

ÉTUDE HYDROLOGIQUE DES ILES GAMBIER

par

F. MONIOD (1)

SOMMAIRE

- I — Introduction.
- II — La population et ses besoins en eau.
- III — Alimentation en eau.
- IV — Prélèvements et analyses des eaux de consommation.
- V — Écoulement superficiel : Bassin versant de GATAVAKE.
- VI — Eaux souterraines.
- VII — Conclusions.

I. — INTRODUCTION

L'ORSTOM a été chargé par la Direction des Centres d'Expérimentations Nucléaires/Service Mixte de Contrôle Biologique d'effectuer une étude hydrologique aux îles Gambier, pendant le premier semestre de 1966. L'examen pratique et rapide des eaux courantes et stagnantes, et une enquête sur les conditions d'utilisation de l'eau par la population pour ses multiples besoins constituaient l'objet de ce travail qui devait s'accomplir dans un souci de protection des populations. Son programme se développait en quatre points : l'inventaire des points d'eau, l'étude des bassins versants d'alimentation, l'observation de la circulation souterraine et le prélèvement d'échantillons d'eau. Le temps imparti au déroulement des opérations de terrains était prévu de cinq mois (janvier à mai 1966).

(1) Office de la Recherche scientifique et technique Outre-Mer, Centre de Nouméa.

D8
MON



24 NOV. 1976

13960 ex 1

Une première mission de l'hydrologue de l'ORSTOM, basé à Nouméa, s'est déroulée à Mangareva du 2 février au 21 mars 1966. Elle a consisté en une reconnaissance du terrain destinée à préciser l'origine des eaux utilisées par la population locale et le choix de l'équipement à mettre en place. Elle fut suivie de l'installation de divers appareils sur un petit bassin versant d'alimentation devant faire l'objet d'une étude hydrologique de surface. Un certain nombre d'échantillons d'eau de consommation ont été prélevés, analysés partiellement sur place et expédiés au laboratoire de pédologie de l'ORSTOM à Nouméa pour y subir une analyse chimique.

Du 7 au 24 juin une seconde et dernière mission de l'hydrologue a été mise à profit pour effectuer une série de mesures complémentaires que des conditions atmosphériques particulières rendaient possibles, et pour démontrer les installations.

II. — LA POPULATION ET SES BESOINS EN EAU

A quelques exceptions près sur les îlots de Taravaï et Akamaru, la population des Gambier est concentrée sur Mangareva. Pour cette raison, jointe à la difficulté de se rendre dans les autres îles, la présente étude se limite à l'île principale de l'archipel.

Le réseau hydrologique de Mangareva est imposé par le relief. Sur le versant oriental on ne rencontre en effet que des cours d'eau de très petite importance dont le bassin versant ne s'étend que sur quelques hectares et qui ne débitent que sous averse. Sur le versant sud, entre les Monts Duff et Mokoto, les cours d'eau sont assez nombreux. Leur débit, de quelques litres par seconde la plupart du temps, persiste sans doute toute l'année, puisque quelques-uns de ces ruisseaux ont reçu un nom (Matakiti, Batiki...) et sont peuplés d'animaux aquatiques comme les anguilles et des crevettes. Ce sont de véritables petits torrents de montagne avec bassin de réception, gouttière d'écoulement et cône de déjections sur lequel le ruisseau se partage en plusieurs bras avant de rejoindre la mer.

Enfin, sur le versant occidental de l'île, grâce à la disposition en arête des chaînons secondaires, apparaissent des cours d'eau qui drainent des superficies plus importantes, de l'ordre du kilomètre carré. Ce sont les ruisseaux de Gatavake, d'Apeakava et de Kirimiro. D'une façon générale les cours d'eau de Mangareva, drainant de faibles superficies, ont un débit faible qui s'épuise pendant les périodes de sécheresse tandis que les fortes pentes entraînent, sous averse, un ruissellement intense qui conduit à des crues brutales, aux débits de pointe élevés.

La population des îles Gambier représente environ 450 habitants dont la quasi-totalité est fixée sur l'île de Mangareva. Deux villages principaux groupent la majorité de cette population : Rikitea et Taku. Le reste est dispersé en groupes de quelques unités à Kirimiro, Gatavake, Atituiti Apeakava, etc.

Les besoins en eau de cette population sont de deux ordres : domestique d'abord, agricole ensuite pour arroser les jardins maraîchers et irriguer les Tarodières. En dehors de la culture du taro d'eau qui se pratique dans les endroits naturellement humides et même boueux, où les eaux cheminent vers la mer, les habitants des Gambier assurent leur alimentation en eau soit en recueillant et en conservant l'eau de pluie, soit en captant les sources et les petits cours d'eau, soit en creusant des puits jusqu'à la nappe phréatique. Les moyens de distribution étant assez rudimentaires (nombre restreint de robinets, arrosage au jet d'eau, quelquefois au tourniquet de jardin, souvent à l'arrosoir), la consommation d'eau journalière par habitant reste faible.

III. — ALIMENTATION EN EAU

1) ALIMENTATION EN EAU DE RIKITEA.

Le réseau d'adduction d'eau de Rikitea est complexe. La population utilisait jadis l'eau des puits creusés dans le sable de la bande côtière, qui, à un ou deux mètres de profondeur, rencontrent la nappe d'eau douce. Des petites sources suintant des rochers, au niveau de la plaine et fournissant une eau douce et claire, étaient également connues. Les puits, qui parfois ont été bouchés, sont encore nombreux dans le village de Rikitea mais on ne les utilise pratiquement plus. Le toit de tuiles de l'église de Rikitea, qui couvre environ 900 m² de surface, a été équipé sur sa face ouest de gouttières qui recueillent l'eau de pluie pour alimenter une citerne en ciment. Ce réservoir, fissuré, n'est plus en service. On peut estimer qu'à l'époque où la citerne fonctionnait, elle offrait à la population 800 à 900 m³ d'eau de pluie par an.

Le long du sentier qui, en direction du sud, monte vers la terrasse latéritique pour rejoindre ensuite Atituiti, trois petites sources ont été captées à 30 ou 40 mètres d'altitude. Les deux premiers captages consistent en des trous de 1,5 m × 2 m × 0,5 m, creusés à 5 mètres l'un de l'autre, dans lesquels l'eau affleure. Ils sont tapissés de parpaings et couverts de tôles ondulées mal ajustées. Le troisième captage est mieux protégé car il est recouvert d'une dalle en béton inamovible, avec un regard. Trois canalisations amènent l'eau à un collecteur d'où une conduite enterrée alimente un réservoir de 10 m³ environ, en ciment et planches jointives dans sa partie supérieure, convenablement construit et protégé. Le débit d'alimentation de ces réservoirs est faible, de 300 à 400 litres à l'heure en période sèche.

L'alimentation principale de Rikitea est assurée depuis quelques années (1961?) par le captage du ruisseau de Gatavake. A une altitude voisine de 165 m, les trois bras principaux du ruisseau ont été captés : une petite fosse de 1 m² sur 0,30 m de profondeur, dans laquelle se dépose une

partie du débit solide, est équipée sur le côté d'un pertuis dans lequel est logée la tête de la conduite, munie d'une crépine grossière. Une canalisation d'un kilomètre de longueur environ et de 2 pouces de diamètre aboutit, après avoir franchi le col de Gatavake, à un réservoir qui domine à 65 m d'altitude le village de Rikitea. D'un volume approximatif de 80 m³, ce réservoir est construit en ciment et planches jointives dans sa partie supérieure. Son toit de tôle constitue une protection efficace. Il est branché sur l'ancienne conduite qui alimente tout le village en le traversant. La conduite d'amenée au réservoir étant à gueule noyée, son débit n'est pas directement mesurable. Elle absorbe tout le débit du ruisseau de Gatavake en période sèche mais en période de pluie elle s'engorge et débite par saccades. On peut estimer que son débit maximal est de l'ordre de 3 l/s.

Enfin, à l'extrémité septentrionale du village, des captages isolés de deux petits ruisseaux à écoulement très temporaire, remplissent périodiquement des réservoirs de ciment de 10 à 15 m³ qui alimentent séparément deux bornes fontaines.

2) ALIMENTATION EN EAU DE TAKU

Une petite source suintant du rocher, derrière l'église, alimentait jadis la population du village. Une murette en ciment retenait en une vasque l'eau de la source où les habitants venaient puiser. Ce captage est actuellement abandonné et il se développe en aval une petite tarodière et une bananeraie dans la vase gorgée d'eau.

Un^e source a été captée à 30 mètres d'altitude, derrière l'église, et alimente un réservoir d'une vingtaine de m³, du même type que ceux de Rikitea. L'eau, après avoir suinté, est récoltée dans un trou garni de parpaings d'où une canalisation l'amène au réservoir. Ce trou est sale, vaseux, encombré de végétation et mal couvert par des tôles disjointes. Le débit de ce point d'eau est des plus faibles : 3 litres à la minute. Étant donné sa situation, cette source ne peut pas être alimentée convenablement. Elle se situe au pied d'une petite butte, sur une pente générale d'au moins 30°. Elle ne peut donc drainer, au plus, qu'une poche d'eau. Le sol est squelettique, extrêmement ferrallitique, ne supportant qu'une maigre végétation de fougères. Le terrain est activement attaqué par l'érosion qui découpe de part et d'autre de la source deux profonds thalwegs d'ailleurs à sec. Il est probable que l'altération de la roche est profonde et que les eaux infiltrées ne se collectent que dans la plaine. Le réservoir de Taku alimente le village par quelques bornes fontaines. Aussi, les habitants les plus éloignés de la conduite de distribution recueillent-ils dans des fûts l'eau de pluie qui ruisselle du toit de leur maison.

3) ALIMENTATION EN EAU DES HABITATIONS ISOLÉES.

D'une façon générale la conservation en fûts de l'eau de pluie recueillie du toit est courante. Cette eau est utilisée pour la boisson et pour la cuisine.

Dans la région d'Atituiti, les ruisselets sont nombreux et les habitants y puisent directement selon leurs besoins.

Sur la côte est de Mangareva, on rencontre quelques habitations isolées qui sont alimentées en eau par captage individuel d'un ruisselet, canalisation et robinet.

Sur la côte ouest, notamment dans les petites plaines côtières de Gata-vake, Kirimiro, Apeakava, Ganhutu, la population utilise l'eau de la nappe phréatique. Celle-ci, qu'il suffit d'un trou de 1 à 2 m de profondeur pour découvrir, est une nappe d'eau douce qui, en bord de mer, est parfois polluée par l'eau salée. Elle sourd fréquemment sur le rivage au niveau des plus hautes marées, parfois plus bas et dans ce cas ce n'est qu'à marée basse que la source est utilisable. Cette eau sert rarement à la boisson mais à la toilette, à la lessive et à l'arrosage des jardins. L'eau de boisson est, de préférence, l'eau de pluie ou celle qui suinte parfois des rochers, à quelques mètres d'altitude, comme la petite source de Vaitoueine à Kirimiro.

La culture du taro était jadis assez intensive. On trouve encore dans chacune de ces petites plaines, des levées de terre parallèles, entre lesquelles croupit parfois un peu d'eau. Ce sont là les vestiges d'anciennes tarodières. La culture du taro est actuellement limitée à quelques parcelles dispersées de dimensions très réduites (quelques dizaines de mètres carrés). Lorsqu'un petit ruisseau se trouve à proximité, son cours est détourné vers la tarodière qu'il inonde. Lorsqu'il n'y a pas d'écoulement superficiel, la tarodière est plantée dans la zone la plus maritime possible, là où la nappe d'eau douce n'est qu'à 15 ou 20 cm de la surface du sol.

IV. — PRÉLÈVEMENTS ET ANALYSES DES EAUX DE CONSOMMATION

Des prélèvements d'échantillons d'eau douce ont été pratiqués en de nombreux points d'eau de Mangareva et de Taravaï. Ces échantillons ont été soumis sur place à un premier examen permettant de déterminer notamment la résistivité électrique et la charge alcaline totale. Une partie de ces prélèvements a été envoyée au Laboratoire de Pédologie du Centre ORSTOM de Nouméa. Celui-ci en a réalisé l'analyse chimique déterminant pour chaque échantillon la résistivité, le titre alcalimétrique, le titre alcalimétrique complet, la teneur en calcium, magnésium, sodium, potassium, les bicarbonates, les chlorures, la silice et les silicates, les sulfates et le poids total des sels dissous.

