

ÉLECTRICITÉ de FRANCE



Service des Études d'Outre-Mer



MISSION : MADAGASCAR

MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE
du
BASSIN SUPÉRIEUR de L'IKOPA



Janvier 1950

ELECTRICITE DE FRANCE

Service des Etudes d'Outre-Mer

Mission : MADAGASCAR

MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE

du

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

-:-:-

Formé par la réunion de la Varahina-Nord et de la Varahina-Sud, l'Ikopa est un des principaux cours d'eau de Madagascar.

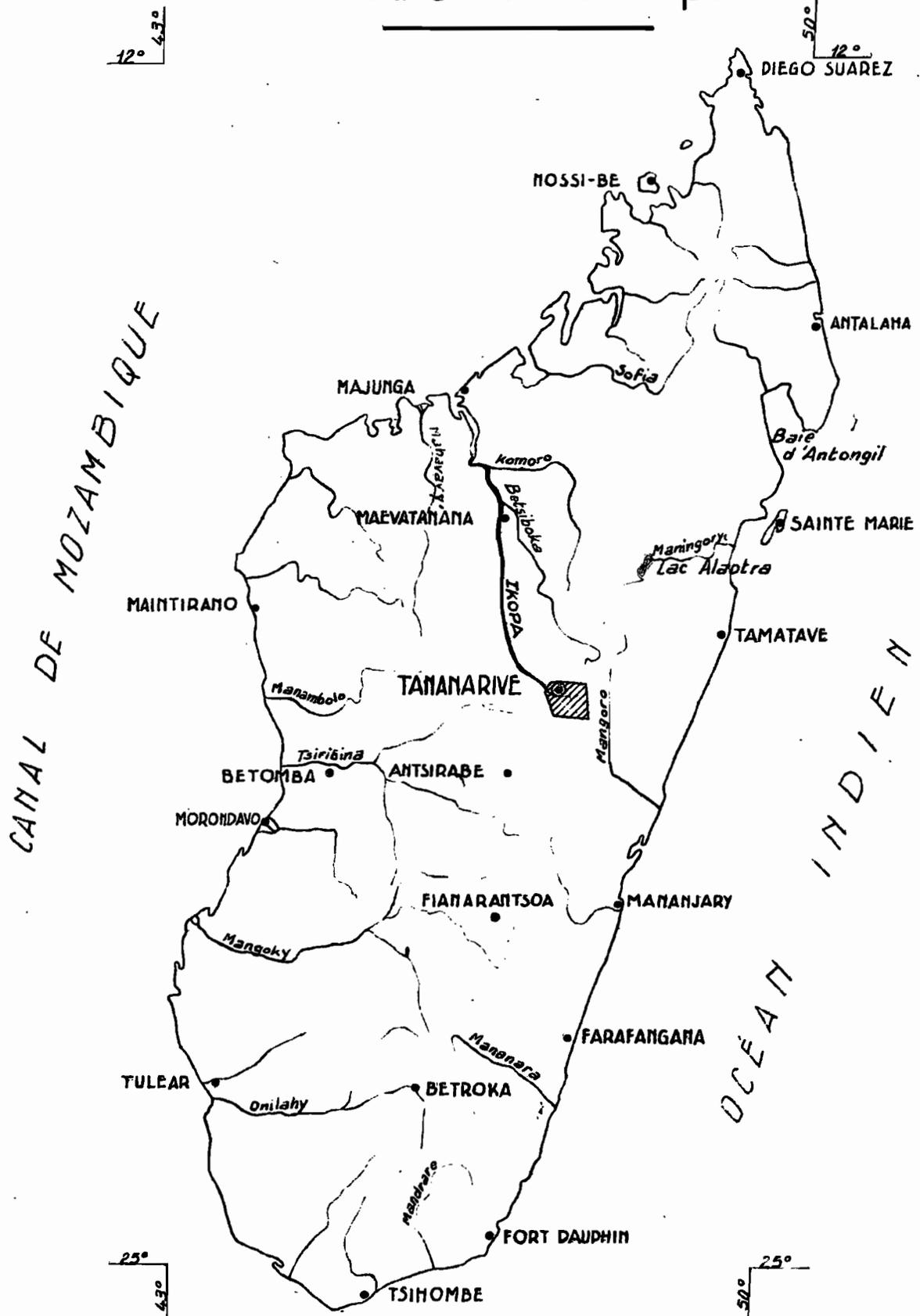
Sa longueur totale est de 465 km pour un bassin versant d'une superficie de 24.000 km² ; il se jette à quelques kilomètres en aval de Maevatanana, dans la Betsiboka, elle-même tributaire du Canal de Mozambique.

La présente note concerne seulement le bassin supérieur de l'Ikopa, limité à l'aval aux seuils de Farahantsana, c'est-à-dire à la sortie de la plaine de Tananarive dite plaine du Betsimitatatra.

Pl.I - Carte de Madagascar - cours de l'Ikopa.

ILE DE MADAGASCAR

Cours de l'Ikopa



Echelle 1/7.000.000

MAD 1298

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des par : Le Portois

Ver. par :

73

Date : le 26-1-50

SOMMAIRE

CHAPITRE I : ETUDE du BASSIN SUPERIEUR de l'IKOPA - =====

- A) : Etude Géographique - page 1
 - 1) Situation et Relief
 - 2) Réseau Hydrographique
 - 3) Sol
 - 4) Végétation

- B) : Etude Climatologique - page 11
 - 1) Année Hydrologique
 - 2) Equipement du Bassin au point de vue météorologique
 - 3) Vents
 - 4) Pluviométrie
 - 5) Températures
 - 6) Etat Hygrométrique - Evaporation
 - 7) Indice d'aridité

CHAPITRE II : DEBITS - page 29
=====

- 1) Equipement du bassin au point de vue hydrologique
- 2) Jaugeages
- 3) Régime moyen - Variations saisonnières
- 4) Etiages
- 5) Crues
- 6) Transports solides
- 7) Conclusion

CHAPITRE III : UTILISATIONS ACTUELLES DES EAUX - page 57
=====

- 1) Utilisations industrielles
- 2) Utilisations agricoles
- 3) Utilisations urbaines
- 4) Utilisation des eaux au point de vue des transports
- 5) Utilisation des eaux au point de vue du tourisme

CHAPITRE IV : MODIFICATIONS POSSIBLES AU REGIME ACTUEL DES
===== EAUX - page 64
=====

Projet de barrage-réservoir à Tsiacompaniry

CHAPITRE V : CONCLUSION - page 69
=====

ANNEXES
=====

CHAPITRE I
=====

ETUDE du BASSIN SUPERIEUR de l'IKOPA
=====

A) ETUDE GEOGRAPHIQUE

=====

1°) Situation et Relief -

=====

Le bassin supérieur de l'Ikopa est situé sur le bord oriental des "Hauts Plateaux", région de l'Imerina; sa limite Est est la ligne de partage des eaux entre les Hauts Plateaux et le versant de l'Ile dit "Côte Est".

Le bassin versant d'une superficie totale de 4.370 km² s'étend :

- d'une part entre les latitudes 18°41 et 19°31 S
- d'autre part entre les longitudes 47°16 et 47°57 E

Malgré la dénomination généralement admise de "Hauts Plateaux", la topographie du bassin est assez accidentée. Cette région a été, en effet, fortement plissée au cours de l'ère primaire, puis arasée en pénéplaine ; mais des mouvements plus récents combinés à une forte érosion ont donné naissance à un nouveau relief et à un réseau hydrographique assez complexe.

Les crêtes fermant le bassin atteignent en moyenne :
au Nord, 1.550 à 1.600 m
au Sud, 1.650 à 1.675 m

Pl.2 - Carte du bassin supérieur de l'Ikopa -

Carte du bassin supérieur de l'Ikopa

ÉCHELLE 1/500 000



MAD 1299

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des. par :

Ver. par :

73

Date : le 26-1-50

A l'Est, l'altitude de la falaise varie de 1.700 m au Sud à 1.385 m à la hauteur de Mantasoa, pour atteindre 1.600 m au Nord.

A l'Ouest, le bassin est bordé par l'extrémité du massif de l'Ankaratra qui s'abaisse, du Sud au Nord, de 2.638 m (point culminant du massif, un des points les plus élevés de l'Ile) jusqu'à la plaine de l'Ikopa.

Cette dernière, à une altitude de 1.250 m, s'étend au pied de Tananarive dont le Palais de la Reine est à la cote 1.433.

Le reste du bassin est à une altitude moyenne de 1.450 m environ.

2°) Réseau Hydrographique -
=====

L'Ikopa est formé par la réunion de la Varahina-Nord et de la Varahina-Sud.

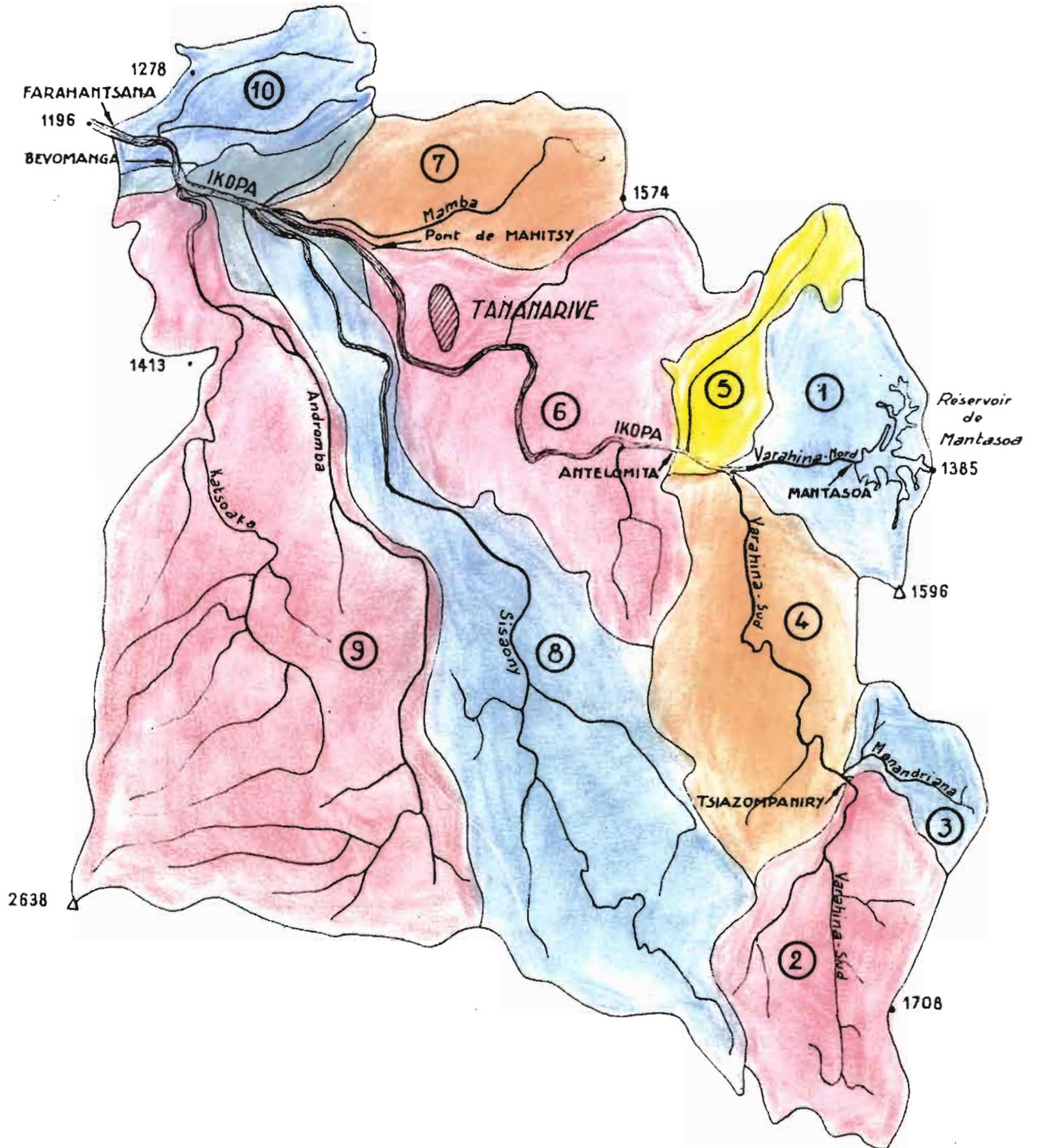
Ses principaux affluents sont :

- en rive droite : la Mamba
- en rive gauche : la Sisaony

l'Andromba grossie de la Katsoaka

Bassin supérieur de l'IKOPA

RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE



Échelle - 1/500.000

MAD 1300	Editions	E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER		
		Des par : Le Pontois	Ver. par : 73	Date : le 26-1-50

a) Varahina-Nord - Réservoir de Mantasoa -
=====

Formée par un certain nombre de petits cours d'eau dont les sources se situent vers la cote 1.400 en limite de la zone forestière de l' Est, la Varahina-Nord alimente le réservoir artificiel de Mantasoa dont la mise en eau remonte à 1938.

