

**CONNAISSANCE ET GESTION DES HYDROSYSTEMES DES ILES HAUTES  
DU SUD-OUEST PACIFIQUE**

**KNOWLEDGE AND MANAGEMENT OF WATER SYSTEMS  
IN THE SOUTH WEST PACIFIC HIGH ISLANDS**

Frédéric MONIOD  
Laboratoire d'Hydrologie, ORSTOM  
B.P. 5045, 34032 Montpellier Cedex 02

**SOMMAIRE**

1. Introduction
2. Connaissance et régime des précipitations
3. Connaissance des régimes hydrologiques
  - En Nouvelle-Calédonie
  - En Polynésie française
4. Études hydrologiques en vue d'aménagements
  - En Nouvelle-Calédonie
  - En Polynésie française
5. Conclusions et propositions
  - Extension des réseaux de stations hydrologiques
  - Protection contre les cyclones

Fonds Documentaire IRD

Cote : Bx 17687

Ex : unique

**RÉSUMÉ**

L'action de l'ORSTOM en hydrologie dans le Pacifique a consisté à installer et développer des réseaux de stations pluviométriques et hydrologiques en Nouvelle Calédonie, puis en Polynésie. Le fonctionnement de ces réseaux a permis de collecter et d'enregistrer dans des banques de données des informations dont le traitement offre pour résultat la connaissance des régimes d'écoulement des eaux de surface. De très nombreuses études particulières, réalisées à la demande des utilisateurs, sont venues compléter et affiner cette connaissance des rivières dont les ressources en eau sont particulièrement convoitées. Si l'extension, l'entretien et le fonctionnement des réseaux sont désormais du ressort des services techniques territoriaux, il semble que la recherche hydrologique doive désormais focaliser ici ses efforts sur les cyclones tropicaux, phénomènes spécifiques des milieux insulaires océaniques.

**Mots clefs :** Hydrologie, réseau de stations, études particulières, ressources en eau, cyclone.

**SUMMARY**

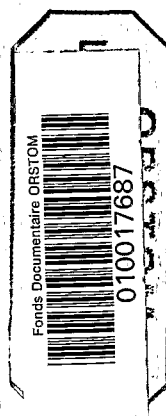
Hydrology ORSTOM's activities in the Pacific Islands consisted in planting and developing networks of rainfall and hydrometric stations in New Caledonia, then in Polynesia. The good running of them allowed to collect and stock in data banks informations, the processing of which leads to determine the water surface flow regimes characteristics. Very numerous special studies, requested by users, came and completed and improved the knowledge of much desired water resources. The running, developing, and maintenance of the networks being now on the hand of the technical departments, the research activity in hydrology in that place seems have to be focused on tropical cyclones, the specific phenomena of the oceanic insular surroundings.

The scientific evaluation of ORSTOM's work in Hydrology in the Pacific high islands since 1954 is based on:

- the knowledge of the climatic regimes, especially rainfall
- the surface water flow understanding
- the hydrological survey for hydraulic equipments

Rainfall regimes :

The installation of daily raingauges to strengthen the meteorological office network, the installation of storage raingauges in the less accessible places, of paper (then magnetic) rain recorders, have progressively allowed to draw mean yearly homogenized rainfall maps (over 20 years in New Caledonia and 15 years in Tahiti), to calculate statistics, to bring to light the rainfall "intensity-duration- frequency" relationships, and to publish the prodigious precipitation depths falling upon the upper islands when tropical depressions and cyclones pass close by.



81794

*Surface water flow :*

The installation of staff-gauges in the cross-sections of numerous rivers and of automatic water level recorders when possible, has formed an observation network that allows to check permanently the unceasing water level variations of the rivers. Together with discharge measurement campaigns from the lowest to the highest level, these data allow the relationship to be drawn up between discharges and water level variations. Then all calculations are permitted: totalization, averages, statistical analysis in space and time, and the determination of the physical salient features of the hydrological regime. That is to say: variations of the yearly runoff depth, seasonal modulation of the flow (monthly mean discharges), storm-flood relationship (volume of surface runoff, storm-runoff coefficient, peak flow), flood statistics (cyclonic exceptional floods), drought, depletion and low water statistics. Stored in data-banks the information is processed, and then published in year books, hydrological annals, maps and notes in geographic atlases, monographs, and it forms the subject of Ph. D. theses.

*Hydrological survey for water projects*

Hydrological research activities have not been limited to the characterization of the regional hydrological regimes. On the instigation and request, of users such as territorial services, communities, equipment companies, handling and management firms, research departments, many studies have been done, by place or by district area, the results of which have enlarged the basic information gathered from the networks. The various projects dealt with hydropower development, bridges and flooded frames in public works, drinking water supply for towns or rural communities, and the agricultural uses of water resources.

*Research proposal*

Expanding geographically the hydrological networks, monitoring their operation and maintenance, and increasing the hydrological survey for practical applications are the means by which hydrology engineering brings to the contractors what they need for their work. The data gathering, transfer, and processing without delay, improve the water systems management and make the flood warning systems more effective for the civil defence.

But in the whole region cyclones are among the main natural risks which populations have to be better and better guarded against. While the structure and dynamics of the phenomenon itself are being observed and investigated at the planet scale from one edge of the Pacific ocean to the other, the local effects as it passes by, have yet to be investigated at the smaller scale of the archipelago, the island and even the hillshape. Then, research in Hydrology must focus on precipitation extremes and resulting flow discharges, in spite of the marked scarceness of cyclones passing over a given point which makes it difficult to gather all the information needed.