Le détail des résultats de ces analyses figure in extenso dans le rapport d'étude hydrologique d'août 1966.

A) EAUX DU RUISSEAU DE GATAVAKE

Les prélèvements ont été effectués à la station hydrométrique, en tête de la conduite et dans le réservoir de distribution de Rikitea. L'eau du ruisseau de Gatavake, légèrement basique en temps normal, s'acidifie lors des crues (PH = 7,7 à 6,6). Sa résistivité électrique est moyenne (7 600 à 9 800 Ω cm à 25°). Sa charge alcaline assez faible en temps normal diminue lors des crues (TAC = 0,80 meq/l à 0,58 meq/l). On observe encore un accroissement des teneurs en chlorures (0,305 à 0,398 meq/l), en potassium (0,013 à 0,041 meq/l) et une diminution sensible de la teneur en silice (20,5 mg/l à 14,2 mg/l).

B) EAUX D'ÉCOULEMENT SUPERFICIEL DU VERSANT SUD

Les échantillons ont été prélevés dans le ruisseau de Matahiti, dans la tarodière de Atituiti au-dessus de l'horizon des sables coralliens, dans le ruisseau de Batiki et dans le ruisseau de Ganoa, en bord de mer. Les eaux d'écoulement du versant sud sont basiques (PH = 7,8 à 8,05). Elles ont une charge alcaline moyenne (TAC = 2,05 à 3,20 meq/l) et une résistivité électrique plutôt faible (2 400 à 3 700 Ω cm 25°). Leur teneur en silice est élevée (29,2 à 36,7 mg/l). L'eau de la tarodière de Atituiti, qui n'est pourtant pas polluée par l'eau de mer, a une forte teneur en potassium (0,122 meq/l).

C) EAUX DE SOURCE : ANCIEN RÉSERVOIR DE RIKITEA

Ces eaux ont une résistivité assez faible (2 200 Ω cm), leur charge alcaline est importante (TAC = 3,85 meq/l) ainsi que leur teneur en silice (39,0 mg/l). Elles sont basiques (PH = 8,20), fortement chargées en magnésium, sodium et calcium. Le poids de sels dissous atteint 382 mg/l.

D) EAUX DISTRIBUÉES A RIKITEA PAR L'ADDUCTION PRINCIPALE

L'ancien et le nouveau réservoir débitent dans la même conduite. L'eau distribuée est donc un mélange des eaux précédemment décrites. Elle a, en temps normal, une charge alcaline voisine de 1,1 meq/l mais en période pluvieuse, quand le bassin de Gatavake ruisselle, la charge alcaline décroît jusqu'à 0,7 meq/l environ.

E) EAUX D'ÉCOULEMENT SUPERFICIEL A RIKITEA ET SUR LA COTE EST

Les eaux d'écoulement superficiel de la côte est, prélevées dans les adductions d'eau individuelles ou d'anciens réservoirs d'alimentation servis par des ruisselets, ont une forte résistivité (6 000 à 8 900 Ω cm à 25°). Elles sont légèrement basiques (PH = 7,6), peu chargées en silice (8 à 13 mg/l) et leur TAC est plutôt faible (0,4 à 0,9 meq/l).

ORSTOM

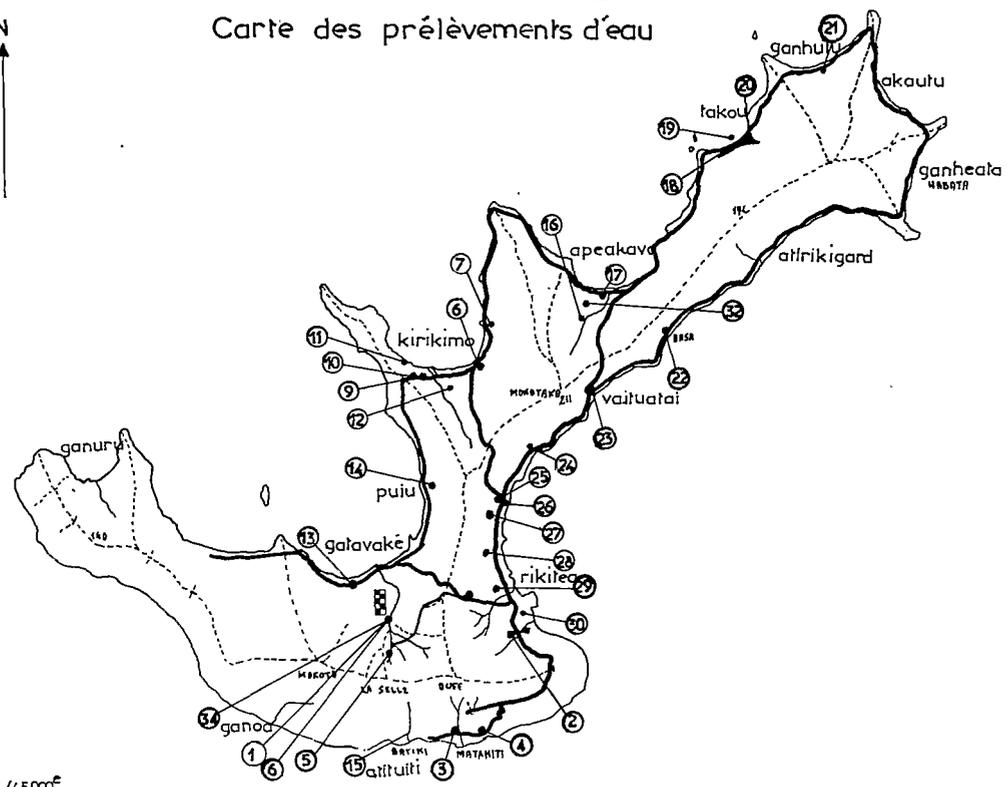
Ao

DATE: 11.7.1966

DESSINE: A.M.

ILE DE MANGAREVA

Carte des prélèvements d'eau



Echelle: 1/45,000

F) EAUX DES NAPPES A RIKITEA ET SUR LA COTE EST

Ces nappes peu profondes se trouvent au niveau de la mer, dans les sables coralliens plus ou moins recouverts d'alluvions. Leur eau est assez chargée en sels dissous (445 mg/l). La résistivité est faible (1 580 à 3 250 Ω cm cm à 25°), la charge alcaline voisine de 3,5 meq/l et la teneur en silice atteint 35 mg/l. Le calcium est prépondérant (3 meq/l) sous forme de bicarbonate (3,9 meq/l).

G) EAUX D'ÉCOULEMENT SUPERFICIEL DE LA COTE OUEST

Les prélèvements ont généralement été effectués au pied des éboulis basaltiques, à quelques mètres au-dessus des plaines côtières. L'eau présente un aspect légèrement savonneux et le magnésium est prépondérant (entre 0,3 et 1 meq/l). La résistivité est élevée, dépassant 10 000 Ω cm à 25°. Le poids de sels dissous est souvent inférieur à 50 mg/l. L'eau prélevée à la borne fontaine de Taku est la plus « chimiquement pure » que l'on ait récoltée à Mangareva.

H) EAUX DES NAPPES DANS LES PLAINES ALLUVIALES DE BORD DE MER

Ces eaux sont souvent polluées par l'eau de mer. Cela se manifeste par la chute de la résistivité qui tombe à 600 ou 700 Ω cm, par un accroissement considérable de la teneur en chlorure de sodium et par un abaissement sensible de la teneur en calcium; on voit aussi apparaître des sulfates. Les eaux non saumâtres sont fortement chargées en calcium et en bicarbonates, leur teneur en silice est assez constante (25 mg/l).

I) EAUX DE PLUIE

Des échantillons d'eau de pluie ont été recueillis à différentes altitudes et à différentes expositions. Que ce soit en altitude ou en bord de mer, au vent ou sous le vent, l'eau de pluie à Rikitea contient essentiellement du sodium et du magnésium sous forme de chlorure et de bicarbonates. Ces ions proviennent des cristaux de sels marins transportés par le vent. Ils jouent le rôle de germes de cristallisation ou de condensation dans les nuages. Le poids sec est de l'ordre de 50 mg/l.

J) EAUX DE TARAVAI

Quelques échantillons d'eau ont été prélevés à Taravaï, dans le ruisseau de Taravaï et aux deux robinets de distribution. Il semble que les eaux aient une composition voisine de celles des écoulements superficiels de Mangareva.

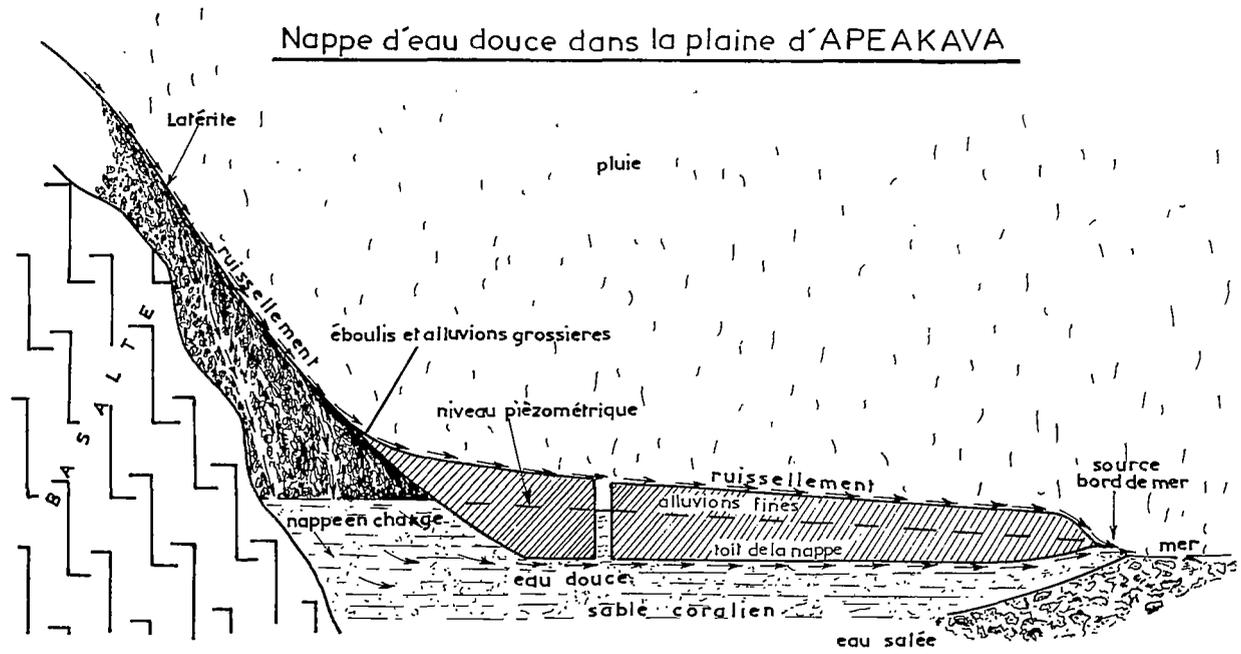
ORSTOM

Ao

DATE: 16.8.66

DESSINE : A.M.

Nappe d'eau douce dans la plaine d'APEAKAVA



V. — ÉCOULEMENT SUPERFICIEL : BASSIN VERSANT DE GATAVAKE

Les conditions de ruissellement des eaux météoriques à Mangareva ont été étudiées sur le bassin versant du ruisseau de Gatavake. Son choix a été déterminé en raison d'une part de la superficie qu'il occupe (c'est le plus grand bassin versant des Gambier) et d'autre part de l'intérêt qu'il présente pour la population de Rikitea qui s'y alimente. La présence d'ouvrages de captage et d'une conduite qui dérive une partie du débit du ruisseau nuit sans doute à la précision du calcul des caractéristiques de l'écoulement, mais l'estimation que l'on peut faire du débit capté, pallie dans une certaine mesure cet inconvénient. L'absence de documents cartographiques ou photographiques autres que la carte marine au 1/15 000^e nuit davantage à l'exactitude des résultats.