La création de ce réservoir a nécessité, outre la construction du barrage principal d'Andranobiby sur la Varahina-Nord, la fermeture de trois cols par des digues. L'une d'entre elles, dite d'Analavory, permet, en cas de crue, de faire déverser les eaux sur le versant Est de l'Ile, quand le niveau du lac dépasse la cote de retenue normale de 1.385 m (N.G.M.).

Du pied du barrage d'Andranobiby à son confluent avec la Varahina-Sud, la Varahina-Nord coule sur 14 km suivant l'orientation Est-Ouest avec une pente moyenne de 3,5 m/km.

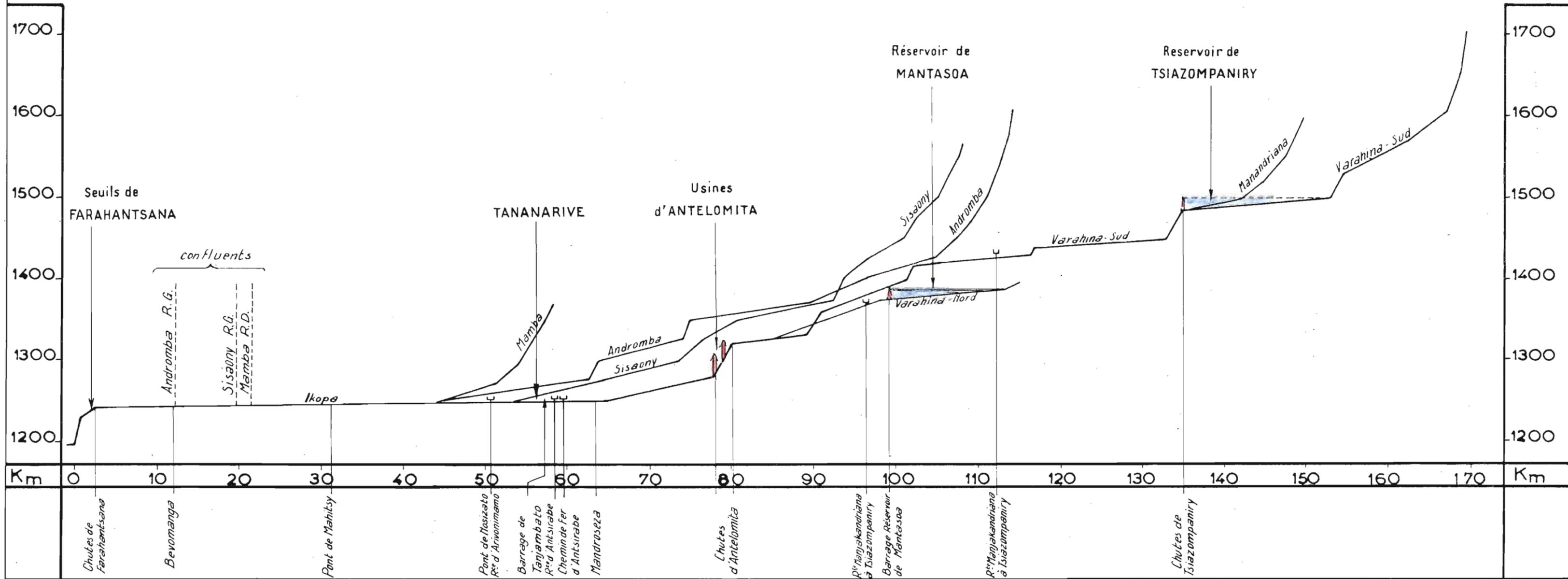
Le bassin versant total de la Varahina-Nord est de 259 km², dont 96 en amont de Mantasoa.

Pl.4 - Profils en long de l'Ikopa et de ses affluents
Annexe I - Tableau des bassins versants partiels.

Bassin supérieur de l'IKOPA

Profils en long de l'ikopa et de ses affluents

Echelle des Hauteurs 1/4.000
 Echelle des Longueurs 1/400.000
 Nivellement : NGM



b) Varahina-Sud

=====

La Varahina-Sud et ses affluents de la rive droite prennent naissance dans la zone forestière de l'Est, vers la cote 1.700. Son cours, dont l'orientation générale est Sud-Nord, se développe sur 90 km avec une pente moyenne de 4,35 m/km pour un bassin versant de 791 km². Il présente une succession de chutes plus ou moins éloignées les unes des autres pour confluer avec la Varahina-Nord vers l'altitude 1.325 m ; entre ces chutes, dont les principales ont été reportées sur le profil en long (Pl.4), la Varahina-Sud coule avec une faible pente dans des plaines fréquemment marécageuses formant cuvettes. L'une d'elles, située à 50 km à vol d'oiseau au Sud-Est de Tananarive, à proximité du village de Tsiacompaniry, offre de très belles possibilités pour la création d'un barrage-réservoir important.

Le bassin versant est, à cet endroit, de 283 km². Trois chutes, les plus importantes et présentant une dénivellation totale de 38 m, pourraient facilement être équipées au pied de ce réservoir.

c) Ikopa -

=====

Du confluent de la Varahina-Nord et de la Varahina-Sud à l'entrée de la plaine de Tananarive, l'Ikopa coule sur 20 km avec une pente moyenne de 3,75 m/km en franchissant les deux chutes d'Antelomita qui totalisent 36 m et dont l'aménagement a été réalisé en deux étapes : usine d'Antelomita I en 1909 et usine d'Antelomita II en 1928.

Dans la plaine de Tananarive, l'Ikopa, partiellement endigué, serpente sur une longueur développée de 60 km avec une pente très faible de l'ordre de 13 cm/km. Il y reçoit ses principaux affluents : la Mamba en rive droite, la Sisaony et l'Andromba en rive gauche.

En aval du confluent de l'Andromba, à Bevomanga, le bassin versant est de 4.190 km².

A partir de Bevomanga, l'Ikopa coule dans un lit rocheux ayant fait l'objet de travaux de déroctages dans le but de faciliter l'écoulement des crues qui inondaient très fréquemment les environs de Tananarive, au détriment des rizières et même des bas quartiers de la ville. Les seuils de Farahantsana, limite aval du bassin supérieur de l'Ikopa, constituent une dénivellation totale de 33 m dont l'aménagement a été étudié par la mission Electricité de France.

Le bassin versant total de l'Ikopa à Farahantsana est de 4.370 km².

d) Affluents principaux -
=====

Mamba :

La Mamba qui prend sa source au Nord-Est de Tananarive, vers 1.375 m d'altitude, pénètre assez rapidement dans la plaine où elle prend une pente analogue à celle de l'Ikopa.

Son bassin versant est de 282 km².

Sisaony :

La Sisaony, un des deux principaux affluents de l'Ikopa, prend sa source au Sud-Est du bassin à une altitude voisine de 1.570 m.

En amont de la plaine de Tananarive, son cours, assez comparable à celui de la Varahina-Sud, a une orientation Sud-Est, Nord-Ouest.

Pour une longueur développée dépassant 100 km, son bassin versant est de 827 km².

Andromba :

L'Andromba représente, avec 1.200 km², plus du quart du bassin versant de l'Ikopa supérieur. Sa source se situe à 1.600 m d'altitude environ et elle reçoit, en rive gauche, la Katsoaka et ses affluents qui prennent naissance sur le versant Est de l'Ankaratra dont le point culminant est à 2.638 m.

3°) Sol -
===

Le sol de Madagascar n'échappe pas à l'altération latéritique des pays tropicaux qui intéresse les 9/10 de la superficie, d'où son surnom "d'Ile Rouge".

Sur les plateaux, il s'agit de latérite pouvant contenir jusqu'à 50% d'hydrate d'alumine et 46% d'oxyde de fer et qui s'est surtout formée après disparition de la forêt primitive.

La porosité de la latérite varie en fonction inverse de l'intensité des précipitations. Des averses orageuses ruissellent dans une forte proportion alors que de fines pluies sont absorbées.

Le sous-sol du bassin supérieur de l'Ikopa est constitué en majeure partie par un socle gneissique ; on rencontre cependant deux autres formations géologiques :

- 1°) formations quaternaires, dans la plaine alluvionnaire de Tananarive
- 2°) formations volcaniques, dans le massif de l'Ankaratra.

4°) Végétation -
=====

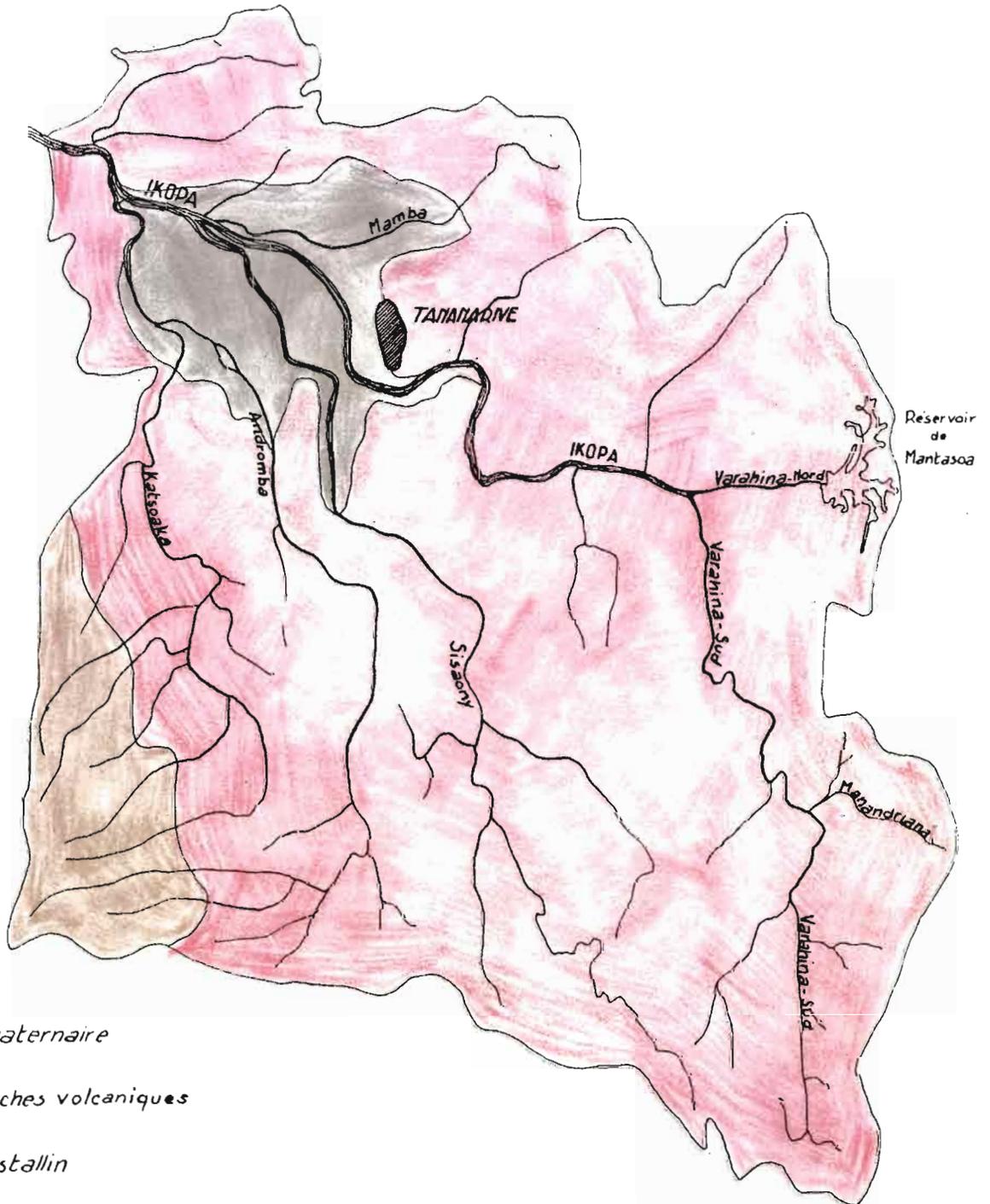
La forêt qui recouvrait toute l'Ile, et les plateaux en particulier, a disparu peu à peu, sauf sur la côte Est; elle continue d'ailleurs à souffrir d'incendies volontaires et de défrichements (Tavy), malgré les règlements en vigueur.