**Key words :** Hydrology, stations network, hydrological survey, water resources, cyclones.

**1. INTRODUCTION**

C'est en 1954 que l'ORSTOM affecta pour la première fois un hydrologue dans le Pacifique, à Nouméa. Sa mission était de faire, en Nouvelle Calédonie, la prospection des ressources en eau. Dans ce but les activités de recherche hydrologique se sont appuyées depuis cette date sur le développement d'un réseau de postes pluviométriques venant géographiquement compléter celui des stations de la Météorologie Nationale, sur l'implantation et le développement d'un réseau de stations hydrologiques sur les rivières du Territoire, et sur l'équipement hydrologique et l'observation des bassins versants choisis pour réaliser les études particulières nécessaires à l'édification des aménagements projetés sur ces cours d'eau.

De la Nouvelle Calédonie le champ des investigations s'est étendu, à titre temporaire ou permanent, sous l'impulsion des demandes d'intervention émanant des autorités ou des bureaux d'études, à certains archipels de la Polynésie Française.

Le fonctionnement ininterrompu de ces réseaux de stations permet de suivre en continu, d'enregistrer et de mesurer le déroulement des manifestations du climat et des écoulements qui s'en suivent. Les longues chroniques complètes des hauteurs de précipitations et de débits, engrangées dans des banques de données hydroclimatiques, constituent le matériau indispensable à l'élaboration de la connaissance des régimes climatiques et de l'écoulement des eaux de surface. Cette connaissance précède la détermination des ressources en eau que recèlent les rivières, ressources aptes à satisfaire des besoins d'utilisation et de consommation d'eau douce, ainsi que des besoins de protection contre les aléas naturels : inondations et sécheresses.

Nous dresserons donc le bilan scientifique de l'action de l'ORSTOM en hydrologie dans les îles hautes du Pacifique en considérant successivement trois aspects :

- la connaissance des régimes climatiques et en particulier celui des précipitations,
- la connaissance des régimes d'écoulement des eaux de surface,
- les études hydrologiques en vue d'aménagements.

## 2. CONNAISSANCE ET RÉGIME DES PRÉCIPITATIONS

Le réseau pluviométrique s'est progressivement développé dans l'île de Nouvelle Calédonie par l'installation de postes de pluviométrie journalière lorsqu'un observateur permanent pouvait y être affecté, de pluviographes enregistreurs lorsque c'était possible, de pluviomètres totaliseurs dans les endroits les plus reculés ou les moins accessibles. Une première carte pluviométrique de la Nouvelle Calédonie fut publiée en 1966, esquisse encore maladroite, qui fut très améliorée et précisée en 1981. La pluviométrie moyenne interannuelle cartographiée était alors homogénéisée sur 20 ans (1956 - 75) en 92 stations et postes pluviométriques répartis sur tout le territoire.

L'analyse statistique des données pluviométriques disponibles en quelques longues chroniques aux stations les plus anciennes met en relief l'irrégularité interannuelle des précipitations (le coefficient de variation est le plus souvent supérieur à 0,3) et permet de faire une estimation correcte des totaux annuels pluviométriques de fréquence rare (décennale, centennale) en année humide comme en année sèche.

L'examen des totaux mensuels des précipitations met en lumière les variations saisonnières de la pluie et leur irrégularité nettement plus accentuée que celle des totaux annuels. Il fait aussi apparaître des variantes régionales de la modulation saisonnière des pluies entre la côte Est et la côte Ouest et du Sud au Nord de l'île.

Si l'occurrence des dépressions tropicales et des cyclones dispensateurs de pluies diluviennes joue un rôle certain dans l'irrégularité de la modulation saisonnière des pluies, son rôle est de tout premier ordre dans la distribution des pluies journalières. En général les précipitations les plus fréquentes sont inférieures à 10 mm/j et les plus fortes, supérieures à 100 mm/j, ne représentent jamais plus de 3 % du nombre des jours de pluie.; en revanche les pluies exceptionnelles liées au passage des cyclones ainsi qu'au développement accidentel d'orages localisés battent d'impressionnants records (647 mm le 29 nov. 1937 à Yaté).

Mais ce genre d'événements reste malgré tout assez peu fréquent et n'influence que les totaux journaliers très rares, au delà de la fréquence décennale. Comme les phénomènes cycloniques durent généralement plusieurs jours, les pluies exceptionnelles en 24 h ne reflètent pas toute l'abondance pluviométrique de ces perturbations : le cyclone GYAN (23-24 déc. 81) a apporté à Haut Coulna 1 050 mm en 12 h, 1 692 mm en 24 h et 1 862 mm en 48 h et à Yaté 516 mm en 12 h, 874 mm en 24 h et 1 036 mm en 48 h.

L'étude des épisodes pluvieux et de leur composition, c'est-à-dire de la succession des intensités de pluie et de leur durée, conduit à établir des relations "Intensité - Durée - Fréquence", diverses d'un point à un autre de l'île, dont la connaissance est très utile pour lutter contre le ruissellement pluvial urbain, contre l'érosion des terres dénudées, pour prédéterminer les débits et volumes des crues-éclair survenant sur les petits ou très petits bassins versants.

Dans l'île de Tahiti, le réseau des stations pluviométriques de la Météorologie Nationale comptait une trentaine de postes en 1982, certains remontant à 1922. Depuis 1974, l'ORSTOM a mis en place puis cédé au Service de l'Équipement un réseau d'altitude équipé de pluviographes et surtout de pluviomètres totalisateurs.