A) MORPHOLOGIE DU BASSIN

A 40 m d'altitude, au-dessus de la plaine alluviale, le ruisseau de Gatavake présente une section aménageable pouvant recevoir un limnigraphe et l'équipement nécessaire à des jaugeages de basses et de hautes eaux. En cette section, le bassin versant s'étend sur 0,25 km² (l'imprécision de ce chiffre est de 10 %). Son périmètre mesure environ 2,3 km. Son coefficient de compacité a donc pour valeur $K_f = \frac{0,28 P}{\sqrt{S}} = 0,28 \frac{2,3}{\sqrt{0,25}} = 1,29$

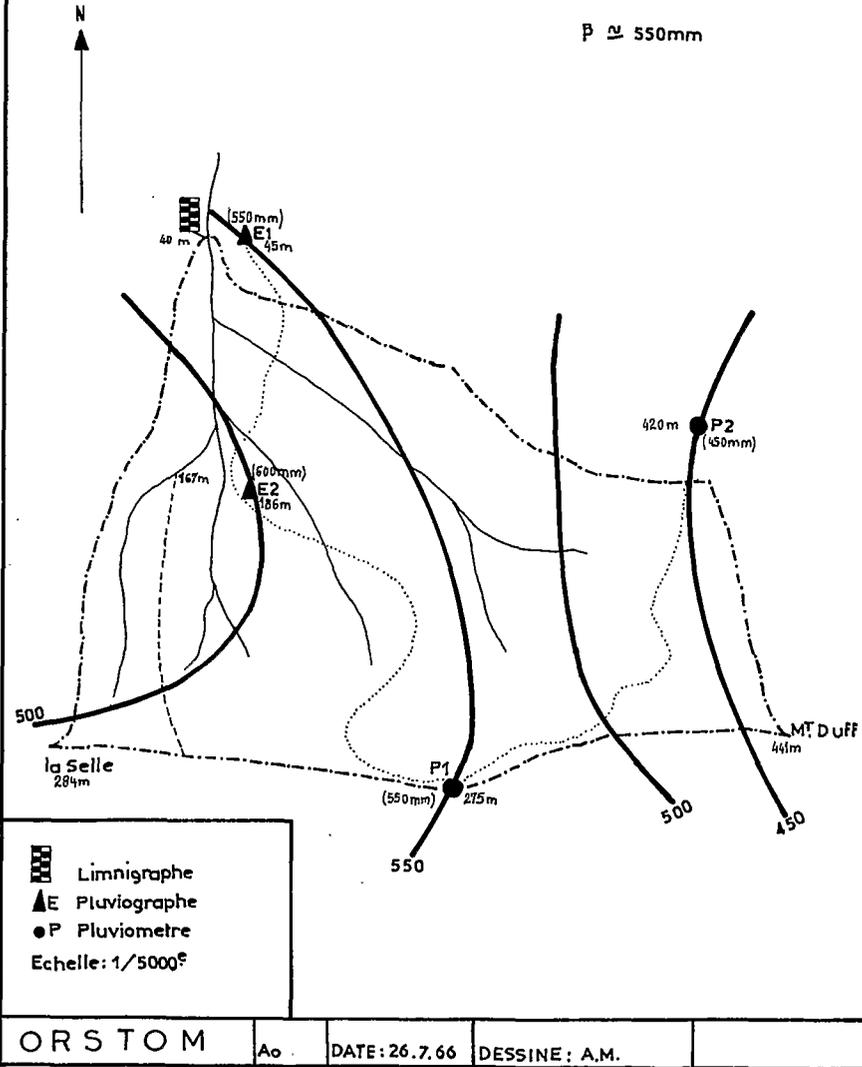
Les pentes sont très fortes. Sans parler des escarpements du Mont Duff qui surplombe le bassin à plus de 400 m d'altitude, les crêtes qui forment sa frontière au sud sont à l'altitude de 280 m. Sur une distance horizontale de 550 m on mesure une dénivelée de 240 m : il s'agit donc d'une pente moyenne de 45 % qui est assez régulière. Le substratum rocheux est constitué d'un empilement de coulées de basalte, sensiblement horizontales, formant un relief en escalier. L'arête des marches ayant été érodée et le creux comblé par des sols détritiques jeunes et glissants, les pentes sont fortes et assez uniformes jusqu'au pied des escarpements.

Blocs de rochers épars, éboulés des sommets ou témoins laissés par l'érosion, sols détritiques éboulis, donnent au terrain son aspect général si l'on y ajoute par endroit des zones latéritisées qui s'érodent profondément par arrachements régressifs.

La végétation est pauvre. Elle est composée presque exclusivement de roseaux et de fougères sur la latérite. Aucune végétation arborescente ou arbustive ne s'accroche aux pentes du bassin de Gatavake. Le rôle du tapis végétal n'est vraisemblablement pas négligeable dans le ruissellement des eaux météoriques. La paille qui s'accumule au pied des touffes emmagasine une grande quantité d'eau qui s'évapore après l'averse. Mais cette végétation, quoique dense, n'est pas assez fine pour freiner le ruissellement qui trouve facilement son chemin dans des petites rigoles, sous la paille.

Bassin versant de GATAVAKE

Isohyètes pour la période du 20 Février au 20 Juin 1966



Le réseau hydrographique se compose de trois bras principaux et d'un quatrième bras, en rive gauche, qui, en crue, débite visiblement dans le thalweg principal. Les sources ne sont pas localisables de façon précise. Elles se situent entre 200 et 250 m d'altitude. Il ne s'agit pas à proprement parler de sources qui jaillissent de terre à un endroit donné, avec un certain débit. Le thalweg qui n'apparaît vers les crêtes que comme une légère déclivité, se creuse au fur et à mesure que l'on perd de l'altitude. Apparaît un peu d'eau dans une petite flaque qui s'écoule un peu plus bas, disparaît sur quelques mètres, réapparaît plus loin, pour finalement donner naissance à un ruisseau vers 200 mètres d'altitude. Le lit est alors formé, creusé par les crues. En aval des prises, il atteint la roche en place. Il perd de l'altitude en franchissant par des sauts de 5 à 10 m les barres rocheuses successives de chacune des coulées volcaniques et draine une superficie de plus en plus grande qui se ressuie lentement.

B) ÉQUIPEMENT DU BASSIN

Le bassin de Gatavake devrait être étudié aussi bas que possible afin que sa superficie présente la plus grande étendue. Une reconnaissance du cours inférieur du ruisseau a pourtant fait planer un doute sur son rôle de collecteur exclusif des eaux de surface, en période de crues. En effet, plusieurs chenaux à faibles distances les uns des autres, provenant soit des conditions topographiques naturelles, soit d'anciennes dérivations artificielles pour irrigation de cultures, semblent devoir se partager les débits des crues du ruisseau de Gatavake. Il a donc été décidé de rechercher une section aménageable au-dessus de cette zone basse où la direction de l'écoulement est incertaine. Une telle section s'est présentée vers la cote 40 m, à environ 500 m du rivage. Le ruisseau qui dévale la pente entre des rochers éboulés, traverse à cet endroit une petite mare de 15 à 20 m² d'eau relativement calme avant de poursuivre son cours vers la mer.

Il a été procédé en premier lieu à la stabilisation et à la sensibilisation de la section. Pour cela, un déversoir triangulaire à angle droit d'une vingtaine de centimètres de profondeur, a été pratiqué dans une planche suffisamment longue pour barrer le lit et permettre un solide ancrage sur le fond et sur les berges. Cette solution a donné toutes satisfactions; elle a permis d'enregistrer aux plus basses eaux des variations de débits de 0,3 l/s.

Moyennant quelques travaux de terrassement, un limnigraphe a été installé en rive droite sur une cheminée en bois encastrée dans la berge terrestre et solidement haubanée. C'est un appareil à flotteur et contrepoids, à cylindre vertical, de fabrication OTT. Deux éléments d'échelle limnimétrique ont été fixés sur la cheminée même du limnigraphe.

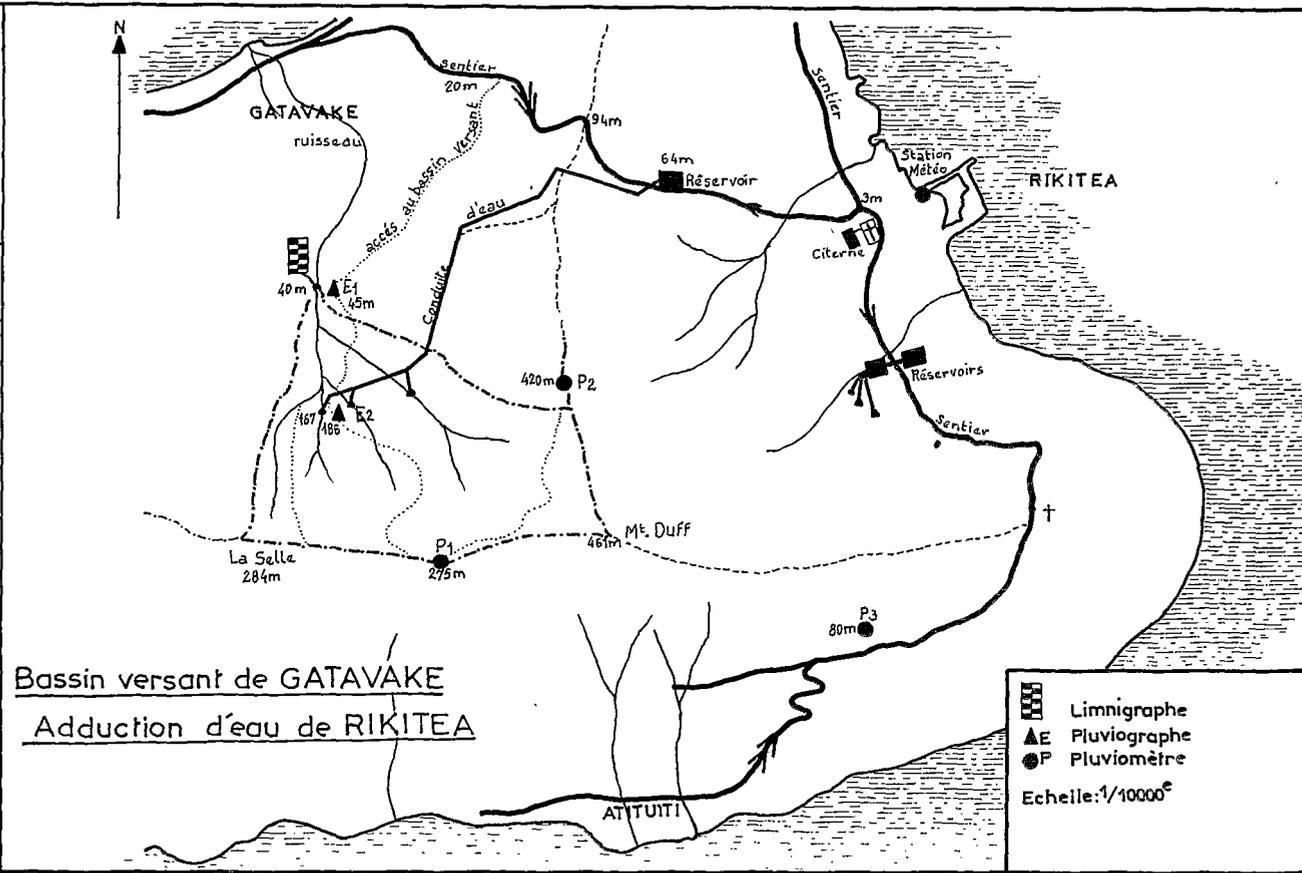
Entre le déversoir de stabilisation et le limnigraphe, une passerelle en bois d'une seule portée a été lancée d'une rive à l'autre, à un mètre environ au-dessus du plan d'eau normal, afin d'offrir la possibilité de jauger les débits de crues du ruisseau. Cette passerelle a rendu les services escomptés au cours de la campagne.

ORSTOM

Ao

DATE: 11.7.66

DESSINE: A.M.



Bassin versant de GATAVAKE
Adduction d'eau de RIKITEA

Limnigraphe
▲E Pluviographe
●P Pluviomètre
Echelle: 1/10000^e

L'équipement pluviométrique se composait :

- d'un pluviographe à rotation hebdomadaire installé à une vingtaine de mètres en rive droite de la station limnimétrique (altitude 45 m) ;
- d'un pluviographe à rotation journalière installé à une vingtaine de mètres au-dessus des prises d'eau, à 186 m d'altitude ;
- de deux pluviomètres journaliers installés l'un à la limite sud du bassin (altitude 275 m), l'autre à la frontière est à 420 m d'altitude. Ces pluviomètres, de faible capacité, étaient relevés une fois par semaine. Un peu d'huile de table était versé dans le seau après chaque mesure afin de limiter les effets de l'évaporation ;
- d'un troisième pluviomètre implanté en dehors du bassin, à 80 m d'altitude sur le versant sud du mont Duff afin de pouvoir observer si l'orientation des versants avait un effet sensible sur l'importance des précipitations qui s'y déversent.