La végétation secondaire, qui s'est substituée à la forêt, est uniquement de l'herbe constituant de vastes mais maigres prairies.

Pl.5 - Croquis géologique du bassin.

Bassin supérieur de l'IKOPA

Croquis géologique



- Quaternaire
- Roches volcaniques
- Cristallin

Échelle : 1/500.000

MAD 1302

Editions

E.D.F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des par : Le Pontois

Ver. par :

73

Date : le 26-1-50

A la suite d'incendies allumés chaque année, en fin de saison sèche, par les autochtones pour renouveler l'herbe "feux de brousse", l'argile latéritique se durcit, et, si les graminées qui avaient fait suite à la forêt étaient tendres à l'origine, elles sont maintenant de plus en plus dures (Bozaka).

Dans la région étudiée, le facies végétal se réduit à :

a) La prairie -

La prairie recouvre en majeure partie le bassin supérieur de l'Ikopa ; elle est pauvre pour les raisons indiquées ci-dessus.

b) La zone forestière -

Grâce à un climat favorable et à un relief accidenté, la forêt primitive a pu résister à la destruction sur la côte Est ; elle déborde légèrement sur les plateaux : sources de la Varahina-Sud et de ses affluents de la rive droite.

On en rencontre également une zone de faible étendue sur le versant oriental du massif de l'Ankaratra, dans la région de Nanjakatempo.

Le Service des Eaux et Forêts procède à des campagnes de reboisement, dans la région de Carion en particulier ; l'essence généralement adoptée est l'eucalyptus.

c) Les rizières et les Marais -

La plaine alluvionnaire de Tananarive, grâce à un réseau de canaux d'irrigation et de drainage, est recouverte en grande partie de rizières.

Les zones non encore assainies sont à l'état de marais dans lesquels poussent principalement des "zozoros" : région des confluent de l'Ikopa avec ses principaux affluents.

Ces zones marécageuses, malgré l'altitude de la plaine de Tananarive, sont malsaines : les eaux stagnantes favorisent en effet l'éclosion des "anophèles", moustiques transmetteurs du paludisme.

Les parties à faible pente des vallées des affluents de l'Ikopa sont également, soit cultivées en rizières, soit à l'état de marais.

B) ETUDE CLIMATOLOGIQUE

=====

1°) Année Hydrologique -

=====

A Madagascar, la saison des pluies s'étend en général de Novembre à Mars ; dans ces conditions, il a paru indispensable de comprendre dans une même année hydrologique toute la saison des pluies, aussi la période allant du 1er Septembre au 31 Août a-t-elle été adoptée. De ce fait, le chevauchement d'une année sur l'autre résultant du décalage entre pluies et débits ne peut jouer que sur une faible période de saison sèche (de l'ordre de 1 à 2% du total annuel des pluies).

Pour les facteurs climatologiques, dont les variations sont étudiées suivant la même période de référence (Septembre à Août), quelques valeurs remarquables observées dans d'autres régions de l'Ile seront également indiquées à titre de comparaison.

2°) Equipement du bassin au point de vue météorologique -

=====

Le Service Météorologique de Madagascar a équipé de nombreuses stations dans le bassin supérieur de l'Ikopa, parmi lesquelles ont été prises en considération :

Mantasoà

Soamanjaka

Ambatolaona

Ambohidratrimo

Ambondrona	Mahitsy
Ambohimiadana	Ambohidrabiby
Antelomita	Andramasina
Carion	Behenjy
Tananarive-Palais	Miantsoarivo

La station d'Ambatolaona a été retenue, quoique sur la ligne de partage des eaux, versant Est, pour caractériser la pluviosité des régions supérieures des bassins de la Varahina-Nord et de la Varahina-Sud.

La station de Tananarive-Palais est installée dans les locaux de la Direction du Service Météorologique ; elle comporte donc un équipement complet.

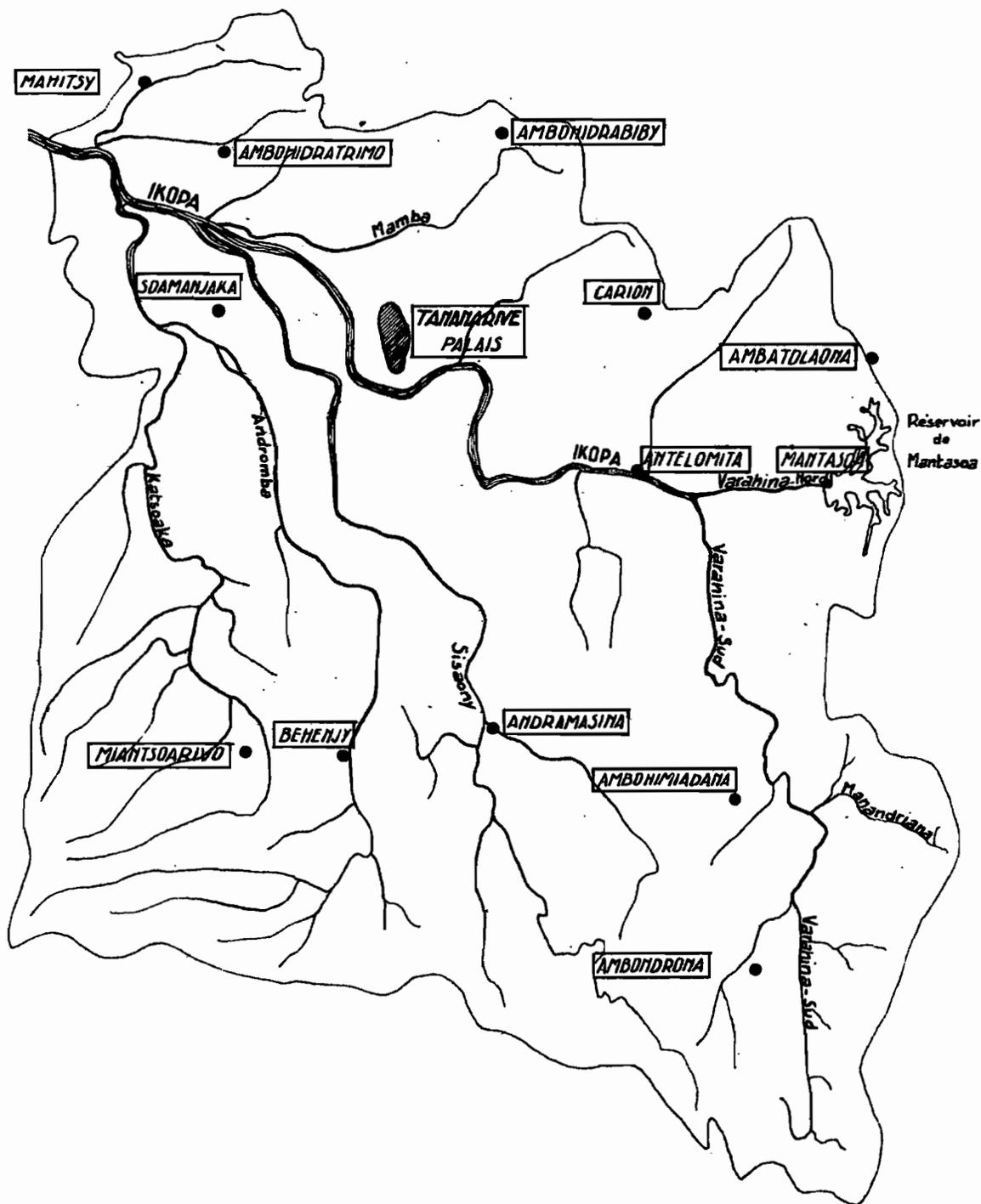
Les autres postes indiqués ci-dessus se réduisent à un pluviomètre type "Association" avec, en plus, pour la station de Mantasoa, un psychromètre et un thermographe.

Ces stations sont exploitées par le Service Météorologique de Madagascar, à l'exception d'Antelomita pour laquelle la Société Electricité et Eaux de Madagascar assure les observations.

Pl.6 - Carte de situation des stations météorologiques
Annexe II - Tableau de renseignements sur les stations
météorologiques.

Bassin supérieur de l'IKOPA

Situation des stations météorologiques



Échelle : 1/500.000

MAD1303

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des par : Le Pontois

Ver. par :

73

Date : le 26-1-50

Tous les renseignements concernant la climatologie de l'Ile ont été très obligeamment mis à la disposition de la Mission par le Service Météorologique. Les relevés mensuels de Septembre 1938 à Août 1948 ont été retenus pour la pluviométrie, outre la période 1948-49 correspondant au séjour de la Mission à Madagascar.

Les séries sont malheureusement incomplètes pour certaines stations, du fait des événements de 1947-48 en particulier.

3°) Vents -
=====

Les deux saisons assez caractérisées que l'on rencontre sur les plateaux :

- saison sèche : Avril à Octobre
- saison des pluies : Novembre à Mars

résultent du régime des vents.

Le vent dominant à Madagascar est l' "Alizé" issu de l'Océan Indien. Ce vent venant de l'Est, Sud-Est, se heurte à la longue chaîne qui s'étend de Fort-Dauphin à Diégo-Suarez, déterminant ainsi, sur la côte Est, d'importantes chutes de pluies, pratiquement en toutes saisons. L'Alizé franchit cependant cette chaîne et c'est ainsi que dans une zone de 50 à 100 km, zone comprenant Tananarive, on peut compter 40 à 50 journées de crachin au cours de la saison sèche.

Pendant l'été austral (Novembre à Mars), la présence d'une dépression sur les eaux chaudes du Canal de Mozambique et l'apparition de la Mousson équatoriale venant du Nord-Ouest favorisent l'arrivée sur Madagascar de masses d'air que l'on nomme assez improprement "Mousson".

Cette Mousson locale provoque des pluies abondantes sur le versant occidental de l'Ile étendant également son influence sur les plateaux.

Pour la région de Tananarive, la fréquence des vents au sol se répartit comme il suit :

- saison sèche : Alizé 83% Mousson 9%
- Saison des pluies : Alizé 65% Mousson 21%.

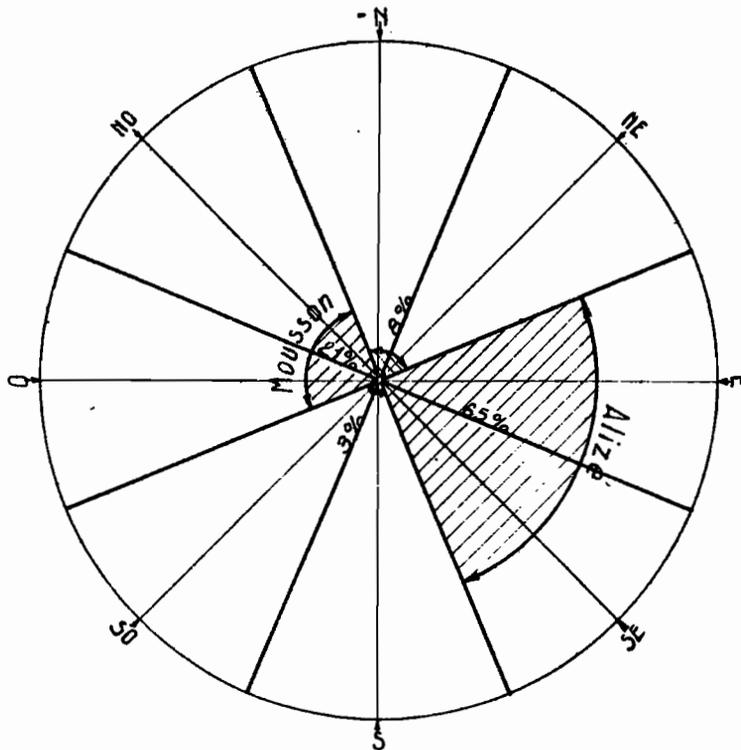
Le vent au sol est sujet à des variations tant dans la journée que dans l'année :

- dans la journée, la vitesse du vent va en croissant du matin jusqu'au milieu de l'après-midi pour être minimale pendant la nuit, suivant en cela la courbe des températures avec, cependant, un certain retard pour l'heure du maximum.
- dans l'année, la vitesse moyenne passe par un maximum en Août avec 23 km/h et par un minimum en Décembre avec 17 km/h.