En 1983, 61 postes de réseau étaient suivis malgré les difficultés d'y accéder. Les données pluviométriques de Tahiti qui ont pu être traitées en 1984 représentaient 552 stations années de pluviométrie journalière et 497 stations années de pluviométries cumulées sur plusieurs mois. De longs traitements de compléments et d'homogénéisation ont finalement conduit à tracer les cartes pluviométriques de Tahiti en valeurs moyennes inter-annuelles homogénéisées sur 15 ans, en fréquences décennale humide et décennale sèche. Ces cartes mettent en évidence les gradients pluviométriques considérables qui existent entre les zones abritées proches du littoral et les plus hauts sommets (de moins de 2000 mm/an à plus de 8000 mm/an), et montrent l'influence de l'orientation des versants sur la pluviosité : les écarts sont tels qu'ils nécessitent de partager l'île en pas moins de onze secteurs homogènes.

Les variations saisonnières de la pluviométrie montrent l'existence d'une saison relativement sèche entre juillet et septembre, et d'une saison très humide de décembre à mars ; de l'une à l'autre saison la transition est progressive, et d'une année sur l'autre l'irrégularité est importante.

L'analyse statistique des hauteurs de pluie journalières n'est réalisée que sur quelques stations côtières où on dispose de séries assez longues pour tenter une estimation de la valeur de fréquence décennale avec une précision satisfaisante : 171 mm/j à Paea et 305 mm/j à Taravao.

Notons ici que les années 1982 et 83 ont été exceptionnellement marquées à Tahiti par le passage de 6 perturbations dont 5 ont atteint le stade de cyclone tropical. La répartition des pluies a été exceptionnelle au passage de la dépression Lisa (8-12 décembre 82) et du cyclone Veena (11-12 avril 84) où les maximums respectifs en 1 heure, 1 jour et 2 jours ont dû respectivement largement dépasser 100 mm, 1000 mm, 1500 mm.

### 3. CONNAISSANCE DES RÉGIMES HYDROLOGIQUES

#### 3.1. En Nouvelle-Calédonie

En Nouvelle Calédonie tous les résultats relatifs aux écoulements superficiels et aux régimes hydrologiques proviennent des données fournies par le réseau de stations hydrométriques mis en place par l'ORSTOM à partir de 1954, constituées au départ par de simples échelles limnimétriques lues par des observateurs. En 1960 deux limnigraphes (enregistreurs) seulement étaient implantés l'un au sud sur la Rivière des Lacs aux Goulets, l'autre au nord sur la Ouaième à l'embouchure. Les stations limnimétriques ont progressivement été remplacées par des stations automatiques qui étaient au nombre de 17 à la fin des années 70.

Collectées sous forme de lectures quotidiennes d'échelles, puis d'enregistrements continus sur papier, et actuellement d'enregistrements sur mémoires magnétiques, les données de base sont des hauteurs d'eau formant une chronique continue en chacune des stations. Associées à ces "observations", des "mesures" directes de débit (jaugeages) sont faites au droit des stations et leurs résultats rattachés à la cote à l'échelle au moment du jaugeage. L'étalonnage de la station consiste à établir ainsi la relation existant entre la cote du plan d'eau et le débit de la rivière à la station, des plus hautes eaux aux plus basses eaux connues. Ainsi chaque hauteur peut être traduite en débit. On peut alors comparer les débits d'une station à un autre, les cumuler dans le temps pour calculer des volumes écoulés et les hauteurs de la lame d'eau correspondante sur la superficie du bassin versant, lame écoulée à comparer directement à la hauteur des précipitations moyennes sur le bassin qui ont créé l'écoulement.

La forme, la topographie et la structure géologique de la Nouvelle Calédonie ont imposé le tracé actuel de son réseau hydrographique, disposé en arrête de poisson de part et d'autre de la chaîne centrale. Imprimé dans un relief vigoureux, le réseau des rivières draine des bassins de dimension réduite, inférieure à 450 km<sup>2</sup>, dont la réponse hydrologique aux fortes averses est rapide et brutale. Dans ces conditions les enregistrements continus des variations de niveau du plan d'eau sont seuls capables d'apporter l'information nécessaire à l'étude du ruissellement et à la détermination de ses caractéristiques.

Après une douzaine d'années de fonctionnement des stations il a été possible de faire une première description (1968) des régimes hydrologiques de la Nouvelle Calédonie. Elle a pu, depuis, considérablement s'affiner avec des chroniques d'observation plus longues, des échantillons statistiques plus représentatifs, et des moyens de calculs plus performants. La description du régime hydrologique repose principalement sur l'étude du débit moyen annuel, sur celle du bilan annuel d'écoulement en comparaison de la pluie annuelle qui affecte le bassin versant de la rivière, sur l'étude des variations saisonnières de l'écoulement, sur celle des débits de crues et enfin sur celle du tarissement et des étiages.

Les débits moyens annuels, rapportés à l'unité de surface du bassin, ou modules spécifiques, s'échelonnent de 17 l/s/km<sup>2</sup> pour les rivières les moins abondantes de la Côte Ouest comme le Fatenaoué, à 94 l/s/km<sup>2</sup> évapo-transpiration pour les plus arrosées de la Côte Est comme la Ouinné. Cela concerne les "Grandes" rivières ayant leur origine dans la chaîne ; les petits cours d'eau côtiers du Nord de la Côte Ouest par exemple voient leur module dépasser péniblement 1 l/s/km<sup>2</sup>. Dans leur répartition géographique ces valeurs reflètent fidèlement la répartition des hauteurs annuelles des précipitations. L'irrégularité inter-annuelle des écoulements ressort de l'étude statistique des débits moyens annuels qui varient d'une année sur l'autre de façon aléatoire. L'ajustement des lois de distribution statistique sur les échantillons de valeurs observées donne l'estimation de la valeur du débit correspondant à la fréquence choisie. Le coefficient de variation (rapport de l'écart type à la moyenne) de ces chroniques de débits moyens annuels donne une idée de leur irrégularité : il varie de 0,26 pour la Rivière des Lacs aux abondantes réserves phréatiques, à 0,60 pour la Ouenghi qui descend du massif minier au Sud-Ouest de l'île.