Afin de faciliter l'accès à la station et au bassin, un sentier a été ouvert depuis le chemin de Gatavake, desservant la station et les pluviographes. L'accès aux pluviomètres était moins aisé, parfois même périlleux. Dans ces conditions, trois quarts d'heure étaient nécessaires pour se rendre de Rikitea à la station d'où on pouvait atteindre le pluviographe du bassin en un quart d'heure.

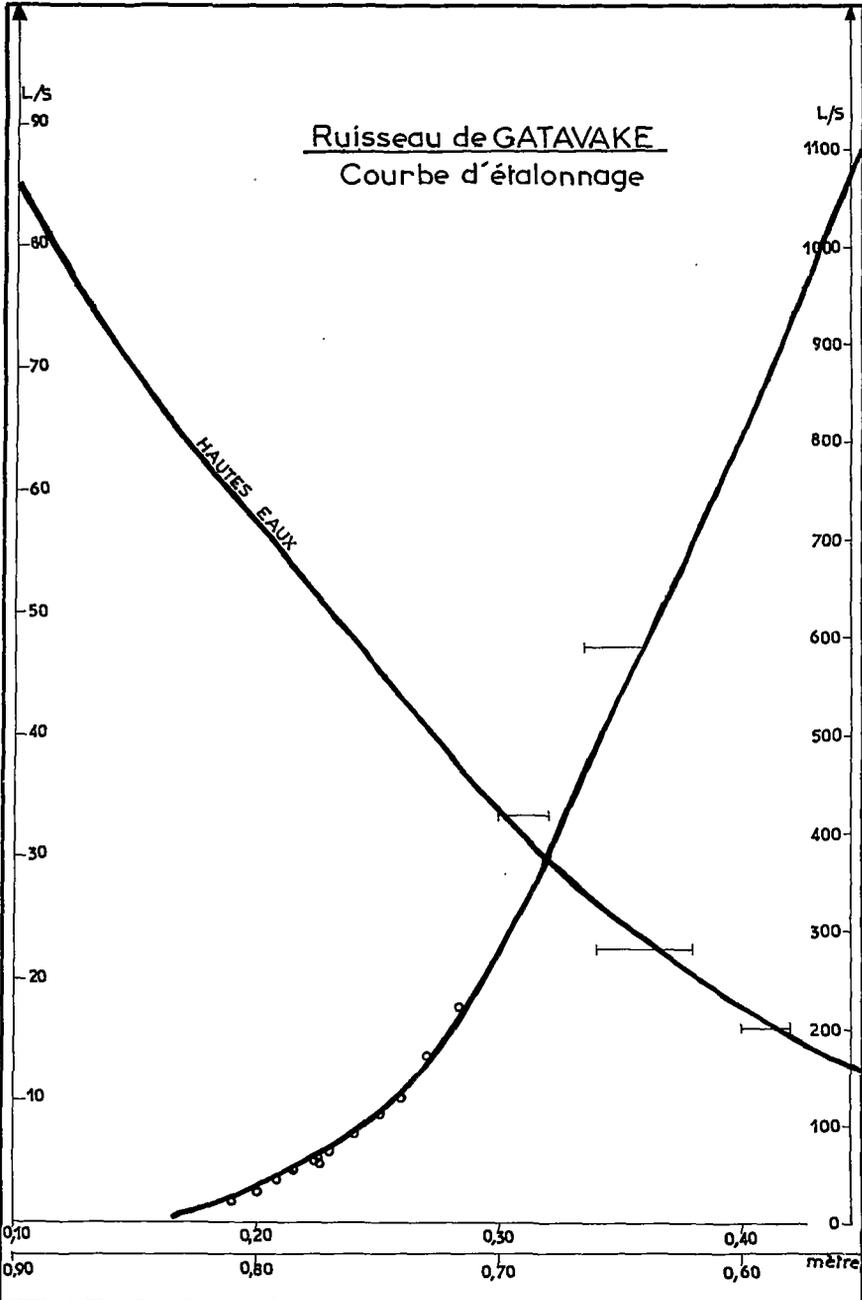
Le limnigraphe est entré en service le 16 février, le pluviographe E2 le 21 février, le pluviographe E1 le 23 février, les pluviomètres P1 et P2 ont été installés le 25 février et le pluviomètre P3 le 28 février 1966.

C) ÉTALONNAGE DU RUISSEAU AU LIMNIGRAPHE

Les mesures de débits de basses eaux, effectuées à plusieurs reprises à l'aide d'un micromoulinet, ont donné des résultats entachés d'une lourde erreur par défaut. L'absence de bonne section de jaugeage en était l'unique cause. Il a donc fallu employer une autre méthode.

On a procédé au levé topographique aussi précis que possible du plan d'eau calme précédant le déversoir. Les berges de cette mare sont à peu près verticales sur la vingtaine de centimètres intéressante. La surface de ce plan d'eau limité en aval par le déversoir et en amont par une petite cascade, mesure 17,58 m². Une pièce de bois s'ajustant bien à la forme du déversoir permettait de couper totalement son débit.

La hauteur initiale du plan d'eau, par rapport à un repère, était mesurée au millimètre près. Le jaugeage de basses eaux du ruisseau de Gatavake consistait donc à mesurer le temps que mettait le niveau du plan d'eau à atteindre le repère, après coupure du débit aval. La précision d'une telle mesure, apparemment grossière, est assez bonne.



ORSTOM	Ao	DATE: 17.8.66	DESSINE: A.M.	
--------	----	---------------	---------------	--

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{S \times h}{t} \quad \frac{\Delta S}{S} = \frac{0,1}{17,6} = 0,006$$

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta S}{S} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta t}{t} \quad \frac{\Delta h}{h} = \frac{1}{100} = 0,01$$

$$\frac{\Delta Q}{Q} = 0,018 \text{ soit environ } 2 \% \quad \frac{\Delta t}{t} = \frac{1}{500} = 0,002$$

Au-dessus d'un certain débit, les vitesses du courant, dans une section naturelle, sont suffisamment grandes pour que l'on puisse les mesurer avec précision au moulinet.

La liste des jaugeages du ruisseau de Gatavake à la station est donnée ci-dessous. Pour obtenir le débit naturel du ruisseau, il faudrait ajouter aux valeurs indiquées celles du débit de la conduite de captage = 2,5 l/s environ quand le débit mesuré à la station est supérieur à 5 l/s.

Liste des jaugeages.

Date	Cote à l'échelle en m	Débit en l/s	Observations
21.2	0,23	5,83	
22.2	0,225	5,56	
22.2	0,224	5,23	
22.2	0,225	4,81	
23.2	0,216	4,19	
25.2	0,209	3,49	
25.2	0,283	17,7	jaugeages par capacité
25.2	0,27	13,25	
25.2	0,258	10,35	
25.2	0,250	8,94	
25.2	0,24	7,27	
25.2	0,23	5,93	
25.2	0,20	2,38	
7.3	0,191	1,89	
25.2	0,36-0,335	47,2	jaugeages au moulinet
13.6	0,62-0,66	280	
13.6	0,68-0,70	416	
13.6	0,58-0,60	198	

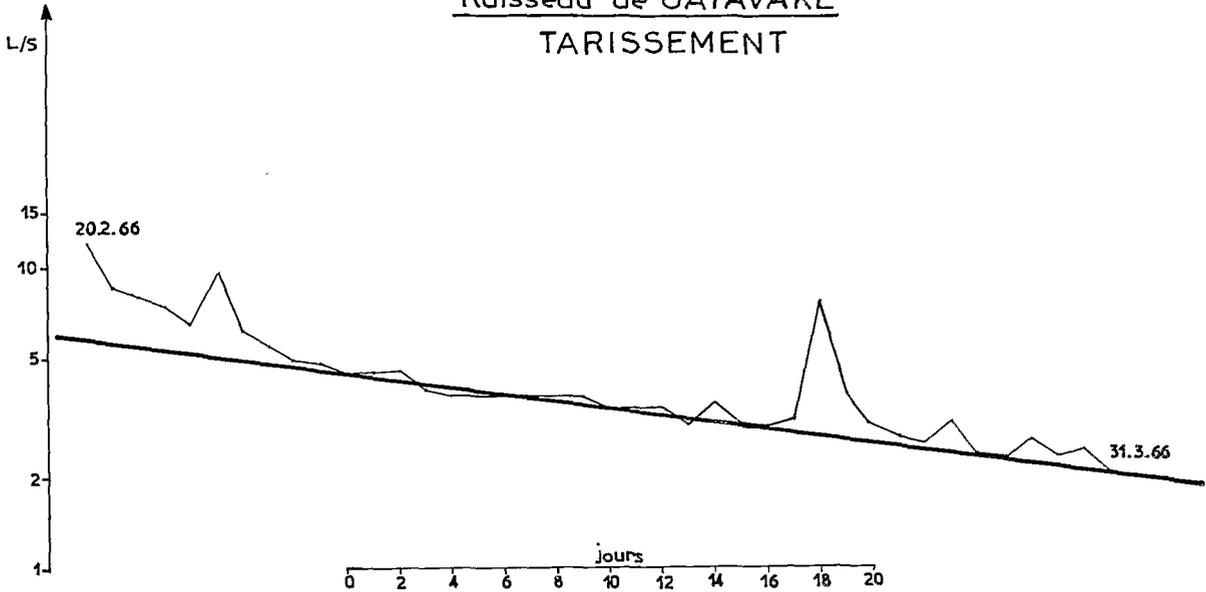
ORSTOM

No

DATE: 17.8.66

DESSINE: A.M.

Ruisseau de GATAVAKE
TARISSEMENT



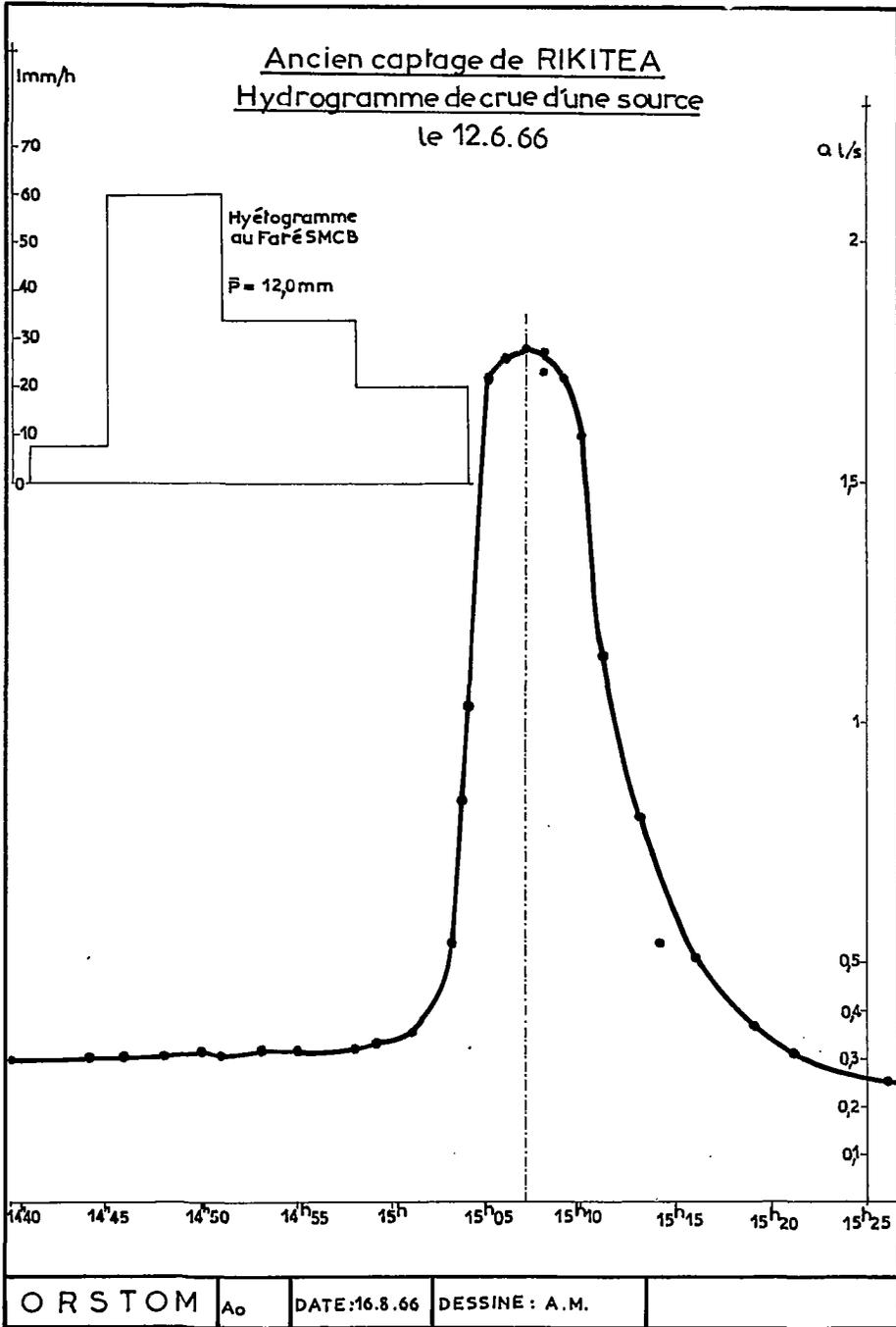
Un profil en travers, levé au droit de la section de jaugeage de crue, permet d'extrapoler vers le haut la courbe de tarage. Cette extrapolation graphique et numérique est résumée dans le tableau ci-dessous :