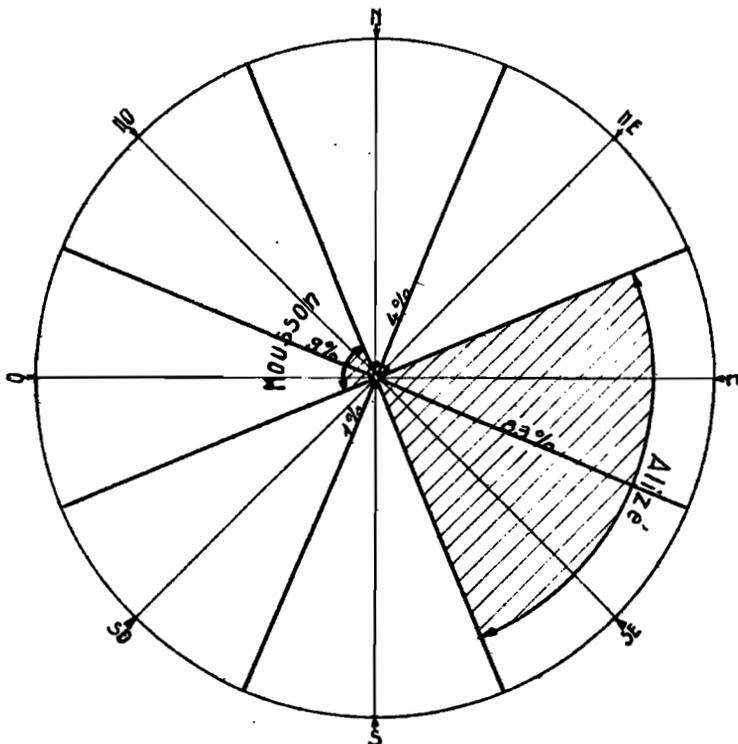
Pl.7 - Représentation schématique de la fréquence des vents au sol à Tananarive.

Bassin supérieur de l'IKOPA

Représentation schématique de la fréquence
des vents au sol à Tananarive (%)



SAISON DES PLUIES



SAISON SÈCHE

La fréquence en % est proportionnelle au rayon des secteurs hachurés

Outre ces vents, dont la périodicité est assez bien établie dans le temps, des cyclones atteignent fréquemment Madagascar, surtout la côte orientale, et pendant les mois de Janvier - Février ou Mars.

Dans une "Notice Climatologique Succincte de Madagascar" M. RAVET, Directeur du Service Météorologique, indique que de 1888 à 1946 on compte 124 cyclones pendant lesquels la pression est descendue au dessous de 1.000 mb avec un vent supérieur à 60 km/h ; 97 de ces perturbations ont eu lieu pendant les trois mois précités.

4°) Pluviométrie -
=====

La genèse des pluies à Madagascar découle du régime des vents :

- la côte Est, soumise en permanence à l'Alizé, reçoit en moyenne annuellement, en sa partie centrale, 2.500 à 3.500 mm de pluie, avec un maximum de 3.755 mm à l'Ile Ste-Marie ; cette valeur moyenne atteint cependant 888 mm à Diégo-Suarez et 1.547 mm à Fort-Dauphin.

- La côte Nord-Ouest, sous l'influence de la Mousson, reçoit à Nossi-Bé 2.257 mm et à Majunga 1.659 mm.

- la côte Sud-Ouest et le Sud, non soumis directement aux vents précités, ne sont que peu arrosés :

Tulear 349 mm Tsihombe 489 mm.

Pl.8 - Variations annuelles de la vitesse moyenne des vents au sol à Tananarive

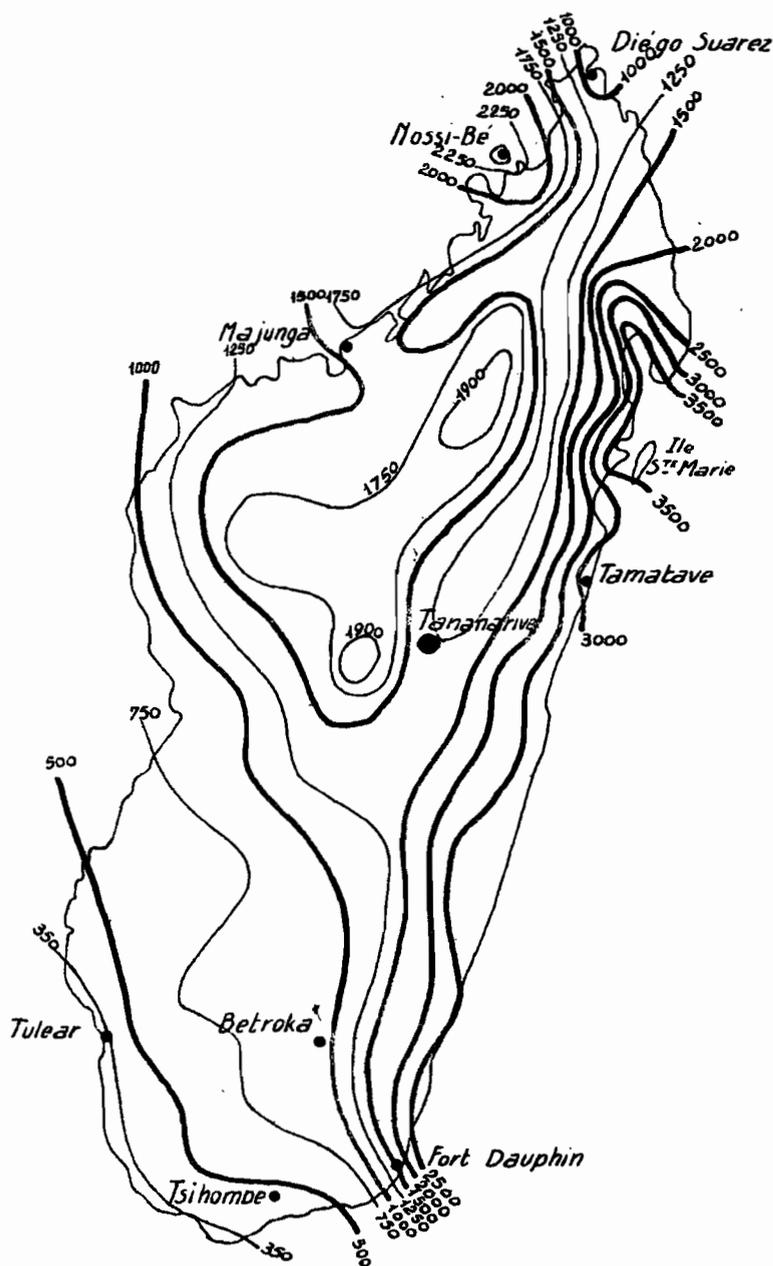
Annexe III - Tableau de la fréquence des vents au sol à Tananarive

Pl.9 - Isohyètes annuelles intéressant l'ensemble de Madagascar.

ILE DE MADAGASCAR

Courbes isohyètes annuelles

(Hauteurs des pluies en mm)

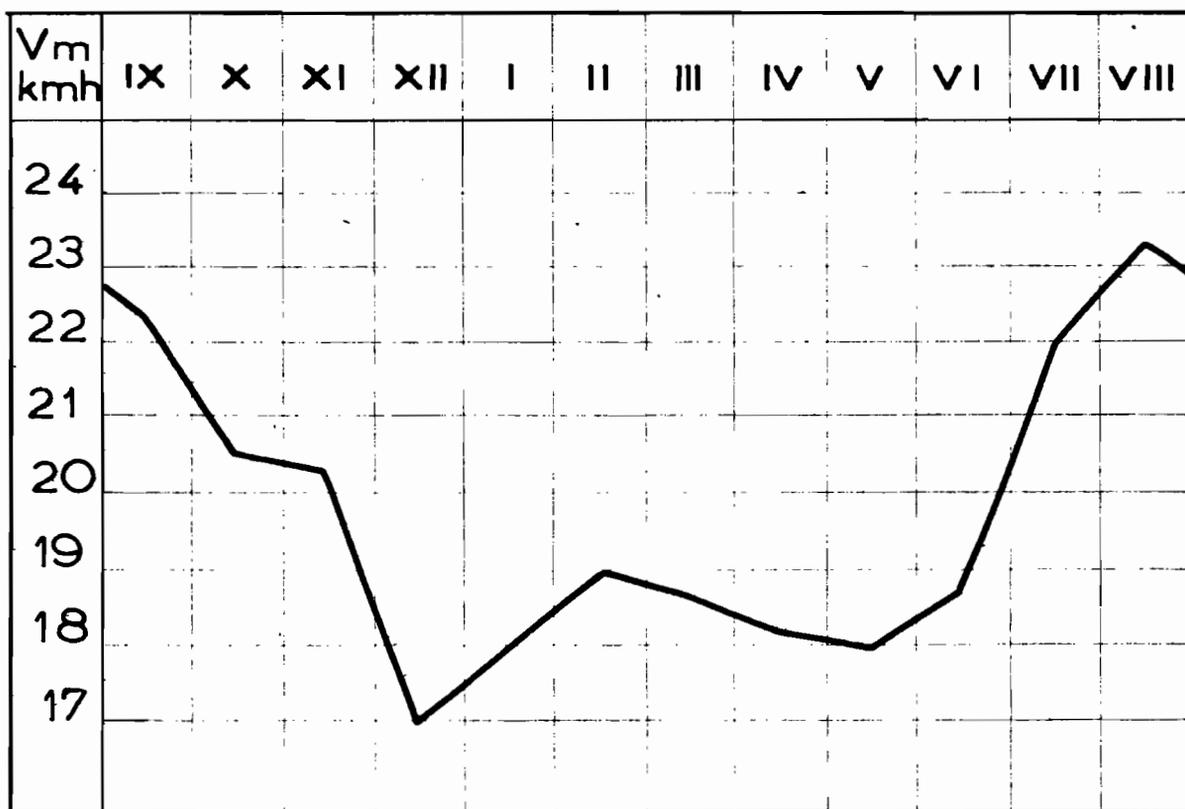


Extrait de "Atlas climatologique" J. Ravet

MAD1306	Editions	E.D.F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER	
	Des. par : <i>Le Portois</i>	Ver. par :	73 Date : <i>le 26-1-50</i>

Bassin supérieur de l'IKOPA

Variations annuelles de la vitesse moyenne des vents au sol à Tananarive



- les plateaux atteints par les deux vents principaux reçoivent, du Nord au Sud : 1.293 mm à Tananarive-Palais et 891 mm à Betroka.

a) Observations aux stations intéressant le bassin de l'Ikopa -

La pluviosité varie sensiblement entre les différentes stations retenues pour cette étude.

Pour la période considérée (Septembre 1938 - Août 1948), on note, entre autres, les moyennes annuelles suivantes, ainsi que le nombre moyen de jours pluvieux (jours où les précipitations sont égales ou supérieures à 0,1 mm) :

Mantaso	: 1.520 mm	203 j
Ambatolaona	: 1.819 mm	173 j
Ambondrona	: 1.492 mm	176 j
Tananarive-Palais	: 1.293 mm	173 j
Ambohidratrimo	: 1.287 mm	
Mahitsy	: 1.414 mm	

Les précipitations pour l'année 1948-49, les moyennes annuelles 1938-48 et les rapports des années maximales et minimales à ces moyennes figurent en annexe.

Pour chaque station, il est également donné en annexe les totaux mensuels connus depuis 1938 et pour la période 1948-49 ; pour cette dernière année, il a été indiqué également, pour certaines stations, le nombre de jours de pluie.

A l'examen de ces résultats on retrouve nettement les deux alimentations du bassin, conséquence du régime des vents :

- décroissance de l'Est au Centre avec recrudescence vers l'Ouest en saison des pluies (Alizé + Mousson)
- décroissance de l'Est vers l'Ouest en saison sèche (Alizé seul).

Cette répartition apparaît beaucoup plus clairement en considérant les courbes isohyètes mensuelles (en annexe), extraites de l' "Atlas Climatologique" de M. RAVET :

- saison des pluies (Janvier)

Est : 325 mm

Centre : 200 mm

Ouest : 350 mm

- saison sèche (Août)

Est : 50 mm

{ Centre :
Ouest : moins de 5 mm

La répartition des pluies dans la journée, pendant les mois de Novembre à Mars, est assez régulière : à Tananarive, on note un maximum de totaux mensuels horaires vers 19 h (heure locale) pour une pluviosité s'étendant pratiquement de 15 h à 22 h.

Annexe IV - Pluviosité annuelle pour 14 stations du bassin supérieur de l'Ikopa

Annexe V - (1 à 14) Relevés pluviométriques pour chaque station.