Au module de la rivière correspond un volume annuel écoulé qui, rapporté à la superficie du bassin, donne une lame d'eau écoulée à comparer à la lame d'eau tombée, c'est-à-dire à la pluie annuelle. Le bilan d'écoulement annuel qu'on établit ainsi fait apparaître un déficit d'écoulement représentant les pertes par évaporation, évapo-transpiration, rétention d'eau dans les sols...

Variable d'une année à l'autre et d'un bassin à l'autre le déficit d'écoulement est en moyenne et très approximativement compris entre 500 et 1 000 mm, ce qui est peu comparé aux valeurs de l'ETP estimées entre 1 300 et 1 500 mm par la formule de Penman. La pluie s'écoule trop rapidement pour être réellement profitable à la végétation. En outre les bassins les plus arrosés ont généralement le plus faible déficit d'écoulement. Il en résulte que les variations relatives de la lame d'eau écoulée sont plus grandes que celles de la pluie, et les coefficients moyens d'écoulement sont souvent supérieurs à 70 % dans les zones les plus humides, et inférieurs à 50 % dans les régions les plus sèches. Ils sont cependant partout supérieur à 30 %, valeur élevée qui s'explique par la faible perméabilité des terrains, la faible étendue de la forêt et les fortes pentes des versants offerts à des averses fréquentes et abondantes.

L'écoulement saisonnier des rivières suit évidemment fidèlement le rythme des précipitations :

- . Les basses eaux s'observent entre août et novembre,
- . Octobre a le débit moyen le plus faible de l'année dans le Sud, novembre dans le Nord, mais la date de l'étiage absolu est très variable suivant les années (septembre ... janvier),
- . les précipitations abondantes reprennent en décembre et avec elles les débits;
- . c'est pendant les quatre mois de décembre à mars que se produisent les crues maximales, dues au passage des dépressions et des cyclones. Aussi n'est-il pas étonnant que 60 à 70 % du volume annuel s'écoule en cette saison,
- . à partir de mai les débits s'assagissent avec une légère recrudescence parfois en juillet.

Au total on note que pendant 4 à 5 mois de l'année, le débit moyen mensuel est supérieur au module. Mais l'étude des débits moyens journaliers classés montre qu'en année moyenne le module n'est en fait dépassé que 60 jours par an. Cela montre à quel point le débit de la rivière peut varier à l'intérieur d'un même mois. On a également pu constater qu'il peut couler dans une rivière autant d'eau pendant les 11 jours les plus abondants de l'année que pendant les 354 autres jours. Mais ces onze jours là ne se présentent ni à date fixe, ni en séquence.

On observe en effet des crues brutales dont les temps de montée et de réponse du bassin qui sont du même ordre, n'excèdent pas quelques heures pour un bassin de plusieurs centaines de km<sup>2</sup> :

- . les précipitations de janvier à avril, liées à la circulation des dépressions et des cyclones tropicaux, s'étendent sur plusieurs jours et provoquent des crues complexes aux hydrogrammes très dentelés;
- . en dehors de cette saison aussi, des orages isolés sont susceptibles de provoquer des crues brutales à une seule pointe relativement élevée..

Deux paramètres au moins caractérisent une crue : son débit de pointe et le volume ruisselé qui s'écoule à la station pendant le passage de la crue. On a noté précédemment que, lors de fortes averses, la plus grande partie ruisselle sur le sol sans s'infiltrer et s'écoule très vite dans la rivière. Les coefficients de ruissellement sont d'autant plus élevés que les averses sont abondantes et intenses. La constitution d'échantillons statistiques représentatifs de volumes ruisselés par bassins est délicate et réclame des enregistrements continus nombreux et sans faille. En revanche, les cotes maximales atteintes par le niveau de la rivière s'obtiennent plus facilement et même a posteriori grâce aux traces laissées par l'inondation. A cette cote maximale on fait correspondre le débit de pointe de la crue ; les maximums annuels étant ainsi repertoriés, on en fait l'analyse statistique pour en déduire, après ajustement des lois de distribution les plus adéquates, la valeur du débit de pointe de crue correspondant à la fréquence choisie.

Exprimé en valeur spécifique le débit de pointe de fréquence médiane (atteint ou dépassé une année sur deux) est de l'ordre de 4 à 7 m<sup>3</sup>/s.km<sup>2</sup> dans les rivières du Sud et du Nord de la côte Est correspondant aux bassins les plus arrosés, et seulement de 2 à 3,5 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> sur la côte Ouest. Les débits spécifiques décennaux de pointe de crue varient de 4,7 à 13 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> selon les régions. Quant aux valeurs correspondant à la fréquence centennale, elles sont comprises entre 12 et 15 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> sur le versant Ouest, et sont proches de 20 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> sur le versant Est. Ce sont des débits considérables qui, pour les plus grands bassins comme ceux de la Tonouta, de la Tiwaka, ou de la Ouaième, s'élèveraient à 5 000, 6 000 m<sup>3</sup>/s voire davantage.