Cote à l'échelle en m	Surface mouillée en m ²	Débit mesuré en m ³ /s	Vit. Moy. m/s	Vit. extra- polée m/s	Débit extra- polé m ³ /s
0,30	0,452	0,0223	0,0494		
0,50	0,672	0,120	0,179		
0,70	1,00	0,420	0,42		
0,90	1,410			0,75	1,060
1,00	1,646			1,05	1,730

La courbe de tarage ci-joint a permis d'établir un barème d'étalonnage qui fait correspondre, à chaque position du niveau du plan d'eau, le débit du ruisseau. Les enregistrements du limnigraphe peuvent alors être traduits en variations de débits.

D) ÉTUDE DES DÉBITS

1) *Débits journaliers*. — La traduction en débit des cotes enregistrées par le limnigraphe permet de calculer chaque jour, soit par moyenne arithmétique de 4 valeurs journalières (06 h, 12 h, 18 h, 24 h) en période calme, soit par planimétrie des hydrogrammes en période de crue, la valeur moyenne journalière du débit du ruisseau de Gatavake à la station. Le débit naturel se verrait accru du débit de la conduite de captage. On constate, en portant ces valeurs sur un graphique, que la campagne a été marquée par deux périodes pluvieuses : la première vers le 15 avril et la seconde, plus abondante, vers le 15 juin. Au contraire, pendant le mois de mars et jusqu'au 10 avril, on a assisté à une période de tarissement qui a conduit aux débits les plus faibles observés. Si, au 31 mars ou au 10 avril, il ne coulait au déversoir de la station que 0,8 l/s, par contre, le débit moyen de la journée du 13 juin, s'est élevé jusqu'à 137 l/s. Compte tenu du débit dérivé par la conduite de captage on peut dire que le débit moyen journalier du ruisseau a pu varier, d'un jour à l'autre, dans la proportion de 1 à 100. La crue du 13 juin a été, comme on le verra plus loin, la plus forte enregistrée pendant ces quatre mois. Son débit de pointe a atteint 1 850 l/s. On constate donc que le débit instantané du ruisseau peut varier, d'un instant à un autre, dans la proportion de 1 à 1 000. Il ne s'agit pas là d'amplitudes de variations exceptionnelles, mais au contraire très courantes puisqu'il n'a fallu que 4 mois de campagne pour les observer.



Estimation du débit de la conduite de captage.

La margelle de l'ouvrage de captage est à l'altitude de 167 m (relevée au baromètre altimétrique). La dalle du réservoir de Rikitea est à 64 m d'altitude. La longueur de la conduite de captage, de 2 pouces de diamètre est d'environ 1 km. La perte de charge linéaire est donc de $\frac{167-64}{1\ 000} \approx 0,1$ m/m.

Les tables dressées à partir de la formule de COLEBROOK indiquent que le débit de cette conduite, sous une telle charge, varie entre 2,45 l/s et 3,83 l/s selon qu'il s'agisse de tuyaux neufs ou usagers.

Bien que l'installation soit récente, pour tenir compte d'une part des pertes des charges singulières de la conduite et d'autre part du fait que la conduite n'est pas toujours saturée, on retiendra que le débit moyen de la conduite de captage de Gatavake est voisin de 2,5 l/s.

Bilan d'écoulement

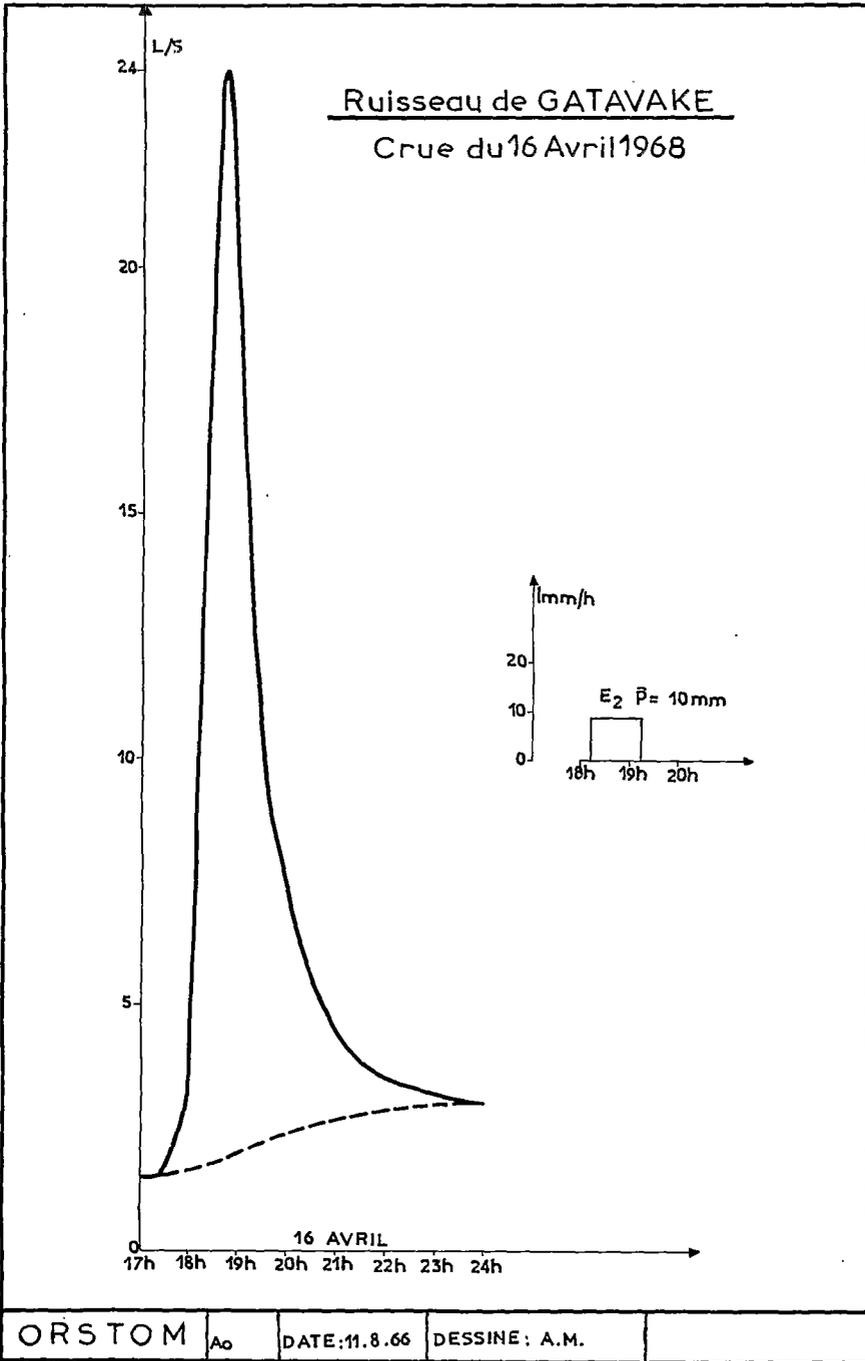
Du 20 février au 19 juin inclus, il s'est écoulé par le déversoir de la station 73 725 m³. Pendant les mêmes 120 jours, la conduite a dérivé environ 25 920 m³. Le volume d'eau écoulé naturellement dans le ruisseau de Gatavake au cours de la campagne s'élève donc à 99 645 m³:

Ce volume correspond à une lame d'eau de 398,6 mm d'épaisseur recouvrant les 0,25 km² du bassin versant. Étant donné que le débit de la conduite de captage n'est connu que par estimation et que la superficie du bassin versant n'est pas rigoureusement déterminée, on retiendra que la hauteur de la lame d'eau écoulée pendant les 4 mois de la campagne s'élève à 400 mm.

Les observations pluviométriques effectuées de février à juin en différents points du bassin conduisent au tableau résumé suivant :

	20 au 28 Fév.	Mars	Avril	Mai	1 au 19 Juin	Total	Valeur retenue
E1	16,0	55,8	127,0	75,5	R. 262,4	536,7	550 mm
E2	12,5	56,5	155,3	60,0	315,8	600,1	600 mm
P1		50,5	159,6	76,3	221,6	508	550 mm
P2	15,0	32,2	109,9	45,7	227,1	429,9	450 mm
P3	15,0	66,8	182,3	74,0	225,0	563,1	650 mm

Comme il fallait s'y attendre, le pluviomètre P3 de Atituiti exposé au vent, à 80 m d'altitude et à faible distance de la mer, est le plus arrosé. Par contre, le pluviomètre P2, le plus élevé (420 m) sur la crête même du Mont Duff, reçoit moins de pluie qu'à plus basse altitude. La raison en est



que le vent violent qui souffle en permanence sur ces sommets, chasse la pluie selon une trajectoire oblique : le versant oriental du bassin de Gatawake est donc sensiblement abrité de la pluie par les escarpements du Mont Duff tandis que le versant occidental est mieux arrosé.

Cependant, étant donné les courtes distances qui séparent les différentes régions du bassin, les différences de pluviométrie que l'on peut constater sont faibles, et la hauteur totale des précipitations moyennes sur le bassin pendant la campagne, est déterminée, sans imprécision notable, en traçant le réseau des isohyètes ($P = 552$ mm arrondi à 550 mm).