Trois remarques sont également intéressantes :

- il apparaît nettement une recrudescence des pluies en Juillet, pour les stations "Est" du bassin
- le mois de Novembre 1943 (de la saison 1934-44), a été dans tout le bassin, d'une sécheresse extraordinaire ; le bulletin de l'Observatoire de Tananarive mentionne pour ce mois un total des pluies égal à 1% de la normale, avec 1,5 mm, alors que de 1881 à 1943, le minimum enregistré avait été, en Novembre 1912, de 9,4 mm
- la pluviosité de la période 1948-49 a été déficitaire par rapport aux valeurs moyennes, mais de plus, et ceci est important pour l'étude d'aménagements hydro-électriques, plus de la moitié des précipitations totales est tombée au cours des mois de février et mars.

On peut en effet noter à Tananarive :

février - mars 1949 : 514 mm soit 58% du total annuel
février - mars moyen : 451 mm soit 35% du total annuel moyen.

b) Pluies exceptionnelles -

L'intensité des pluies peut provoquer, dans certains cas, orages ou cyclones, de fortes crues de l'Ikopa.

Annexes VI - (1 à 12) Courbes isohyètes mensuelles du bassin supérieur de l'Ikopa.

Pluies d'orage -

Les orages, qui font environ 60 victimes par an, sont particulièrement fréquents à Tananarive où l'on compte annuellement, en moyenne, 76 jours orageux dont 53 pendant les mois de Novembre à Février.

Leur durée oscille entre 20 minutes et 1 h 15, mais ils sont assez localisés.

Le R.P. POISSON, Directeur de l'Observatoire de Tananarive, note, dans un Compte rendu à l'Académie des Sciences Coloniales, les intensités maximales suivantes :

- 14 Février 1891 26 mm en 15 minutes soit 1,9 mm/minute
- 29 Novembre 1915 60 mm en 60 " " 1 "
- 1 Décembre 1929 40 mm en 18 " " 2,2 "
- 4 Février 1931 10 mm en 8 " " 1,2 "

Les fortes crues enregistrées sur l'Ikopa l'ont été à la suite de précipitations orageuses successives, étalées sur une période relativement courte. On a noté, à l'Observatoire de Tananarive, les précipitations suivantes :

- nuit du 14 au 15 Février 1908 136 mm
- 31 Décembre 1928 et 1er Janvier 1929 226 mm
- du 28 Février au 5 Mars 1941 366 mm

Comme on le verra plus loin au chapitre "Débits", et bien que ce chiffre ne constitue pas un maximum, on a enregistré le 7 Mars 1941 une crue de 205 m³/s au Pont de Mahitsy, à l'aval de Tananarive (cote à l'échelle : 3,97 m), et ceci malgré un écrêtement d'environ 35 m³/s par le barrage réservoir de Mantasoa.

Pluies cycloniques -

La trajectoire des cyclones abordant, dans la presque totalité des cas, la côte Est de Madagascar, leurs effets se trouvent considérablement amortis sur les Hauts Plateaux par la falaise montagneuse. Il n'en résulte pas moins des perturbations assez importantes sur ces derniers, où l'on constate des précipitations nettement supérieures à la normale.

Les totaux mensuels suivants ont ainsi pu être enregistrés à la suite de cyclones :

- Mars 1949 (cyclone des 7 et 8 Mars sur Tamatave) :

Mantasoa	: 391 mm	contre une moyenne de 207 mm
Ambatolaona	: 593 mm	" " de 239 mm
Ambondrona	: 355 mm	" " de 167 mm

Il faut toutefois noter que Tananarive et les stations "Ouest" du bassin n'ont pas été influencées par ce cyclone :

Tananarive	: 187 mm	contre une moyenne de 193 mm
Mahitsy	: 203 mm	" " de 218 mm

- Janvier 1948 (à la suite du violent cyclone qui affecta l'Ile de la Réunion les 26 et 27).

Ambatolaona	:	768 mm	contre une moyenne de	338 mm
Ambondrona	:	406 mm	" "	de 250 mm
Ambohimiadana	:	747 mm	" "	de 290 mm
Tananarive- Palais	:	554 mm	" "	de 294 mm
Mahitsy	:	429 mm	" "	de 372 mm

Les cyclones abordant Madagascar par la côte Ouest sont moins violents. Ils n'en provoquent pas moins, eux aussi, des perturbations ; on a ainsi pu noter :

- Décembre 1939 :

Mantasoa	:	739 mm	contre une moyenne de	352 mm
Ambatolaona	:	526 mm	" "	de 322 mm
Ambondrona	:	629 mm	" "	de 327 mm
Mahitsy	:	567 mm	" "	de 295 mm

Ce cyclone venant de l'Ouest, la station d'Ambatolaona (origine du versant Est de l'Ile) a accusé un ~~excédent~~ relativement moindre.

- Janvier 1945 (cyclone du 17 dont la trajectoire est passée sur Tananarive) :

le 17	25 mm
le 18	91 mm
le 19	60 mm

le total des précipitations de ce mois ayant été cependant inférieur à la moyenne.

.../...

5°) Températures -

Les saisons à Madagascar sont mieux caractérisées par les pluies que par les températures.

Les écarts de températures sont cependant assez forts, et, sur les plateaux, du fait de l'altitude, les températures minimales assez basses ; on note à l'Observatoire de Tananarive :

moyenne des maximums	:	25°
moyenne des minimums	:	12°5
maximum absolu (Octobre)	:	34°8
minimum absolu (Juin)	:	1°2

A titre de comparaison, ces valeurs sont pour la côte Est, le versant Ouest et le Sud de l'Ile :

	<u>Moyennes</u>		<u>Valeurs absolues</u>	
	<u>Max.</u>	<u>Min.</u>	<u>Max.</u>	<u>Min.</u>
- Tamatave	27°5	20°9	35°4	13°5
- Maevatanana	33°5	21°4	39°9	12°7
- Tsihombe	30°4	17°6	42°3	4°4

et les valeurs moyennes extrêmes dans l'Ile :

- 37°9 à Betomba (Côte Ouest) en Novembre (Alt. 100)
- 3°3 à Antsirabe (Hauts Plateaux) en Juil. (Alt. 1.500).

Les valeurs moyennes des maximums et minimums enregistrés à Tananarive-Observatoire (Alt. 1.381) ont été

MAD 1307

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des. par : Le Pontois

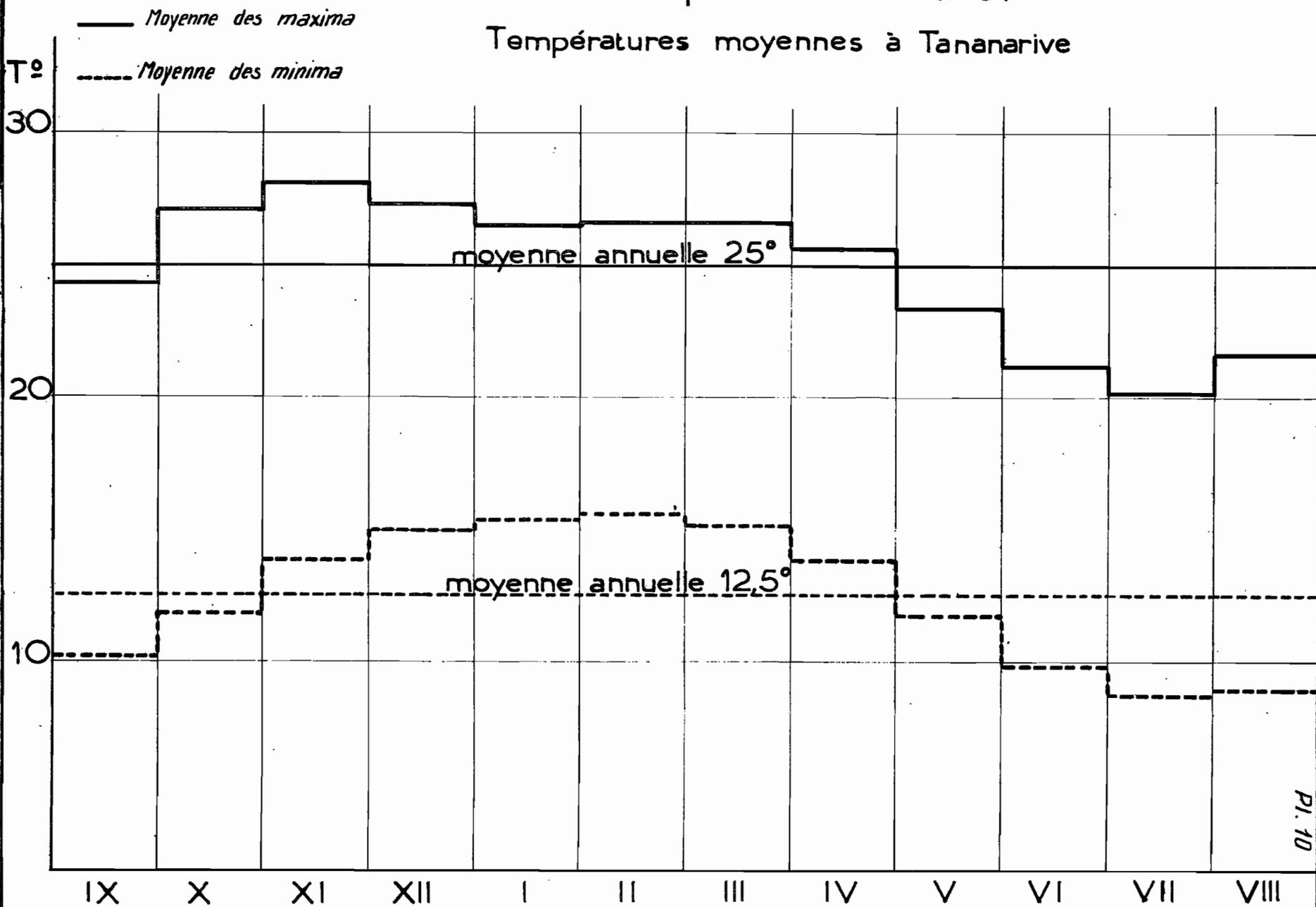
Ver. par :

73

Date : le 26-1-50

Bassin supérieur de l'IKOPA

Températures moyennes à Tananarive



représentées graphiquement. Ces valeurs peuvent être admises pour l'ensemble du bassin, le gradient thermométrique étant seulement de l'ordre de 1° pour 250 m de différence d'altitude.

6°) Etat hygrométrique - Evaporation -
=====

Des mesures effectuées au cours de la journée (6 h 30, 13 h 30 et 16 h 30 - heure locale), la valeur de l'humidité relative à 13 h 30 est la plus significative ; elle est naturellement maximale en saison des pluies et minimale en saison sèche. Les moyennes pour Tananarive sont :

Maximum	Février	:	70%
Minimum	Octobre	:	48%
Moyenne annuelle		:	61%

Les valeurs extrêmes de l'Ile sont, en moyennes annuelles, toujours à 13 h 30 :

- Ile Ste-Marie 76% (78% en Mars - 72% en Octobre)
- Maevatanana 41% (59% en Janvier - 29% en Juin)

Il faut cependant noter la publication de M. EMON, Ingénieur du Service Météorologique, sur les "Remarquables anomalies d'humidité et de température sur la région centrale de Madagascar les 6 et 7 Août 1944" : les valeurs suivantes ont été observées à Tananarive :

le 6 Août à 13 h 30

Humidité relative = 10% contre 58% de moyenne en Août

Température = 23°5

la hauteur d'eau évaporée mesurée à l'évaporomètre a été de 9,3 mm en 24 heures (double de la normale) dont 1,2 mm/h entre 13 h 30 et 16 h 30.

La connaissance du volume d'eau évaporée sur la surface d'un lac est importante dans le cas d'un aménagement hydro-électrique comportant un réservoir. En supposant un vent constant, l'évaporation varie linéairement en fonction de la température et en fonction inverse de l'humidité relative.

Les observations effectuées à la Station Agricole du Lac Alaotra ont permis d'établir une relation approchée entre l'évaporation réelle, peu connue jusqu'à présent dans l'Ile, et les facteurs température et humidité.

A cette station les mesures d'évaporation sont faites sur deux cuves enterrées, de 1,80 m² de surface, l'une étant exposée au vent et au soleil, l'autre étant au contraire abritée.

Or, on peut admettre, d'après des expériences faites aux Etats-Unis, en Egypte et en France, que la vitesse d'évaporation sur une cuve enterrée de 2 m² de surface (de 1 m de profondeur minimum) correspond sensiblement à la vitesse d'évaporation réelle sur une surface de grandes dimensions.