On manque de très longues chroniques de débits de crue qui permettraient d'associer une fréquence au caractère exceptionnel des plus fortes crues connues, liées bien évidemment aux

plus violents cyclones qui ont affecté l'île de Nouvelle-Calédonie. On connaît les cyclones Béatrice en 1959, Colleen en 1969, Alison en 1975, Gyan en 1981, Anne en 1988 pour n'en citer que quelques uns. Une enquête historique permet de retrouver trace d'une crue très forte de la Faténadré en 1923, et d'un cyclone mémorable en 1948 qui a fait monter le Diahot à 16,33 m au dessus de son lit. Compte tenu de toutes ces informations il est permis de penser que des crues exceptionnelles peuvent gonfler les débits jusqu'à des valeurs maximales de 25 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> pour des bassins de plus de 100 km<sup>2</sup>, et de 30 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> et plus peut-être pour les bassins de superficie inférieure à 50 km<sup>2</sup>.

Après la "saison des cyclones", le tarissement des rivières commence dès le mois de mai pour s'achever d'habitude en novembre bien qu'exceptionnellement il puisse se poursuivre jusqu'en janvier. Les pluies qui ne cessent cependant de se produire interrompent la décroissance régulière des débits et la sectionnent, en plusieurs périodes de tarissement plus ou moins longues. Le débit d'étiage qui s'en suit est alors bien différent d'une année sur l'autre. Selon la présence ou l'absence de nappe alluviale capable de soutenir l'écoulement, le temps caractéristique de tarissement (au bout duquel le débit est divisé par 2,72) varie de 1 à 3 mois. Le débit d'étiage qui clôt ce tarissement est plutôt identifié comme un débit caractéristique, le D.C.E. qui est atteint ou dépassé 355 jours par an. On le détermine chaque année, et quand on l'exprime en débit spécifique par unité de surface, on constate que la valeur médiane varie de 0,5 l/s/km<sup>2</sup> pour les rivières les plus indigentes du Nord de la côte Ouest, jusqu'à 9 l/s.km<sup>2</sup> pour les cours d'eau très abondants du sud-est. Le débit peut s'annuler dans les petits bassins et même, certaines années sèches, dans des bassins de plus de 100 km<sup>2</sup> comme ceux de Iouanga et de Koumac.

On constate qu'en général le DCE de fréquence décennale sèche est de l'ordre de 55 % du DCE médian, alors que le débit de fréquence décennale humide est de 1,4 à 2 fois supérieur au DCE médian. L'abondance des précipitations qui affectent le bassin est le principal facteur qui conditionne l'abondance et l'irrégularité du débit d'étiage ; la structure géologique du substratum qui diffère d'un secteur géographique à un autre, ne joue, en la matière, qu'un rôle peu perceptible.

### 3.2. En Polynésie française

Le régime d'écoulement des rivières de Tahiti et de quelques autres îles de la Société s'étudie grâce aux mesures faites sur le réseau hydrométrique mis en place par le Service de l'Équipement et l'ORSTOM depuis 1972. A la fin de 1988 le dispositif comprenait 25 stations limnigraphiques dont 18 pour Tahiti, 4 pour Raiatea et 3 pour Moorea (depuis 1985). En 1991, 13 échelles limnimétriques ont été implantées sur onze rivières des îles Marquises. Le réseau de Tahiti équipe des rivières dont le bassin versant n'excède pas 80 km<sup>2</sup>. Les débits sont principalement influencés par le régime des précipitations qui dépend étroitement de l'altitude ainsi que de l'exposition des bassins par rapport à la direction de vents marins dominants. Les écoulements les plus abondants s'observent dans la Papeiha, la Vahitepiha et le Vairaharaha dont les modules spécifiques sont tous supérieurs à 150 l/s/km<sup>2</sup>. Les bassins sous le vent, qui s'écoulent vers la côte Ouest comme ceux des rivières Fautaua, Punaruu, Vaitiu et Aoma ont des modules spécifiques inférieurs à 75 l/s/km<sup>2</sup>. La Vaitaara, exposée au nord-est dans le flux d'alizés débite en moyenne 230 l/s/km<sup>2</sup> tandis que la Vaitiu-Orofero, bien protégée des vents dominants, ne débite guère plus de 40 l/s/km<sup>2</sup>. Sur l'île de Moorea les modules spécifiques sont plus faibles (à cause d'une pluviométrie moins élevée qu'à Tahiti) mais assez homogènes de l'ordre de 60 l/s.km<sup>2</sup> comme sur les versants sous le vent de Tahiti. Ces écoulements abondants et relativement réguliers d'une année sur l'autre ont un coefficient de variation assez faible voisin de 0,25 le plus souvent.

Les variations saisonnières des débits suivent de près celles des précipitations. Quatre mois de hautes eaux entre décembre et mars et cinq mois de basses eaux de juillet à novembre sont reliés par une période fort variable de avril à juin. Les apports de septembre sont les moins abondants avec moins de 5 % des apports annuels. Novembre ou décembre à l'Est, janvier ou février ailleurs sont les mois les plus abondants. Le rapport des débits moyens mensuels maximaux et minimaux varie très régulièrement en s'accroissant vers l'Ouest. De 2,2 ou 3,4 au Sud, il passe à 4,1 sur le Papenoo, puis dépasse 5,5 sur la Fautaua, pour atteindre tout à fait à l'Ouest 7,45 sur la Punaruu.

L'irrégularité interannuelle est marquée : le coefficient d'irrégularité (rapport des valeurs correspondant aux fréquences décennales humide et sèche) varie de 2,27 pour le débit de septembre de la Tuauru, à 9,64 pour le débit de janvier de la Punaruu. Les débits moyens mensuels les plus réguliers correspondent à la période d'étiage tandis que les débits mensuels les plus abondants sont également les moins réguliers.