Le bilan d'écoulement du ruisseau de Gatawake à la station du 20 février au 19 juin est donc le suivant :

Précipitations mm	Volume écoulé m ³	Lame d'eau écoulée mm	Déficit mm	Coefficient d'écoulement %
550	100 000	400	150	73

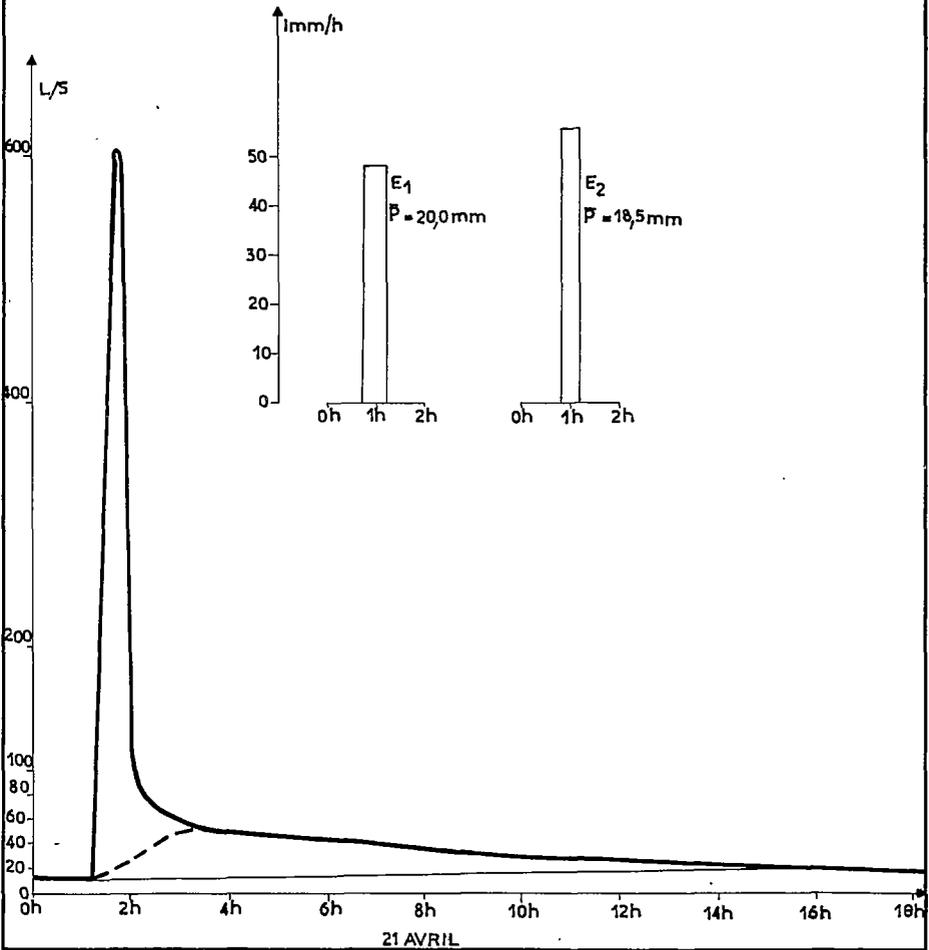
Alors que lorsqu'un tel bilan est calculé sur une année complète et à plus forte raison sur plusieurs années consécutives, la modification de l'état des réserves souterraines profondes est négligeable devant l'ampleur du volume d'eau écoulé pendant toute la longue période considérée, un bilan établi sur 4 mois seulement est forcément très approximatif, les réserves au début n'étant sûrement pas les mêmes qu'à la fin de la période. Sous le vocable « déficit d'écoulement » employé ici, il faut inclure la quantité d'eau qui, s'étant infiltrée dans le sol, est allée alimenter les réserves souterraines. Cette quantité ne doit d'ailleurs pas être considérable puisque le déficit en lui-même n'est pas élevé (150 mm), en majeure partie absorbé par l'humidification superficielle du sol, par la rétention dans la paille du tapis végétal, et restitué dans l'atmosphère par le mécanisme de l'évaporation et de l'évapotranspiration des végétaux.

2) *Tarissement.* — A partir du 20 février, le débit du cours d'eau a décru à peu près régulièrement jusque vers le 31 mars. Cette période de tarissement a seulement été quelque peu perturbée par les pluies du 20 mars qui ont provoqué une petite crue. Afin de tenir compte du débit de la conduite de captage, on a admis que celui-ci, inférieur à 2,5 l/s, était lié à celui de la station par la relation :

$$Q \text{ cap l/s} = 0,4 \quad Q \text{ st l/s} + 0,9$$

qui permet de connaître approximativement le débit naturel du cours d'eau ($Q \text{ cap} + Q \text{ st}$) connaissant le débit déversé à la station. Si l'on porte sur un graphique les logarithmes des débits, en fonction du temps, on constate que les différentes valeurs journalières s'alignent assez bien sur une droite.

Ruisseau de GATAVAKE
Crue du 21 Avril 1966



ORSTOM	Ao	DATE: 11.8.66	DESSINE: A. M.
--------	----	---------------	----------------

On peut alors admettre que la décroissance des débits est une fonction exponentielle inverse du temps qui s'écrit :

$$Q = Q_0 e^{-\frac{t}{T_c}}$$

T_c , temps caractéristique de tarissement, se détermine graphiquement. On le trouve égal à 36 jours. Cela signifie qu'au bout de 36 jours le débit est devenu e fois (2,72 fois) inférieur à sa valeur initiale.

Pour un bassin versant d'une aussi faible superficie, ce temps caractéristique de tarissement est assez long. On peut en déduire logiquement, non pas que les réserves souterraines sont importantes, mais que la roche réservoir a une faible perméabilité et ne restitue que lentement l'eau qu'elle a emmagasinée.

Le calcul du temps caractéristique de tarissement présente également l'intérêt de permettre de séparer avec plus de certitude le ruissellement hypodermique de l'écoulement de base au passage d'une crue. On verra plus loin que ce discernement est capital dans le cas du bassin de Gatavake.

Les observations n'ayant pas été poursuivies tout au long d'un cycle saisonnier complet, il serait audacieux d'avancer que les plus faibles débits enregistrés correspondent à ceux de l'étiage annuel. Les seules considérations climatologiques n'autorisent pas à l'affirmer. Quoi qu'il en soit, le 31 mars, le débit naturel du ruisseau de Gatavake à la station aurait été de 0,8 l/s déversé et 1,2 l/s capté soit 2 l/s. Il lui correspondrait un débit spécifique de 8 l/s.km², ce qui ne doit pas être tenu pour un étiage rigoureux si on le compare aux débits de saison sèche observés sous la même latitude en Nouvelle-Calédonie.

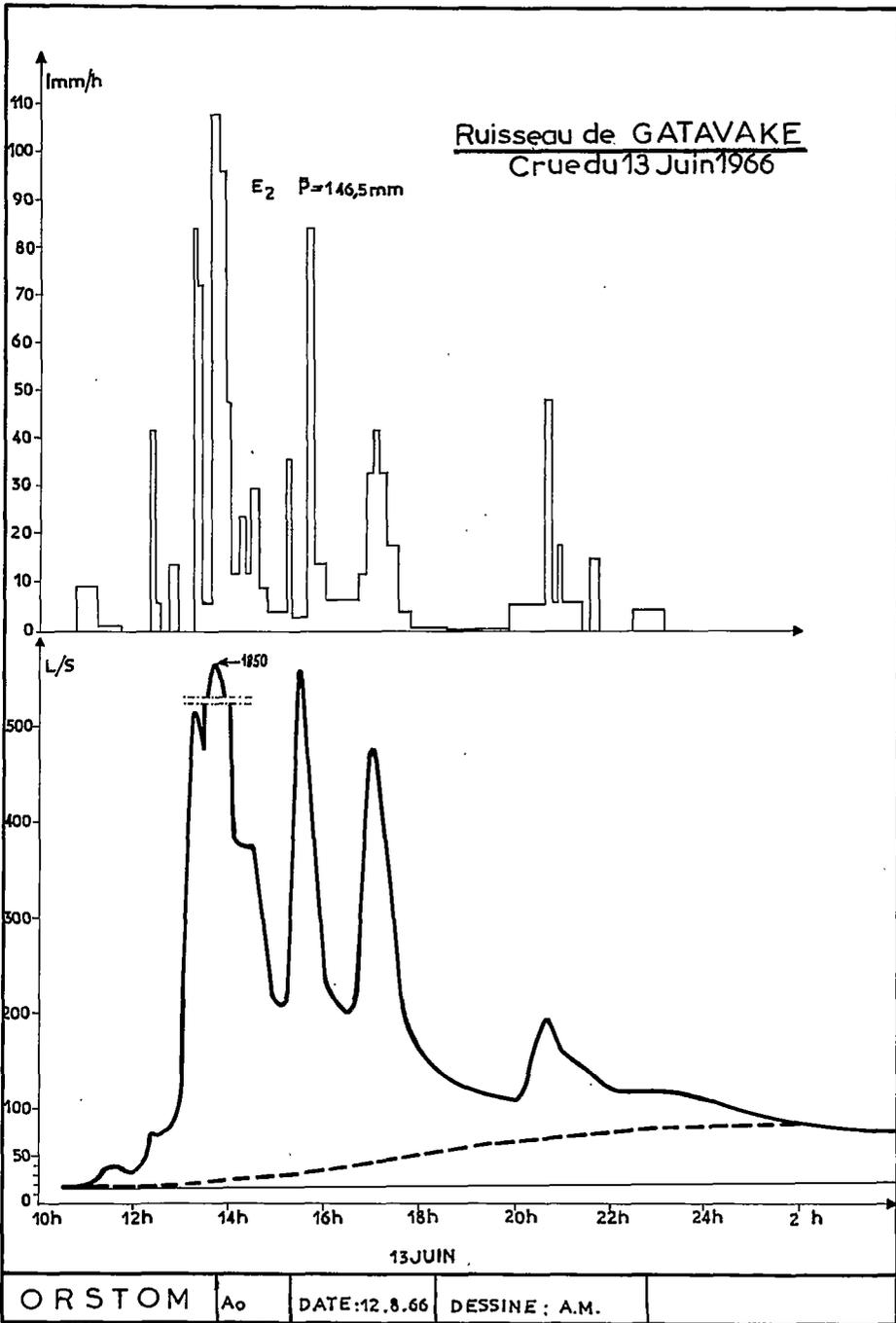
3) *Les crues.* — Toutes les crues qui se sont produites du 16 février au 19 juin ont été enregistrées. Le tableau des caractéristiques de chacune de ces crues est donné ci-après.

Les hydrogrammes des crues simples ayant atteint un certain débit de pointe, présentent les mêmes caractères suivants :

- montée rapide du plan d'eau,
- pointe de crue très aiguë,
- décrue brutale subitement ralentie, prenant alors une allure exponentielle jusqu'à un palier.

La partie la plus aiguë de l'hydrogramme correspond au ruissellement de surface. La partie exponentielle de la décrue correspond au ruissellement hypodermique et le palier correspond à l'écoulement de base. Les décrues des 19 février, 21 avril, 6 juin et 12 juin, portées en coordonnées semi-logarithmiques apparaissent rectilignes. En exprimant ces variations sous la forme $Q = Q_0 e^{-\alpha t}$ on trouve respectivement :

$$19 \text{ février} : \frac{1}{\alpha} = 18 \text{ h } 30$$



$$21 \text{ avril} : \frac{1}{\alpha} = 17 \text{ h } 30$$

$$6 \text{ juin} : \frac{1}{\alpha} = 15 \text{ h } 30$$

$$12 \text{ juin} : \frac{1}{\alpha} = 15 \text{ h}$$

La décrue du 16 juin qui se produit après une succession de 4 fortes crues consécutives semble d'un autre régime. Mais la crue du 13 juin, très violente, a modifié sensiblement le lit du cours d'eau. Il est donc fort probable que l'étalonnage de basses eaux doit être modifié après cette date qui correspond d'ailleurs à la fin de la campagne.

On a indiqué plus haut que le temps caractéristique de tarissement est de 36 jours. Il n'y a donc pas de confusion possible avec la décrue hypodermique dont le temps caractéristique est de quelques dizaines de jours.

On distingue alors, dans la liste des crues, trois catégories d'hydrogrammes :

a) ceux provoqués par de faibles averses (10 mm) plus abondantes dans le bas (E1) que dans le haut (E2) du bassin. C'est le cas des crues des 25-2, 16-4, 24-4, 23-5, 10-6, 11-6. Les débits de pointe sont peu élevés et il n'y a pas de ruissellement hypodermique. Le seul ruissellement de surface ne dure que quelques heures (5 h) puis le débit du cours d'eau se stabilise à sa valeur d'origine.

b) ceux provoqués par des averses assez fortes et courtes. C'est le cas des crues du 19-2, 21-4, 6-6, 12-6. La forme de l'hydrogramme est simple, le débit de pointe élevé, la décrue rapide puis brusquement ralentie et se prolongeant de nombreuses heures. On distingue dans ce cas le ruissellement de surface qui ne dure que quelques heures, et le ruissellement hypodermique qui ne cesse qu'au bout de plusieurs dizaines d'heures.

c) ceux provoqués par des averses fortes, longues et irrégulières. Les hydrogrammes sont complexes et les débits de pointe élevés. C'est le cas, entre autres, des crues du 13, 15 et 16 juin.