La comparaison de la moyenne des mesures faites sur les deux cuves aux valeurs de la température moyenne et de l'humidité relative en ce même endroit a permis d'établir la relation :

$$e = f \left(\frac{T_m}{U} \right)$$

e représentant l'évaporation, t_m la température moyenne et U l'humidité relative.

En appliquant cette relation aux valeurs précitées pour Tananarive, on obtient :

e moyenne annuelle	:	2,1 mm/jour	soit	770 mm/an
e maximale (Octobre)	:	3,2	"	
e minimale (Juillet)	:	1,3	"	

il est à remarquer la prédominance du facteur humidité relative quant au maximum et du facteur température moyenne quant au minimum.

Pour la région de Mantasoa, où l'on connaît la température moyenne et l'humidité relative, l'évaporation

Pl.11 - Moyennes mensuelles de l'humidité relative à Tananarive

Valeurs moyennes de l'évaporation journalière à Tananarive

Annexe VII - Abaque donnant l'évaporation en fonction de la température moyenne et de l'humidité relative.

MAD 1308

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des. par: Le Pontois

Ver. par:

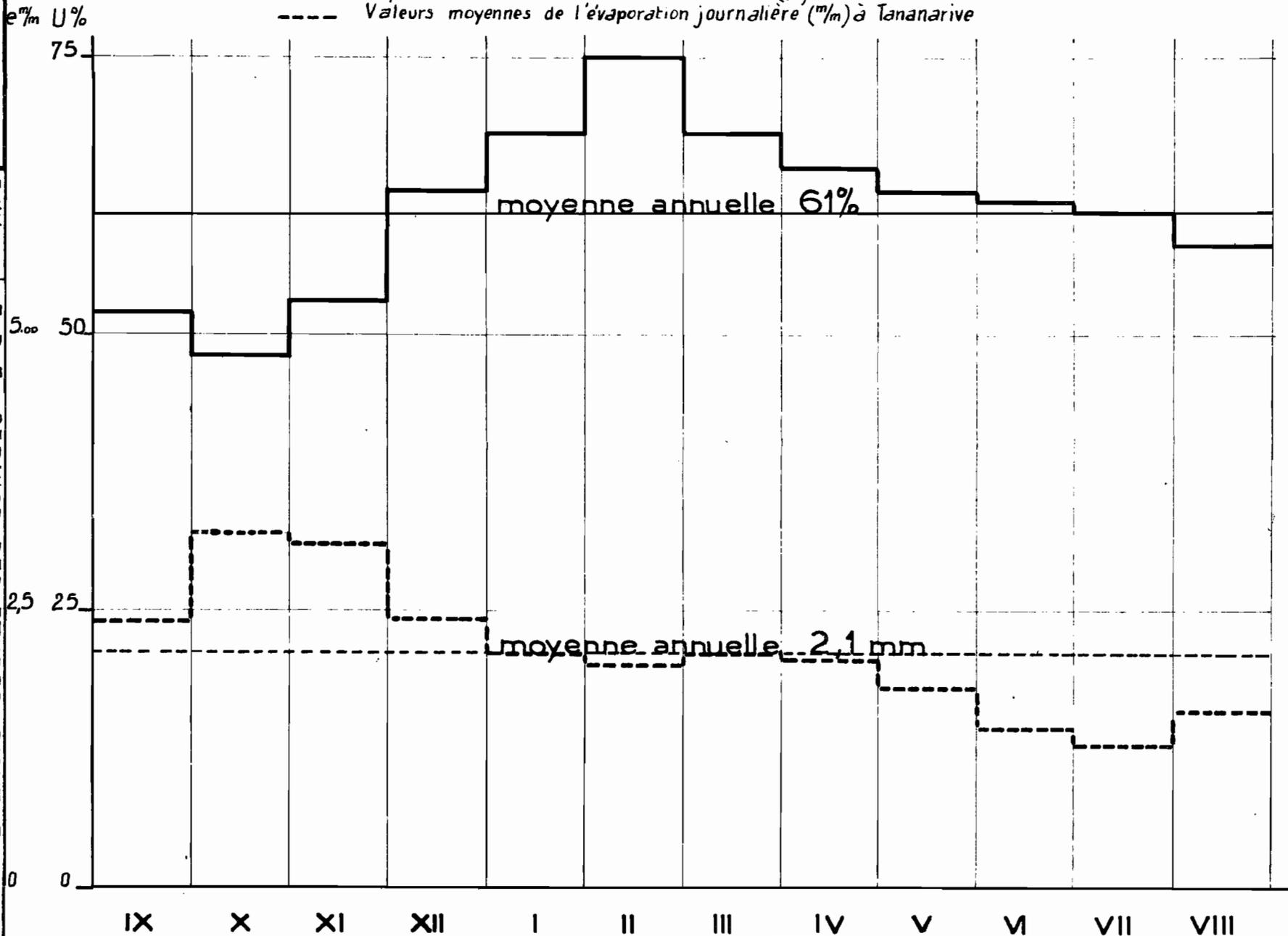
73

Date: /e 26/-50

Bassin supérieur de l'IKOPA

Moyennes mensuelles de l'Humidité relative (%) à Tananarive

----- Valeurs moyennes de l'évaporation journalière (mm) à Tananarive



serait de :

e moyenne annuelle = 1,6 mm/j soit environ 600 mm/an
ce qui représente comme volume annuel évaporé :

$$0,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an pour 100 ha.}$$

Nota - Il ne s'agit là, bien entendu, que d'ordres de grandeur.

Les valeurs obtenues sont différentes de celles que l'on aurait pu déduire des indications des évaporomètres existants, affectées du coefficient 0,5 généralement adopté. Mais l'installation de ces appareils dans des abris du type "Simplifié", à simple persiennage, donne une influence trop prépondérante à l'exposition ; on note en effet pour les deux stations "Tananarive-Observatoire" et "Tananarive-Palais" distantes de 3 km et approximativement à la même altitude, des totaux annuels de 858 mm pour l'une et 1.381 mm pour l'autre.

La relation déduite des observations faites au Lac Alaotra se trouve d'ailleurs sensiblement vérifiée par des mesures effectuées par la Mission sur la Betsiboka à proximité de Maevatanana : l'évaporation moyenne mesurée en Mai sur un bac flottant a été de 5 mm par jour pour une température moyenne de 28°5 et une humidité relative de 45% ; l'abaque aurait donné dans ces conditions 5,8 mm.

.../...

Il est peut-être osé d'appliquer cette même relation sous d'autres latitudes, mais l'on cite dans le bassin du Niger, des évaporations journalières pouvant atteindre 20 mm. Les conditions les plus favorables à l'évaporation se situeraient dans cette région en Février-Mars avec 30° de température moyenne et 20% d'humidité relative ; d'après la relation adoptée, l'évaporation serait de 16 mm/jour correspondant sensiblement au chiffre indiqué.

7°) Indice d'aridité -
=====

L'indice d'aridité, basé sur la pluviosité et la température, tel que l'a défini M. E. de Martonne, a été calculé pour les différentes régions de Madagascar par M. Duverge, Ingénieur au Service Météorologique.

De l'examen des courbes d'équiaridité il ressort :

- que le bassin supérieur de l'Ikopa se situe dans la zone d'aridité 25 (30 en bordure de la forêt de l'Est), indice d'une région à caractère tropical tempéré par l'altitude.
- alors que sur la côte Est, de Tamatave à la Baie d'Antongil, on relève l'indice 50 caractéristique des régions "au vent" et sur la côte Sud-Ouest, l'indice 5 caractéristique des régions subdésertiques.

.../...

CHAPITRE II

=====

DEBITS

Les points qui **ont** plus particulièrement retenu l'attention de la Mission Electricité de France pour des aménagements hydro-électriques possibles ont été signalés dans le chapitre "Réseau Hydrographique" :

La Varahina-Sud à Tsiacompaniry

L'Ikopa à Farahantsana

Les études sur l'ensemble du bassin ont donc eu pour but principal de définir les régimes de la Varahina-Sud et de l'Ikopa en ces deux points.

1°) Equipement du bassin au point de vue hydrologique -
=====

Les échelles limnimétriques existantes dans le bassin de l'Ikopa ne sont nombreuses que dans la plaine du Betsimitatatra. Elles ont été installées par le Service Provincial des Travaux Publics en vue de prendre des mesures de sécurité à partir de cotes d'alerte ; elles ne sont donc observées que pendant les mois de Novembre à Mars, à l'exception toutefois de l'échelle du Pont de Mahitsy observée régulièrement de 1939 à 1941.

A la demande de la Mission, les échelles du Pont de Mahitsy et de Bevomanga sur l'Ikopa sont désormais relevées quotidiennement.

Elles ont été étalonnées par la Mission qui a, de plus, procédé à l'installation d'une échelle sur la

Varahina-Sud ; on dispose donc d'amont en aval des 3 stations de jaugeage suivantes :

- Tsiazompaniry sur la Varahina-Sud, dont la cote du zéro de l'échelle installée le 27 août 1948 est rattachée aux levés topographiques "E.D.F."
- Pont de Mahitsy sur l'Ikopa dont l'échelle, installée antérieurement à la mise en eau du barrage de Mantasoa, est rattachée au nivellement général de Madagascar "N.G.M."
- Bevomanga sur l'Ikopa installée le 20 Juin 1948, située en aval du confluent de l'Andromba, qui permet de déterminer les débits de l'Ikopa à Farahantsana ; l'échelle est rattachée au N.G.M.

Ces stations sont reportées sur la planche 12 ainsi que l'emplacement des échelles limnimétriques de la plaine du Betsimitatatra. Les renseignements complémentaires suivants figurent en annexe :

coordonnées géographiques

accès

nature du lit

altitude du zéro de l'échelle

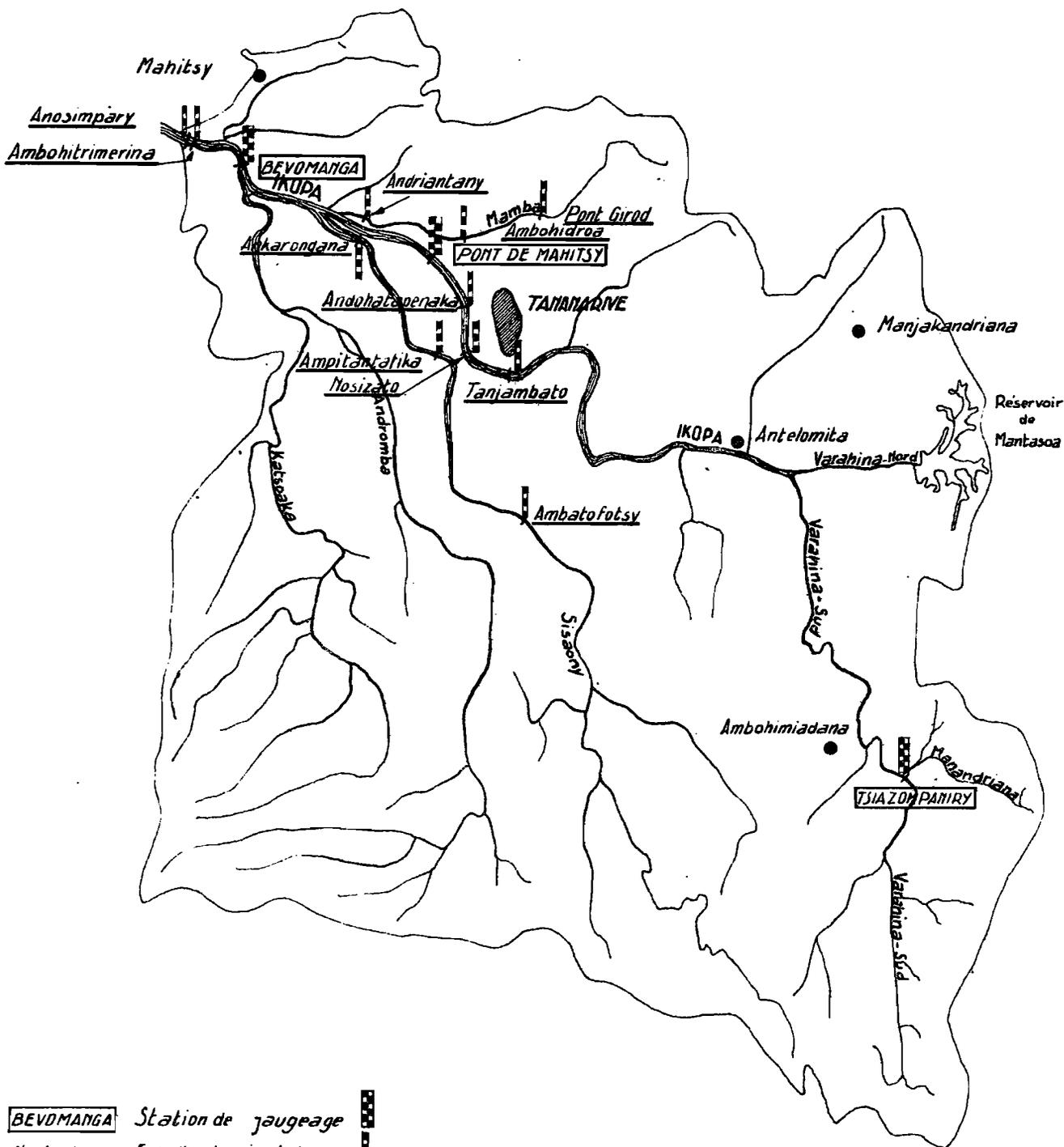
observateur

profil en travers.