Il est difficile d'établir les bilans hydrologiques annuels en raison de l'incertitude qui règne sur l'estimation des hauteurs de précipitations moyennes sur la superficie des bassins versants :

les estimations vont de 3 000 mm pour le bassin de la Fautaua, à 8 000 mm pour le bassin de la Papeiha;

les lames d'eau écoulées établies à partir des débits enregistrés vont de 1 200 mm pour l'Amoa ou la Vaitiu, à 7 700 mm pour la Vairaharaha et même 1 1800 mm pour la Paraura.

En effet, si d'une manière générale les déficits d'écoulement sont surestimés (entre 1 500 et 2 500 mm) il arrive parfois que l'estimation de l'écoulement soit voisine de l'estimation de la pluie, voire lui soit supérieure. L'explication de cette aberration réside dans l'existence de "lava-tubes" ou tunnels sous-laviques, formés lors de la mise en place des laves fluides continuant à couler sous une croûte figée, vidant la coulée de son contenu pour laisser en place une galerie. Une partie des eaux de surface de la partie haute du plateau d'Hitiaa est déviée vers la Paraura par un véritable torrent souterrain. Le bassin topographique de la Paraura serait alors de dimension très inférieure à celle de son bassin hydrogéologique. En revanche les estimations des déficits d'écoulement sont trop élevées pour s'expliquer par les possibilités évaporatoires des bassins. C'est pourquoi on peut supposer qu'une partie non négligeable des eaux d'infiltration rejoint directement l'océan sans réapparaître dans le réseau superficiel, et ceci sans parler des sources sous-marines : on connaît en effet de très nombreuses sources de plage ou localisées au pied des nombreuses falaises qui jalonnent le littoral des îles hautes. On a même évalué approximativement à 100 mm la lame d'eau moyenne sur toute l'île de Tahiti qui retourne annuellement à l'océan par ces chemins diffus. Il n'est pas étonnant que cette moyenne approximative intègre des valeurs locales de lames d'eau de plusieurs centaines de millimètres. Les coefficients d'écoulement des rivières tahitiennes n'en restent pas moins très élevés, supérieurs à 50 %.

Les crues sont le plus souvent liées à des épisodes pluvieux complexes qui forment des hydrogrammes dentelés s'étendant sur 4 à 5 jours. Deux fois sur trois on les subit entre novembre et avril, semestre pendant lesquels on en dénombre une vingtaine, c'est également pendant cette saison que Tahiti subit le passage des dépressions tropicales et plus rarement des cyclones. Mais le reste de l'année des orages violents peuvent provoquer des crues très brutales aux débits de pointe très élevés sur des petits bassins versants.

Les analyses statistiques qu'on peut faire, à Tahiti, sur des échantillons d'une dizaine de valeurs de débits maximaux annuels conduisent à estimer entre 3 et 8 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> le débit spécifique de pointe de crue de fréquence médiane des rivières du versant sous le vent, et entre 5 et 9 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> celui des rivières du versant au vent. Le débit spécifique de fréquence décennale est évalué entre 7 et 13 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> pour le versant sous le vent, et entre 12 et 16 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> pour le versant au vent.

Pourtant très élevées, ces valeurs n'ont donc rien d'exceptionnel à Tahiti. Les cyclones comme Robert (1977), Diana (1978), Thamar (1982), Lisa (1982), Reva (1983), Veena (1983), Wasa (1991) génèrent des crues d'une ampleur tout à fait considérable. En avril 1983, le cyclone Veena a donné lieu à des crues de 30 à 40 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> sur des bassins de quelques dizaines de km<sup>2</sup>. Cependant sur des bassins de 1 à 5 km<sup>2</sup> de violents orages provoquent des crues tout aussi fortes : 50 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> sur le Paraura à Tahiti en décembre 1986, entre 20 et 45 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> en mai 85 sur 4 rivières des îles Marquises, entre 15 et 35 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> en mai 84 sur 4 rivières des îles Sous-le-Vent.

Les débits décroissent à partir de mars ou avril, et le tarissement, perturbé par les précipitations orographiques de saison fraîche, conduit à l'étiage entre septembre et novembre. Le débit caractéristique d'étiage DCE de fréquence médiane est, en valeur spécifique supérieur à 50 l/s/km<sup>2</sup> pour tous les bassins versants de Tahiti ouverts au nord-est et au sud-est. Ce même débit caractéristique d'étiage est en revanche partout inférieur à 25 l/s/km<sup>2</sup> dans les bassins versants abrités du vent. L'irrégularité interannuelle du débit d'étiage est faible : les débits sont d'autant plus réguliers que les bassins versants sont plus étendus (supérieurs à 10 /km<sup>2</sup>) et plus arrosés. Le DCE de fréquence décennale sèche varie à Tahiti entre 8 et 25 l/s/km<sup>2</sup>. Il convient, en définitive, de souligner l'abondance des étiages des rivières de Tahiti dont 4 au moins seraient susceptibles de subvenir chacune à elle seule aux besoins de consommation d'eau de la population entière de l'île.

Mais cette abondance n'est pas commune à toutes les îles de l'archipel : à Raiatea les DCE médians des cours d'eau les plus grands sont compris entre 10 et 20 l/s/km<sup>2</sup>. A Moorea, ils sont tous inférieurs à 15 l/s/km<sup>2</sup> et ne dépassent pas 7 l/s/km<sup>2</sup> pour la moitié d'entre eux. Sur les hautes îles encore moins étendues et moins élevées, les cours d'eau sont intermittents, ce qui signifie que leur débit s'annule à l'étiage.