Le temps de réponse du bassin (Lag)

C'est le temps qui sépare le corps de l'averse de la pointe de crue. En fait chaque pointe d'intensité du hyétogramme correspond à une pointe de crue de l'hydrogramme, et souvent un hydrogramme a la même allure que le hyétogramme correspondant parce que le bassin est petit et le ruissellement rapide. Les chiffres qui figurent dans la colonne « Lag » du tableau des caractéristiques de crues ne sont pas très homogènes. La raison en est que la synchronisation des appareils enregistreurs (limnigraphe et pluviographes) n'a pu être réalisée avec une précision suffisante pour mesurer des

Tableau des caractéristiques de Crues
du ruisseau de GATAVAKE

Date	PE1 mm	PE2 mm	P mm	U _{max} /15m/h	Qol/s	Q _{max} l/s	Lag	Rise	T.r.s	T.r.h	Vrs ₃ m ³	Vrh ₃ m ³	Lrs mm	Lrh mm	L mm	Krs	Krh	Kr
18.2					4,0	81		1h	7h		482		1,9					
					9,2	57		2h	8h	54h	410	2245	1,6	9,0	17,6			
19.2					21,0	250		1h	10h30		1260		50					
25.2	14,0	7,5	8,0	22	4,0	32	12mn	20mn	5h	0	234	0	0,9	0	0,9	11%	0	11%
				21	71,5	12mn	20mn											
20.3	19,0	18,5	18,0	16	1,5	25,9	15mn	1h20	4h	18h	126	52	0,5	0,1	0,9	4%	0,5%	5%
						19,2	30mn	45mn	5h		75		0,3					
12.4	(28,0)	42,0	30,0	44	1,2	86,5	15mn	15mn	8h	33h	614	356	2,4	1,4	4,2	9%	5%	14%
						25,9	45mn	1h	3h30		86		0,3					
16.4		11,0	10,0	10	1,5	24,0	5mn	1h15	6h30	0	107	0	0,4	0	0,4	4%	0	4%
20.4	44,0	43,0	43,0	24	1,8	19,3	30mn	15mn	8h	70h	1650	4090	6,6	16,3	27,9	15%	26%	44%
21.4	24,0	18,0	20,0	56	11,4	60,5	45mn	15mn	2h		1240		5,0			25%		
24.4	14,5	13,0	13,0	18	5,9	47	1h	40mn	4h30	0	208	0	0,7	0	0,7	5%	0	5%
23.5	9,0	7,5	8,0	8	1,8	20,7	30mn	1h30	5h30	0	83	0	0,3	0	0,3	4%	0	4%
26.5	7,0	6,0	6,0	18	2,2	13,7	40mn	25mn	5h	0	58	0	0,2	0	0,2	4%	0	4%
26.6	11,0	10,0	10,0	20	2,6	61,5	25mn	40mn	8h	20h	385	176	1,5	0,7	2,2	15%	7%	22%
4 et 5.6	31,0	22,0	25,0	20	3,5	57,0	25mn	15mn	16h	66h	750	2860	3,0	9,4	15,3	12%	21%	34%
6.6	20,0	19,5	20,0	64	8,3	39,8	10mn	15mn	1h30		720		2,9			15%		
10.6			(8)	22	1,8	24,1	R 1h15	20mn	4h	0	92	0	0,4	0	0,4	5%	0	5%
11.6			(5)	8	2,6	34,0	R 1h15	20mn	4h	0	131	0	0,5	0	0,5	10%	0	10%
12.6			(40)	40	3,0	74,1	R 15mn	20mn	4h		2535		10,1			25%		
13.6	R 93,4	144,0	(150)	104	17,7	185,0	10mn		15h	466h	11900	17700	47,6	70,7	156,2	32%	31%	59%
15.6	R 29,0	33,5	(30)	32	51,0	268	15mn	30mn	13h		1760		7,0			23%		
16.6	R 7,0	10,5	(10)	12	3,9	73	(10mn)	45mn	5h		125		0,5			5%		

NB - La lettre "R" indique que l'appareil enregistreur de référence se trouvait au village de RIKITEA

intervalles de temps aussi courts. Il eut été nécessaire, pour avoir cette précision, de réaliser des enregistrements rapides, bi-journaliers, impliquant la présence permanente de l'observateur sur le terrain. L'organisation de la mission n'envisageait pas de répondre à de tels impératifs. Des observations directes qu'il a été donné à l'hydrologue de faire à plusieurs reprises alors qu'il se trouvait sur le terrain, il ressort que le temps de réponse du bassin est de l'ordre de 10 à 15 mn. Il s'agit donc d'un laps de temps très court qui montre que, dans le ruissellement de surface, l'eau météorique ne séjourne que *quelques minutes* à la surface du sol où elle se collecte en filets, ruisselets et rigoles avant de se retrouver dans le thalweg principal.

Le temps de ruissellement de surface (Trs)

Pour une crue simple provoquée par une averse courte de forte intensité, le temps de ruissellement de surface peut se limiter à 2 heures. Mais plus généralement il est de l'ordre de 5 heures car les averses unitaires qui, étant donné le temps de réponse du bassin, ne devraient pas excéder 7 mm, sont très rares sous un climat qui n'est pas soumis au régime des tornades. Au cours d'orages, qui se manifestent par une série d'averses successives, le ruissellement de surface peut persister pendant plus de 15 heures et cesse rapidement après la dernière averse.

Le temps de ruissellement hypodermique (Trh)

On a indiqué plus haut que le ruissellement hypodermique apparaissait sur l'hydrogramme de décrue dans la partie de la courbe où le débit décroît exponentiellement, entre le ruissellement de surface caractérisé par sa rapidité et l'écoulement de base qu'on peut assimiler à un palier. Après une crue assez forte dont le débit de pointe a dépassé 150 l/s par exemple, le ruissellement hypodermique apparaît à la décrue vers 50 ou 60 l/s. D'autre part, le palier qui suit et qui marque la fin de tout ruissellement se situe aux alentours des cotes 0,24 ou 0,25 m à l'échelle, c'est-à-dire lorsque le débit est voisin de 8 l/s.

Enfin les graphiques semi-logarithmiques précédents ont conduit à estimer à 16 h 30 en moyenne la valeur du coefficient $\frac{1}{\alpha}$ dans l'expression $Q = Q_0 e^{-\alpha t}$ représentant la décrue hypodermique. En appliquant cette formule avec les valeurs suivantes :

$$Q = 8 \text{ l/s}$$

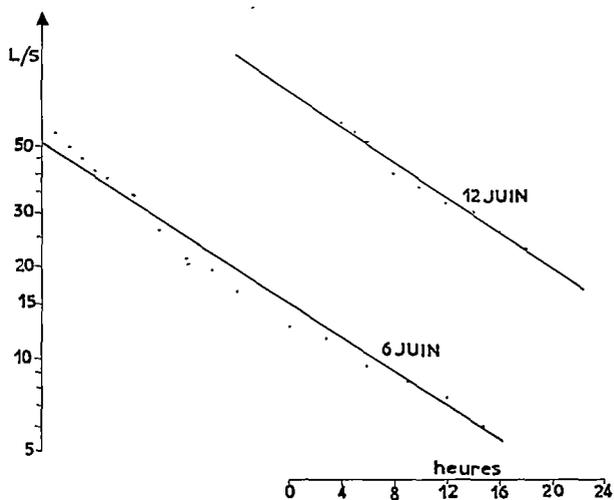
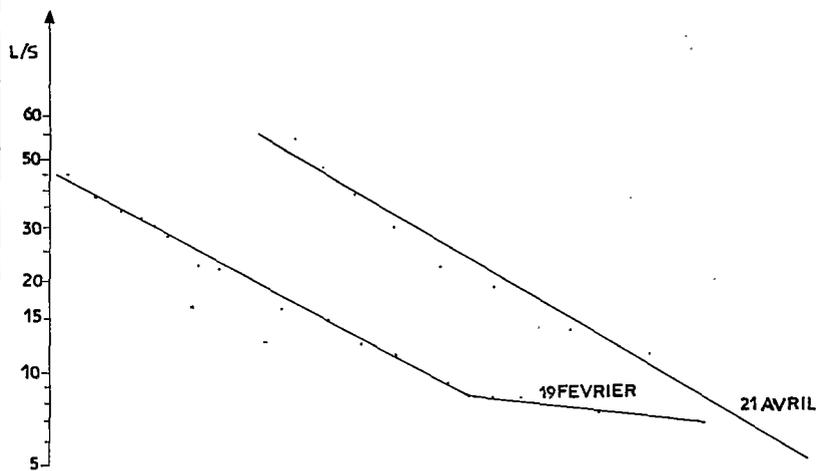
$$Q_0 = 56 \text{ l/s}$$

$$\frac{1}{\alpha} = 16,5 \text{ h}$$

on trouve :

$$8 = 56 e^{-\frac{t}{16,5}}$$

Décrués du ruisseau de GATAVAKE
Ruissellement hypodermique



ou :

$$\frac{t}{16,5} = \log \frac{56}{8} = \log 7 = 1,95$$

$$t = 1,95 \times 16,5 = 32 \text{ heures}$$

On constate sur les enregistrements que :

- le 19 février le ruissellement hypodermique a duré 25 h de 34 l/s à 9 l/s,
- le 21 avril le ruissellement hypodermique a duré 33 h de 59 l/s à 8 l/s,
- le 6 juin le ruissellement hypodermique a duré 32 h de 55 l/s à 6 l/s.

Il est par conséquent courant d'observer que, pendant que s'écoulent les eaux de ruissellement hypodermique d'une crue, une nouvelle averse survienne entraînant à nouveau du ruissellement de surface et du ruissellement hypodermique. C'est pourquoi, les temps qui figurent dans la colonne Trh du tableau des caractéristiques de crues sont le plus souvent relatifs à plusieurs crues consécutives rapprochées.

Le coefficient de ruissellement

La séparation étant possible entre ruissellement superficiel et hypodermique, les coefficients de ruissellement correspondants ont été calculés par rapport à la hauteur de précipitation moyenne sur le bassin. Leur total est égal au rapport de la hauteur de la lame d'eau ruisselée à celle de la lame d'eau tombée. On constate que pour les petites crues le ruissellement est presque uniquement superficiel et ne représente qu'une faible proportion de la lame d'eau tombée. Pour les crues plus fortes, le ruissellement hypodermique prend vite de l'importance et surpasse le ruissellement superficiel.

Par exemple :

Pour les 2 journées des 20 et 21 avril on a Krs = 18 %, Krh = 26 % et Kr = 44 %.

Pour les 3 journées des 4, 5, 6 juin on a Krs = 13 %, Krh = 21 % et Kr = 34 %.

Pour les 5 journées des 12 au 16 juin on a Krs = 28 %, Krh = 31 % et Kr = 59 %.

Il s'agit là de chiffres moyens sur l'ensemble du bassin.

En fait, celui-ci est composé :

- de parcelles au sol ferrallitique de perméabilité assez forte en profondeur, mais recouvertes d'une croûte latéritique dure et peu perméable. Le ruissellement y est intense, quasi total et surtout superficiel. Il est la cause de la rapidité des crues et de l'importance de leur débit de pointe (1,850 m³/s le 13 juin soit 7,4 m³/s.km²);

— de falaises basaltiques plus ou moins diaclasées. Le ruissellement y est très variable : localement absolu et ailleurs insignifiant lorsque les fissures de la roche l'absorbent. Cette zone n'occupe qu'une faible superficie limitée aux escarpements du Mont Duff ;

— de parcelles de sols détritiques colmatés. Lourds, gras et compacts, ces sols n'ont qu'une faible perméabilité et ruissellent facilement en surface même sous assez faible précipitation ;

— de parcelles d'éboulis, de scories volcaniques ou de ferralites sans croûte superficielle. Ces terrains sont perméables, le ruissellement superficiel n'y a pas été observé. Ils restituent par contre assez rapidement, en petites rigoles encombrées de végétation, l'eau emmagasinée. Cette région, qui s'étend sur la partie orientale du bassin de Gatavake, est responsable du ruissellement hypodermique, plus lent que le ruissellement de surface car il est souterrain, plus déficitaire également car une quantité d'eau notable est retenue par ces masses de matériaux poreux et soumise par la suite à l'évaporation.

On peut donc dire que la partie occidentale et inférieure du bassin, latéritisée, est le siège d'un ruissellement superficiel intense, fonction d'avantage de l'intensité pluviométrique que de la hauteur de précipitation, toute proportion gardée, et que la partie orientale et supérieure du bassin, formée de « basalte pourri », de scories volcaniques, d'éboulis, moins sensible à l'intensité d'une averse, ne ruisselle que peu en surface mais emmagasine par infiltration dans les matériaux grossiers l'eau qu'elle reçoit et la restitue plus lentement.

E) CONCLUSIONS.

Le ruisseau de Gatavake est capté à 167 mètres d'altitude pour alimenter en eau Rikitea. Le bassin versant de ce cours d'eau, limité à la cote 40 m de l'exutoire, est de faible superficie (0,25 km² environ) si bien que les différences pluviométriques que l'on peut observer d'un point à un autre ne sont pas considérables. Ce bassin, en forte pente, est recouvert de sols d'origine volcanique transformés par endroit en latérite.

