Total en FCP Hors Taxes >				

FACTURATION DES TRAVAUX (en FCP) HT

Répartition				
Facturation Pays	80%			
Facturation BRGM	20%			
Total	100%			

FACTURATION DES TRAVAUX (en Euro) HT

Répartition				
Facturation Pays	80%			
Facturation BRGM	20%			
Total	100%			

Certifié exact et sincère,  
 le Directeur de la Division Comptable, Monsieur l'Agent Comptable du BRGM

Date :

Signature :