#### 4. ÉTUDES HYDROLOGIQUES EN VUE D'AMÉNAGEMENTS

Quarante ans d'observations et de mesures hydrologiques et pluviométriques dans le Pacifique Sud ont permis à l'ORSTOM d'accumuler une somme considérable d'informations, une masse de données qui sont rangées dans les fichiers des banques de données correspondantes. Leur élaboration, leur traitement, leur exploitation, ont édifié une connaissance qui est diffusée sous forme de participation aux Atlas de la Nouvelle Calédonie et de la Polynésie, à l'Encyclopédie de Polynésie, (volume des îles volcaniques), diffusée sous forme d'Annales et d'Annuaire hydrologiques de Tahiti, de Moorea et de Raiatea, d'annuaire hydrologiques en Nouvelle Calédonie, sous forme de monographie sur les régimes hydrologiques de la Nouvelle Calédonie, ou de cartes de précipitations annuelles, sous forme également de notes plus ou moins circonstanciées sur les caractères généraux du régime des cours d'eau des îles hautes de la Société, ou les crues de la saison cyclonique 1982-1983 en Polynésie et particulièrement à Tahiti et aux îles Marquises.

Deux thèses de doctorat de l'Université ont été préparées dans le cadre des recherches hydrologiques de l'ORSTOM dans le sud-ouest Pacifique, l'une sur les régimes hydrologiques de l'île de Tahiti, l'autre sur les processus d'érosion et des risques naturels dans les îles du sud-ouest Pacifique. Mais toutes les activités de recherche en ce domaine ne se sont pas limitées à cet aspect de la connaissance. Au contraire, à l'instigation et à la demande des utilisateurs, c'est-à-dire des services et des autorités territoriales, des collectivités, des entreprises d'équipement, de distribution, d'aménagement, des bureaux d'étude et des sociétés d'exploitation, de très nombreuses études particulières ont été réalisées dans tel ou tel secteur, sur telle ou telle rivière, dont les résultats sont venus bien souvent grossir l'information de base recueillie au moyen des réseaux. Sans prétendre en faire une revue exhaustive, on peut en citer ici quelques unes, ne serait-ce que pour montrer que la nécessité de développer des applications concrètes à partir des résultats de la recherche s'est imposée dès le départ aux hydrologues de l'ORSTOM, et que leurs résultats ont été et sont pris en compte par les acteurs-mêmes du développement.

Il a paru commode de regrouper ces diverses études par thèmes, en particulier celles qui ont trait au développement de l'hydroélectricité et celles qui ont trait à l'équipement du territoire en matière d'ouvrages de franchissement des voies de communication, d'adduction d'eau des villes et des collectivités rurales ou à l'exploitation agricole des ressources en eau.

Dans les îles de Vate et de Santo de l'Archipel du Vanuatu, un réseau hydropluviométrique a été installé étalonné et suivi pendant trois ans, en 1982, 1983 et 1984 sur la Colle, la Teouma, le Jourdain et la Sarakata. Le but visé était de déterminer le potentiel hydroélectrique de ces rivières et, dans le cas de Jourdain, de déterminer les débits qu'il serait possible de réserver à l'irrigation.

##### 4.1. En Nouvelle-Calédonie

En Nouvelle Calédonie, les études de la Ouinné-Pourina et leur actualisation, celles des études de la Plaine des Lacs, les potentialités des creeks Bois du Sud, Ouenarou, Pirogues, visaient à trouver des compléments au potentiel hydroélectrique de l'aménagement de la Yaté. L'actualisation des études de la Ouaième visait à reconsidérer le potentiel hydroélectrique non équipé du nord de la Grande Terre. L'étude hydrologique de la Neaoua a finalement abouti à la construction d'une centrale hydroélectrique au centre de l'île. La recherche des caractéristiques d'écoulement des Petite et Haute Kuebini, les études de la Néhoué, de la Koué, des ruisseaux de Dogny et Ouakouté, de la rivière du Carénage, etc... conduisent à l'inventaire des sites possibles de micro-centrales hydroélectriques en Nouvelle-Calédonie.

L'étude hydrologique des deux branches de la Dumbéa et de la Couvelée a été réalisée pour le réaménagement de l'adduction d'eau potable de la ville de Nouméa ; la création de nouveaux ouvrages demande aujourd'hui encore des compléments d'investigation sur les ressources à mobiliser. L'inventaire des captages d'eau dans le massif de Koniambo, les caractéristiques hydrologiques de la rivière Golone, l'étude de la rivière Koumac et de sa nappe alluviale, visaient à s'assurer des ressources en eau disponibles pour desservir certains centres ruraux et collectivités rurales du nord de la côte Ouest.

Les études hydrologiques de la Ouenghi et de la rivière de Pouembout et des débits solides en suspension de ces rivières qui drainent les massifs miniers, comptent parmi les travaux réalisés pour classer et quantifier les phénomènes d'érosion, de transport et de sédimentation sur les bassins touchés par l'exploitation minière en Nouvelle Calédonie.



## 4.2. En Polynésie française

A Tahiti et dans les îles hautes de la Société, l'exiguïté des bassins versants, l'abondance des précipitations et la vigueur du relief favorisent l'installation de micro-centrales hydroélectriques. Les études qui ont été réalisées dans ce but concernent notamment La Papenoo, le plateau d'Hitiaa, les rivières Taraura, Tuauru, Papelha, Vairaharaha, Fautaua, etc...

Sur le plan méthodologique des règles pratiques ont été dégagées pour établir les bases hydrologiques nécessaires au dimensionnement des aménagements hydroélectriques, pour estimer l'intensité maximale d'averse à prendre en compte dans le calcul d'un ouvrage d'assainissement, pour évaluer des crues de projet dans les petits bassins versants d'altitude. Les résurgences du lac Vaihira, le remplissage du lac Vaiufaua ont été étudiées en vue de l'alimentation en eau de la côte ouest de Tahiti. A Moorea, une étude particulière d'évaluation des ressources en eau de surface utilisables pour les adductions d'eau de l'île a été réalisée pour le compte de la commune.