Malgré la forte pente qui favorise et accélère l'écoulement gravitaire et limite les possibilités de stockage d'eau dans le sol, le temps caractéristique de tarissement du ruisseau est de 36 jours. Cette valeur est élevée pour un si petit bassin. On peut en déduire que les réserves souterraines, quel que soit leur volume (vraisemblablement assez restreint), sont contenues dans des roches et sols à faible perméabilité, constitués de matériaux fins, opérant une *filtration notable des eaux météoriques*.

Sous averse une partie de l'eau est retenue par la végétation touffue (ou ses débris) qui recouvre les pentes.

Sur les zones latéritisées ou sur les parcelles de sols détritiques colmatés, quelques millimètres de pluie suffisent à amorcer le ruissellement de surface

que la pente favorise. L'eau ne pénètre que très peu dans le sol et un quart d'heure après être tombée, elle se trouve à l'embouchure du cours d'eau. Elle n'a alors subi aucune filtration. Sur les terrains à forte porosité, la plus grande partie des précipitations s'infiltrent dans des matériaux grossiers. Une faible quantité pénètre en profondeur dans les sols de plus en plus compacts pour constituer les réserves profondes, mais une beaucoup plus grande quantité est restituée au cours d'eau après quelques heures de cheminement dans ces terrains perméables. La filtration qui s'opère ne présente alors pas de caractère d'efficacité.

Après une averse courte et assez abondante le ruisseau est en crue. On peut ainsi considérer que pendant les cinq premières heures de la crue l'eau qui s'écoule n'a pratiquement pas pénétré dans le sol. Elle est d'ailleurs chimiquement assez pure mais boueuse, sale, encombrée de débris végétaux et roulant sables et graviers. Pendant les 36 heures qui suivent l'averse, l'eau est trouble, mousseuse; bien qu'elle se soit infiltrée dans le sol, elle n'a circulé qu'à travers des matériaux grossiers et pendant peu de temps. Deux jours après l'averse, le débit du ruisseau est stabilisé. L'eau est claire : elle provient des réserves profondes qui s'épuisent lentement. Ayant séjourné assez longtemps dans le sol, elle a dissous des sels minéraux à raison d'une centaine de milligrammes par litre.

Lorsque plusieurs averses se succèdent pendant quelques jours entrecoupées d'éclaircies de quelques heures, la crue résultante est complexe. Durant aussi longtemps que la période pluvieuse, elle présente de nombreuses pointes et le débit ne se stabilise que trois ou quatre jours après que le beau temps soit revenu.

VI. — EAUX SOUTERRAINES

Quelques observations sur le régime des eaux souterraines ont été effectuées à Mangareva. Elles ont porté sur la mesure du temps de réponse à une averse d'une source captée et alimentant Rikitea, sur un essai de pompage dans les éboulis de bas pente du bassin versant, de Gatavake et sur la localisation d'une nappe dans la petite plaine d'Apeakava.

1) *Temps de réponse d'une source.* — Des trois sources anciennement captées à Rikitea pour alimenter en eau le village, l'une d'elle est équipée d'un ouvrage en béton protecteur évitant aux eaux de ruissellement de se mélanger à celles de la source. La conduite de captage débouche à gueule bée dans un collecteur. Il est donc aisé de jauger par capacité le débit capté.

Le 12 juin, entre 14 h 30 et 15 h 30, 28 mesures du débit de cette source ont été réalisées pendant la seconde averse d'un orage (17 mm étaient tombés précédemment entre 14 h 00 et 14 h 24). L'averse était enregistrée au faré SMCB, à 1 200 m de la source, sous la même exposition. L'averse a débuté à 14 h 41 et s'est terminée à 15 h 04 :

	0 mm	
14 h 41	0,5 mm	7,5 mm/h pendant 4 mn
14 h 45	6,0 mm	60 mm/h pendant 6 mn
14 h 51	4,0 mm	34 mm/h pendant 7 mn
14 h 58	2,0 mm	20 mm/h pendant 6 mn
15 h 04	<hr/>	
	12,0 mm	

Le centre de l'averse est donc passé à 14 h 50 au faré.

Le débit maximal de la source a été mesuré à 15 h 07. Or, il a été observé au voisinage de la source une recrudescence de l'intensité pluviométrique entre 14 h 53 et 14 h 58 correspondant vraisemblablement à la pointe de 60 mm/h. Le centre de l'averse a donc dû passer vers 14 h 56 à la source, soit six minutes après être passé au faré.

Le temps de réponse de la source était donc :

$$T = 15 \text{ h } 07 - 14 \text{ h } 56 = 11 \text{ minutes.}$$

Le temps de montée de l'hydrogramme de crue de la source est de 7 minutes.

Il y a donc lieu de penser que cette source, qui est soumise à de rapides et importantes variations de débit quelques minutes seulement après une averse, n'est pas à l'abri d'une pollution éventuelle par les eaux de surface.

On pourra enfin remarquer sur l'hydrogramme qu'à 15 h 21 la source avait à nouveau atteint le débit qu'elle avait immédiatement avant l'averse.

2) *Essai de pompage.* — Un trou de 45 cm de diamètre sur 80 cm de profondeur, pratiqué à flanc de pente à l'altitude de 100 m dans des sols détritiques colmatés du bassin de Gatavake, a atteint la nappe phréatique. Celle-ci n'occupe vraisemblablement qu'une très faible superficie. Au cours de fortes averses de la mi-juin le trou s'est rempli d'eau. Le 16 juin, deux mesures de niveau à 6 h d'intervalles ont montré que le plan d'eau, dans le trou, s'abaissait à la vitesse de 2 cm à l'heure. Un essai de pompage a été effectué pour permettre de tracer la courbe de remontée du plan d'eau. La cote du niveau de l'eau après vidange partielle du trou, a été relevée toutes les cinq minutes pendant une heure. Le plan d'eau avait été abaissé de 28,5 cm. Pendant la première demi-heure, la vitesse de remontée a été assez rapide et progressivement décroissante de 40 cm à l'heure à 16 cm à l'heure. Pendant la seconde demi-heure la vitesse de remontée était de l'ordre de 6,6 cm à l'heure. La courbe est en principe asymptote au niveau piézométrique. Le rétablissement lent, comme c'était ici le cas, du plan d'eau au niveau piézométrique correspond à une alimentation et une perméabilité faibles. Il s'agit donc bien d'une poche d'eau de petites dimensions, contenue dans un milieu poreux de faible perméabilité.

3) *Nappe côtière d'Apeakava*. — La petite plaine d'Apeakava a une forme triangulaire d'environ 500 m de côtés. Elle est côtière et son altitude doit être comprise entre 0,5 et 1,5 m au-dessus du niveau de la mer. Elle est parcourue dans son centre par une légère déclivité qui doit, en crue, évacuer le débit du petit ruisseau descendant du Mokotaka. Le débit de ce cours d'eau en période sèche est extrêmement faible, de l'ordre de 0,05 l/s. Son lit, en amont de la plaine, est encombré de végétation herbacée et de gros blocs de rochers éboulés des sommets. L'eau est sale, d'aspect savonneux, avec un goût de terre assez prononcé. La plaine d'Apeakava est couverte d'une assez haute végétation herbacée. Sa partie maritime est plus ombragée : cocotiers, bouraos, manguiers sont les arbres que l'on y rencontre le plus souvent.

Quelques trous ont été percés jusque dans la nappe phréatique. Ces trous ont de 1 m à 1,5 m de profondeur. L'horizon superficiel du sol est constitué d'une couche argileuse et hummifère, sombre, d'une vingtaine de centimètres. Au-dessous, on rencontre une argile compacte que les racines ne pénètrent pas, régulièrement humide, très plastique, constituée par des alluvions latéritiques très fines. A la profondeur de 1 à 1,5 m, correspondant au niveau marin, on trouve une faible épaisseur de sables gris, très fins, argileux, qui recouvre finalement du sable calcaire très blanc. Lorsque le trou a atteint le sable blanc on observe une abondante venue d'eau. Au bout de quelques minutes, le niveau de l'eau dans le trou s'est élevé de 30 à 40 cm au-dessus de l'horizon de sable. On a donc affaire à une nappe contenue dans le sable corallien, en charge de 30 à 40 cm sous un toit d'alluvions très fines, pratiquement imperméables. Cette nappe d'eau douce est en contact avec l'eau de mer qui s'infiltré par l'aval dans le sable de corail.

L'alimentation de cette nappe d'eau douce ne se fait donc pas à partir de la plaine puisque les alluvions sont imperméables. On en a d'ailleurs confirmation en observant çà et là des mares d'eau de pluies desséchées, craquelées, dans lesquelles ont eu le temps de se développer des algues avant que l'évaporation ne les assèche. La nappe d'eau douce est alimentée par la zone de bas de pente qui est composée d'éboulis et d'alluvions grossières. L'eau de pluie qui ruisselle sur la latérite des pentes s'infiltré en partie dans les matériaux relativement grossiers de piémont et en partie continue à ruisseler en nappe sur la plaine jusqu'à la mer. L'eau infiltrée en bas de pente rencontre le sable corallien et, en cheminant vers la mer, se trouve prisonnière dans cette couche sous le toit d'argile.

La nappe d'eau douce est côtière : elle est en contact avec l'eau de mer dans le sable calcaire en bordure du littoral où un « coin d'eau salée » pénètre sous la nappe d'eau douce. La pente du niveau piézométrique de la nappe est faible en période sèche : des mesures topographiques très précises seraient nécessaires pour en connaître l'importance. Enfin, la perméabilité des sables calcaires coralliens est grande (matériau pulvérulent dont le diamètre des grains est supérieur au dixième de millimètre).

La marée océanique se fait sentir dans la nappe. Le niveau piézométrique est en effet soumis à des variations sinusoidales en liaison avec les

marées. Le déphasage et l'amortissement d'amplitude sont fonction de la distance à la mer et de la perméabilité de l'horizon de sable. Compte tenu de la superficie du bassin d'alimentation de la nappe (0,5 km²), des précipitations annuelles (2 000 mm), des pertes par évaporation et évapo-transpiration probables (600 mm), du partage entre l'écoulement superficiel et l'infiltration (50 %), on peut penser que cette nappe d'eau douce d'Apeakava reçoit et restitue à la mer environ 400 000 m³ par an. Sur les 800 m de rivage, cela correspond à un débit moyen linéaire de 57 litres par heure et par mètre de rivage. Ce débit se répartit en une grande quantité de petites sources de bord de mer qui jalonnent la plage.

Le cas de la nappe côtière d'Apeakava n'est pas une exception à Mangareva : on aurait pu observer le même phénomène, à quelques variantes près, sur tout le littoral occidental de l'île de Ganhutu au sud, à Akaputu et Ganheata au nord en passant par Gatavake et Kirimiro.

VII. — CONCLUSIONS

De la prospection hydrologique qui a été effectuée pendant le premier semestre 1966 à Mangareva, il ressort principalement que :

1) le climat des Gambier, tropical océanique, est marqué par une répartition homogène de la pluviométrie tout au long de l'année. Les précipitations les plus intenses sont provoquées par les orages locaux, relativement fréquents, qui peuvent se présenter en toute saison ;

2) la population utilise pour ses besoins divers des eaux de toutes origines : l'eau de pluie, l'eau d'écoulement superficiel, l'eau de source et l'eau des nappes côtières ;

3) les eaux des Gambier sont chargées en bicarbonate de calcium et de magnésium. Les eaux les plus pures chimiquement sont les plus superficielles, terreuses et chargées de matières en suspension. Les eaux souterraines ont dissous une quantité variable de sels minéraux qui diminue leur résistivité électrique. Sur le littoral les eaux souterraines sont parfois polluées par l'eau de mer ;

4) la morphologie de l'île, montagneuse et escarpée, favorise l'écoulement superficiel de l'eau météorique au détriment de l'infiltration et de la circulation lente souterraine ;

5) l'origine volcanique de l'île, l'érosion, la latéritisation, ont conféré aux sols des perméabilités différentes. Très faibles, elles impliquent un ruissellement abondant et un lessivage superficiel des terrains avec l'érosion que cela entraîne. Très fortes, elles autorisent le ruissellement hypodermique retardé par rapport au ruissellement superficiel, mais inefficace quant à la filtration des eaux météoriques. Moyennes, elles permettent la rétention d'une certaine quantité d'eau qui est restituée lentement au drain naturel après une bonne filtration.