Pl.12 - Carte de situation des stations de jaugeage et des échelles de la plaine du Betsimitatatra.

Bassin supérieur de l'IKOPA

Situation des stations de jaugeage
et des échelles limnimétriques.



BEVOMANGA Station de jaugeage

Nosizato Echelle limnimétrique

Echelle : 1/500.000

MAD1309

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des par : Le Pontois

Ver. par :

73

Date : le 26-1-50

Les échelles installées, tant par les Travaux Publics que par la Mission, sont en bois peint ; elles devaient être remplacées, pour les stations de jaugeage, par des éléments métriques en tôle émaillée, arrivés à Madagascar postérieurement au départ de la Mission.

Il a été également prévu pour la station de Tsiazompaniry un limnigraphe du type V des Etablissements BAR de Berne (durée de marche 70 jours) ; cet appareil, arrivé au cours de la saison des pluies 1948-1949, n'a pu être installé et devait l'être pendant l'étiage 1949.

Avant de quitter Madagascar, la Mission a donc remis à la Direction Générale des Travaux Publics tous les éléments se rapportant à la pose des échelles métalliques et à l'installation du limnigraphe. Ce dernier pourrait d'ailleurs parfaitement être réutilisé pour l'enregistrement de la cote de retenue en cas de réalisation d'un barrage-réservoir sur la Varahina-Sud.

.../...

Annexes VIII - IX - X : 1 - Stations de jaugeage - Fiche de renseignements
2 - Stations de jaugeage - Profil en travers.

2°) Jaugeages -

Tous les jaugeages ont été effectués à l'aide d'un moulinet "OTT", type V, suspendu par câble électroporteur, mis à la disposition de la Mission par la Direction Générale des Travaux Publics.

Les opérations ont été conduites soit à partir d'une pirogue, soit à partir d'un canot pneumatique ; pour chaque jaugeage, la vitesse moyenne a été déduite de nombreux points de mesure par intégration arithmétique. L'erreur obtenue dans ces conditions ne doit pas dépasser 5%.

Les échelles ont pu être étalonnées sensiblement pour toutes les hauteurs d'eau observées au cours de la saison 1948-49, comme le montre le tableau suivant :

Echelles	Cote d'eau		Jaugeages effectués	
	Max.	Min.	H	h
Tsiazompaniry	1,66	0,56	1,58	0,64
Pt de Mahitsy	3,15	0,14	2,92	0,16
Bevomanga	2,58	0,02	2,40	0,14

.../...

Les résultats des jaugeages effectués à chaque station figurent en annexe ainsi que la courbe d'étalonnage de chaque échelle, déduite de ces résultats.

Des campagnes de jaugeages avaient bien eu lieu sur l'Ikopa entre 1929 et 1932 ; il ne reste pas trace des relevés des échelles alors étalonnées, certaines d'entre elles, non rattachées, ont d'ailleurs disparu. Les relevés de l'échelle de Bevomanga n'auraient du reste pu être utilisés par la Mission à la suite des déroctages exécutés dans le lit de l'Ikopa pour remédier aux inondations de la plaine de Tananarive. Des mesures effectuées en très hautes eaux ont cependant été retenues pour l'étude des crues.

3°) Régime moyen - Variations saisonnières -

Le régime de l'Ikopa se trouve en partie régularisé par le Barrage-Réservoir de Mantasoa. Pour étudier le régime propre de l'Ikopa il faut donc :

- déduire, d'une part, les débits lâchés par Mantasoa, débits dont la valeur hebdomadaire fait l'objet des graphiques d'exploitation tenus par le Service Provincial des Travaux Publics.

-
Annexes VIII - IX - X : 3 - Résultats des jaugeages
4 - Courbe d'étalonnage de l'échelle limnimétrique.

.../...

- exclure d'autre part le bassin versant de la Varahina-Nord à Mantasoa.

Les débits de l'Ikopa à Antelomita, communiqués par la Société Electricité et Eaux de Madagascar pour les années 1939 à 1944, serviront également de base dans cette étude.

A) - Pluviosités moyennes sur le bassin de l'Ikopa -

Pour les bassins versants correspondant aux stations de jaugeage et à Antelomita, la pluviosité moyenne a été calculée à partir des relevés pluviométriques aux stations météorologiques suivantes (Chapitre I - B.4 et Annexe V) :

Varahina-Sud à Tsiazompaniry : Ambondrona, Ambohimiadana et, pour la zone forestière, Ambatolona.

Ikopa à Antelomita (bassin versant en amont de Mantasoa exclu) outre la pluviosité précédemment calculée et appliquée également au bassin versant de la Manandriana : Mantasoa, Ambohimiadana et Antelomita.

Ikopa au Pont de Mahitsy : pluviosité à Tananarive et Antelomita pour le bassin versant intermédiaire.

Ikopa à Bevomanga : pluviosité à Tananarive et stations d'Andramasina, Behenjy, Miantsoarivo et Ambohidratrimo.

.../...

Les relevés à chaque station météorologique ont été appliqués aux fractions de bassins versants intéressées; aux relevés manquants à la station d'Antelomita ont été substitués les relevés d'autres stations, de pluviosité comparable.

Les années 1938 à 1945 ont seules été retenues du fait de séries incomplètes aux stations de Mantasoa et d'Ambondrona, séries difficiles à rétablir tout au moins en valeurs mensuelles.

Sont donnés en annexe : les totaux mensuels des années 1938 à 1945, de l'année d'observation 1948-49 et, à titre de comparaison, la valeur moyenne mensuelle résultant du plus grand nombre d'observations connues aux stations pluviométriques depuis 1938.

Les planches 13 font ressortir pour le bassin versant de chaque station de jaugeage et d'Antelomita :

- les totaux mensuels correspondant à une année de forte pluviosité (1940-41) et de faible pluviosité (1943-44)
- les totaux mensuels de l'année 1948-49
- les moyennes mensuelles résultant du plus grand nombre d'observations connues "N" (1938-48).

.../...

Le rapport de la pluviosité des années caractéristiques 1940-41 et 1943-44 à la pluviosité moyenne "N"

Bassins versants	N	1940/41/N	1943-44/N
Tsiazompaniry	1.530	1,17	0,86
Antelomita	1.361	1,26	0,88
Pt de Mahitsy	1.305	1,34	0,81
Bevomanga	1.315	1,40	0,74

fait apparaître une irrégularité interannuelle croissante de Tsiazompaniry à Bevomanga.

Pl.13 (1 à 4) - Pluviosité moyenne par bassin versant

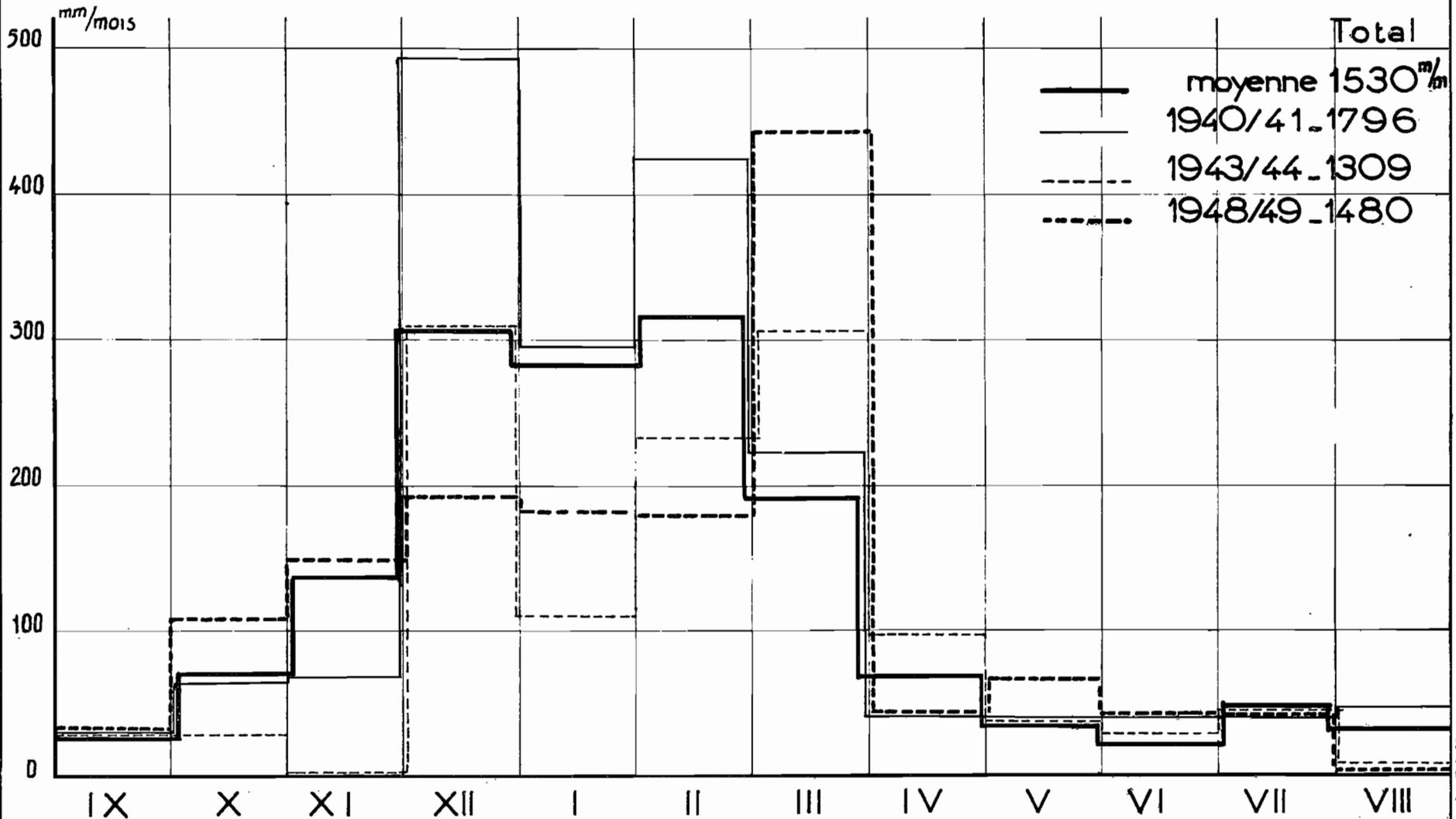
Annexes XI (1 à 4) - Totaux mensuels de pluie par bassin versant.

.../...