Aux îles Gambier, un inventaire des ressources en eau et de l'origine des eaux de consommation (citernes, ruisseaux, sources...) fut réalisé en 1966.

Aux îles Marquises, de récentes prospections ont été menées à Nuku Hiva en appui technique au programme commun de l'Institut Territorial de Recherche Médicale Louis Malardé et de l'ORSTOM sur l'éradication de "*Simulium buissoni*" (mono noir). Une bonne connaissance du régime hydrologique en période de basses eaux est un effet nécessaire à l'efficacité de la lutte contre cet insecte par épandage de larvicide au niveau des gîtes dans les cours d'eau.

## 5. CONCLUSIONS ET PROPOSITIONS

L'exemple de l'archipel des îles Marquises est révélateur du fait qu'il est indispensable d'étendre toujours plus les réseaux des stations hydrologiques et de les faire fonctionner aussi longtemps et de façon aussi continue que possible en dépit de toutes les difficultés.

### • Extension des réseaux de stations hydrologiques :

C'est le seul moyen (l'observation directe des phénomènes courants, rares et exceptionnels) de progresser dans la connaissance des régimes hydrologiques. En outre, subvenir aux besoins en eau de la société dans toute la diversité de ses activités, besoins qui évoluent toujours à la hausse, demande que des études hydrologiques soient faites, de plus en plus nombreuses et diversifiées.

Les études hydrologiques accompagnent naturellement le développement parce qu'elles apportent aux aménageurs l'information et les données qui leur sont indispensables. Il s'agit là d'ingénierie hydrologique. Ces mêmes travaux permettent de développer la collecte des données hydropluviométriques, leur transmission en temps réel et leur traitement sans délai par des logiciels informatiques appropriés pour améliorer la gestion des aménagements hydrauliques ou mettre en oeuvre des systèmes d'annonce de crues contribuant à la protection civile.

Cependant, ce sont les cyclones qui représentent dans toute cette région du monde, l'un des risques naturels majeurs, contre lesquels il convient de protéger de mieux en mieux les populations.

### • Protection contre les cyclones :

Phénomène météorologique majeur, les dépressions tropicales et les cyclones sont spécifiques des espaces océaniques intertropicaux, d'autant plus dévastateur qu'il s'est déplacé vers l'ouest des océans. La trajectoire erratique dans l'immensité de l'Océan de ces perturbations pourtant colossales fait que leur passage en un point donné, sur une île déterminée, est finalement accidentelle et assez rare pour que de très longues années d'observations en ce lieu soient nécessaires pour collecter la quantité d'informations indispensables à leur étude.

Si l'étude du phénomène météorologique lui-même, sa dynamique, les conditions de sa naissance, de sa croissance, de sa maturation, de sa trajectoire et de sa dissipation se fait à l'échelle de la planète, d'un bord à l'autre du Pacifique, si le suivi en temps réel de son déplacement, la prévision à court terme de sa trajectoire, et l'alerte donnée en conséquence aux populations exposées sont grandement facilitées par l'imagerie des satellites météorologiques. En revanche les effets locaux du passage de la perturbation doivent s'étudier à une échelle beaucoup plus grande, celle de l'archipel, de l'île, voire même du versant. Plus que les effets dus

à l'effondrement de la pression atmosphérique, les vents tourbillonnaires et la tempête que cela déchaîne, c'est l'extrême abondance des précipitations à quoi la recherche en hydrologie doit s'intéresser de très près.

En effet, dès l'arrivée du cyclone les pluies sont assez fortes pour que les sols, même les plus imperméables se saturent et n'offrent plus aucune résistance efficace au ruissellement des précipitations.

Sur des petits bassins versants de montagne, généralement en forte pente, les intensités de pluie en quelques minutes ou dizaines de minutes sont susceptibles de transformer des ruisseaux en torrents violents et dévastateurs. Les zones urbaines et les quartiers en cours d'urbanisation ne sont pas à l'abri de ces débordements imprévus, ni du ruissellement pluvial lui-même, qui transforme les rues en torrents. L'abondance des pluies en quelques dizaines d'heures qui gorgent d'eau les sols autant qu'ils en peuvent contenir, déclenche les manifestations d'instabilité des terrains, notamment en région d'exploitation minière, avec les risques qui s'ensuivent de glissement de terrain, de coulée de boue, de charriage dans les cours d'eau.

Les crues qui sont générées sur les bassins les plus grands ont des débits de pointe phénoménaux qui transitent à grande vitesse dans les lits majeurs qu'ils défoncent, dont ils modifient sur plusieurs mètres d'épaisseur la physionomie, voire le tracé. Le seul apport pluviométrique direct sur la superficie d'un vaste plan d'eau comme celui d'un lac réservoir provoque déjà, aux ouvrages de décharge, une crue importante sans aucun amortissement avant même que le ruissellement provenant du bassin versant à proprement parler ne vienne gonfler le volume de la retenue.

La spécificité des cyclones dans le sud-ouest Pacifique, le danger qu'ils représentent et les dégâts qu'ils provoquent, l'ampleur de leurs manifestations sans commune mesure avec ce que l'on peut ordinairement observer en raison de la relative rareté de leur passage en un lieu déterminé, et la difficulté enfin de collecter dans des conditions exceptionnelles la totalité de l'information nécessaire, font de ce phénomène météorologique un sujet d'étude de première grandeur pour la recherche hydrologique.