MAD 1310

Bassin supérieur de l'IKOPA

Pluviosité moyenne sur le bassin versant de la Varahina Sud
à Tsiacompaniry



E.D.F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des. par : Le Pontois

Ver. par :

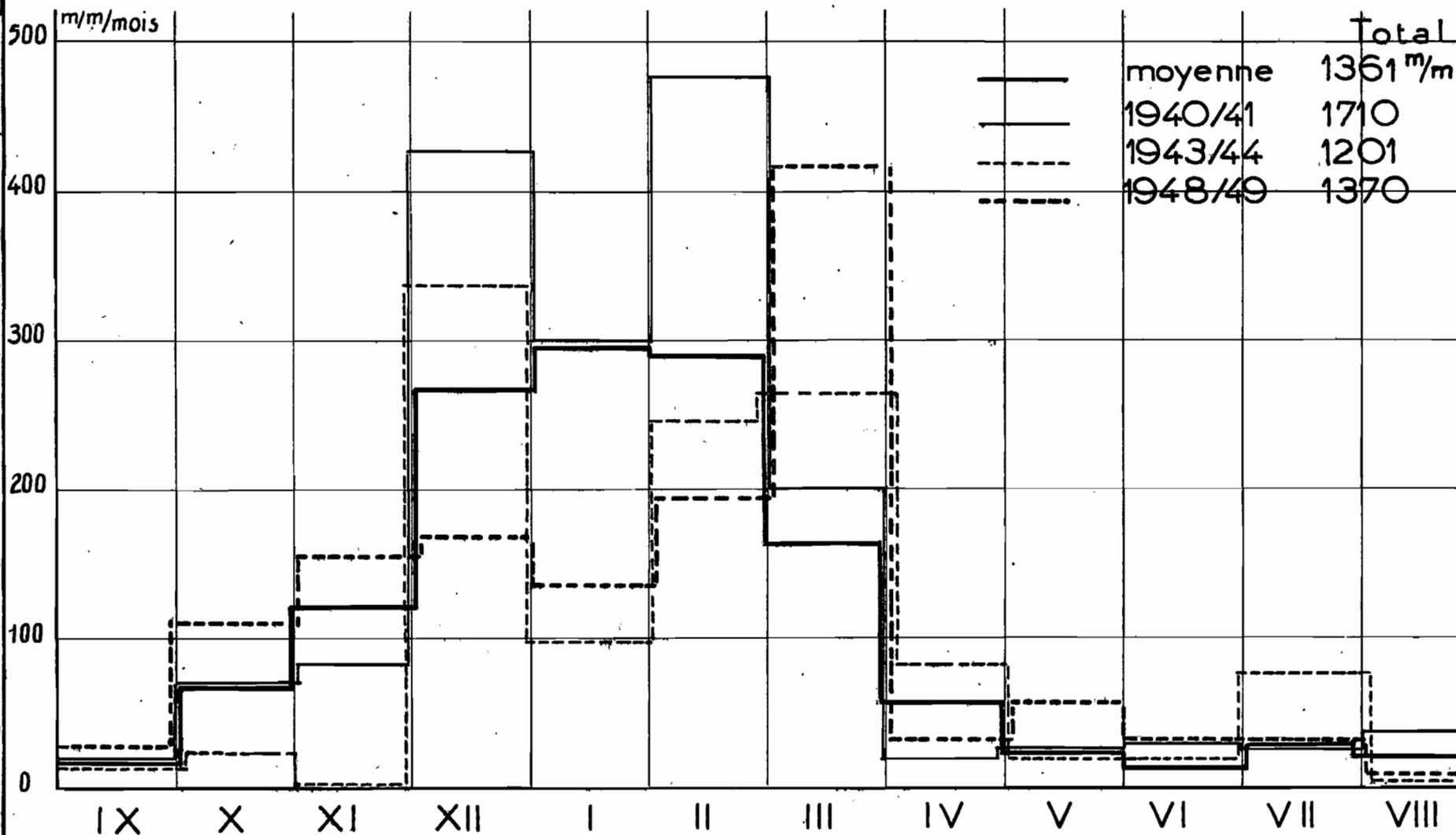
73 Date : /e 26-1-50

P13-1

MAD 1311

Bassin supérieur de l'IKOPA

Pluviosité moyenne sur le bassin versant de l'ikopa à Antelomita



Editions E.D.F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER
 Des. par : Le Pontois Ver. par : 73 Date : le 26-1-50

MAD 1312

Editions

E.D.F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

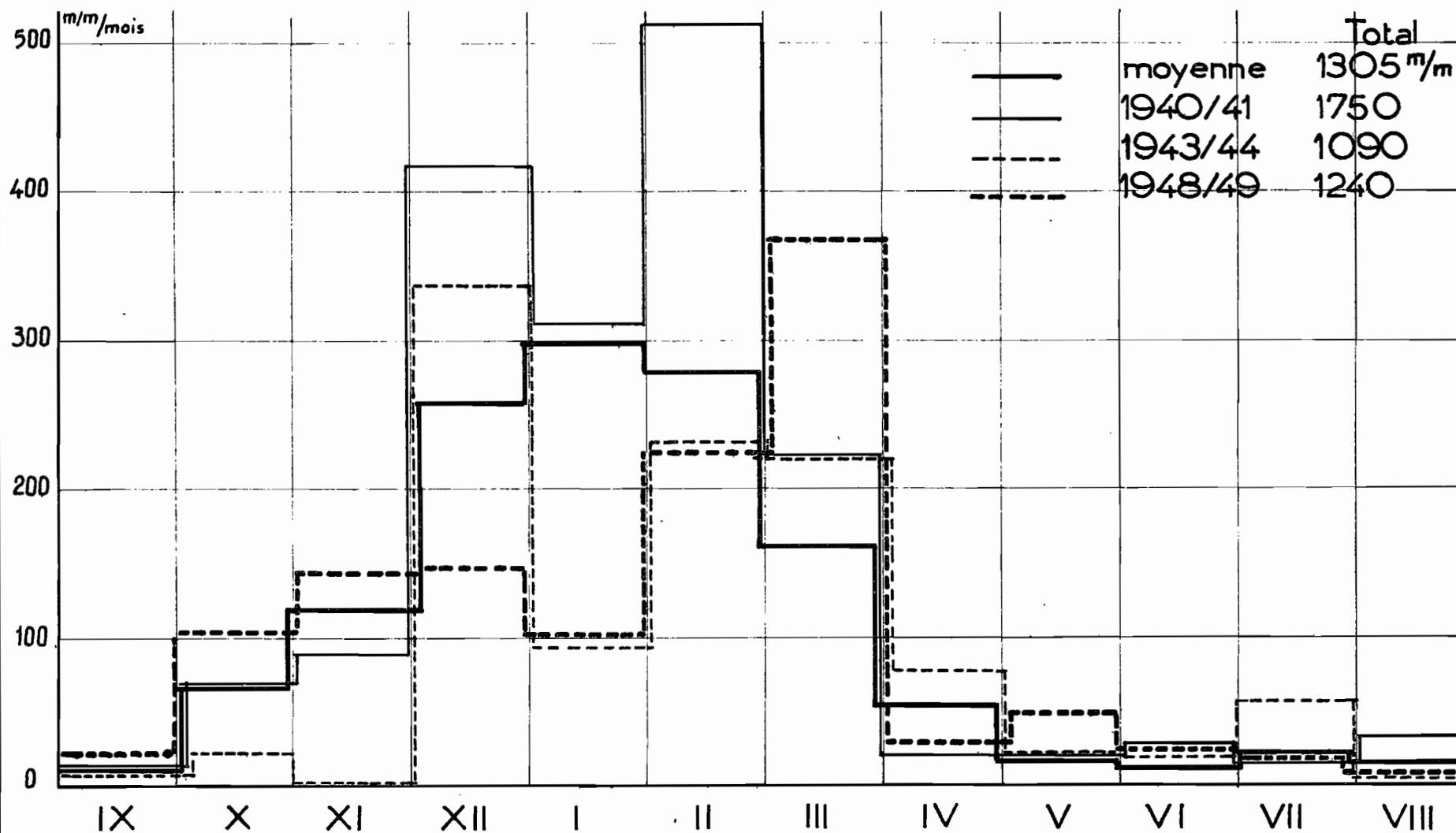
Des. par: Le Penhois

Ver. par: 79

Date: le 26-1-50

Bassin supérieur de l'IKOPA

Pluviosité moyenne sur le bassin versant de l'Ikopa au Pont de Mahitsy



MAD 1313

Editions

Des par : Le Ponlois

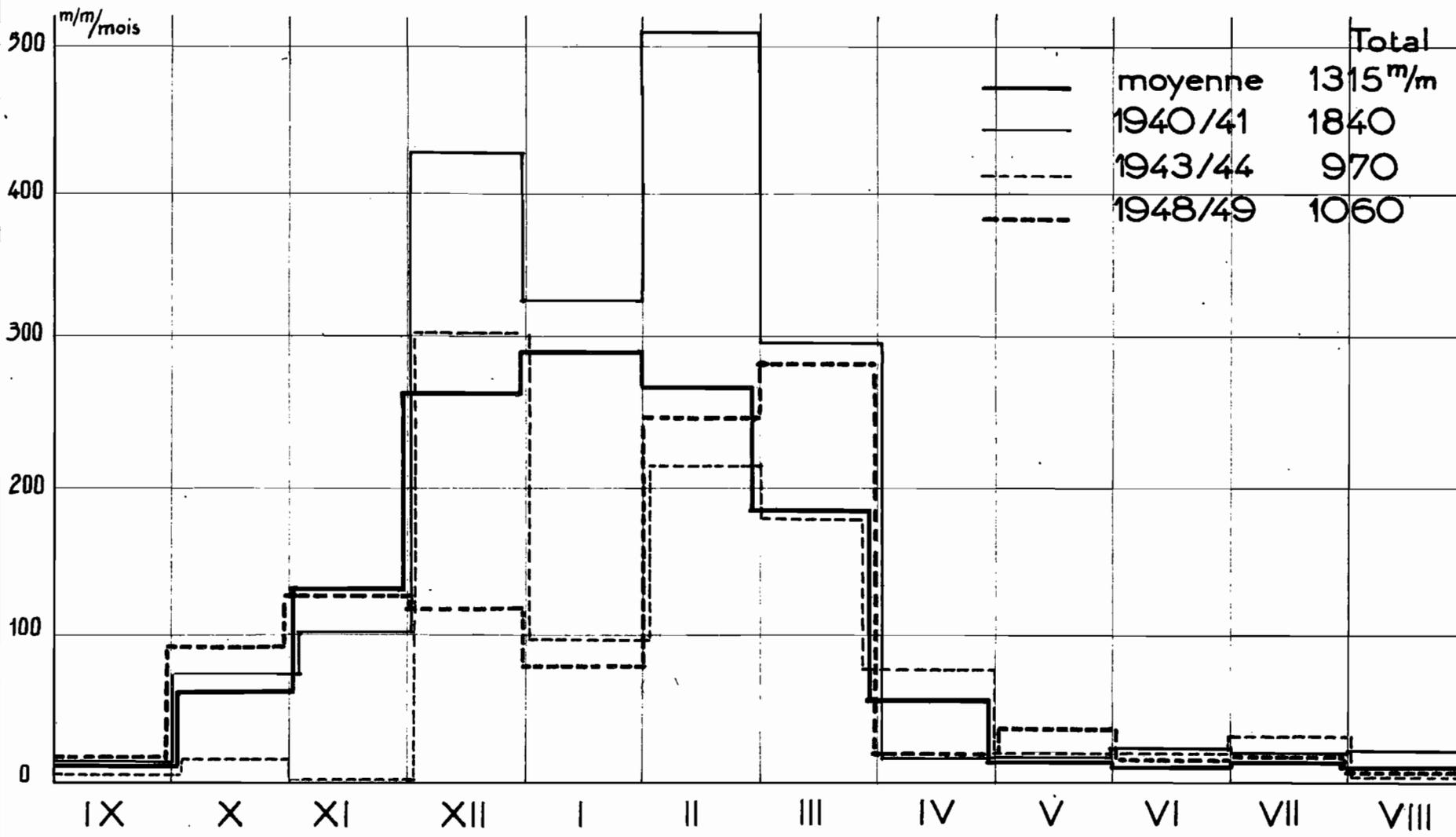
Ver. par :

73

Date : le 26-1-50

Bassin supérieur de l'IKOPA

Pluviosité moyenne sur le bassin versant de l'ikopa à Bevomanga



P13-4

B) Régimes moyens proprement dits -

a) Débits journaliers :

Les relevés journaliers aux échelles des stations de jaugeage ont permis de tracer les courbes de débits classés pour la période 1948-49. L'allure de ces courbes : descente brusque de 0 à 90 jours, puis pente assez douce pour le reste de l'année, résulte de l'absence de transition entre la saison des pluies et la saison sèche.

Les valeurs caractéristiques suivantes en ont été déduites pour la Varahina-Sud et l'Ikopa (m³/s) :

Q_E : débit caractéristique d'étiage dépassé pendant 355 j

Q₆ : débit semi-permanent " " 180 j

Q₉ et Q₃ : débits de 9 et 3 mois

Q_C : débit caractéristique de crue dépassé pendant 10 j

Q : débit moyen annuel ou module

n : coefficient d'irrégularité tiré de la formule de M. COUTAGNE

$$\frac{Q_6 - Q_E}{Q - Q_E} = \frac{(n + 1)}{2^n}$$

Stations	Q _E	Q ₉	Q ₆	Q ₃	Q _C	Q	n
Tsiazompaniry	4,5	5,5	7	9	26	8,4	2,4
Pt de Mahitsy	12	18	25	35	118	32,6	2,5
Bevomanga	20	29	38	63	230	59,3	3,3

Pl.14 - Courbes des débits classés (1948-49).

.../...

Bassin supérieur de l'IKOPA

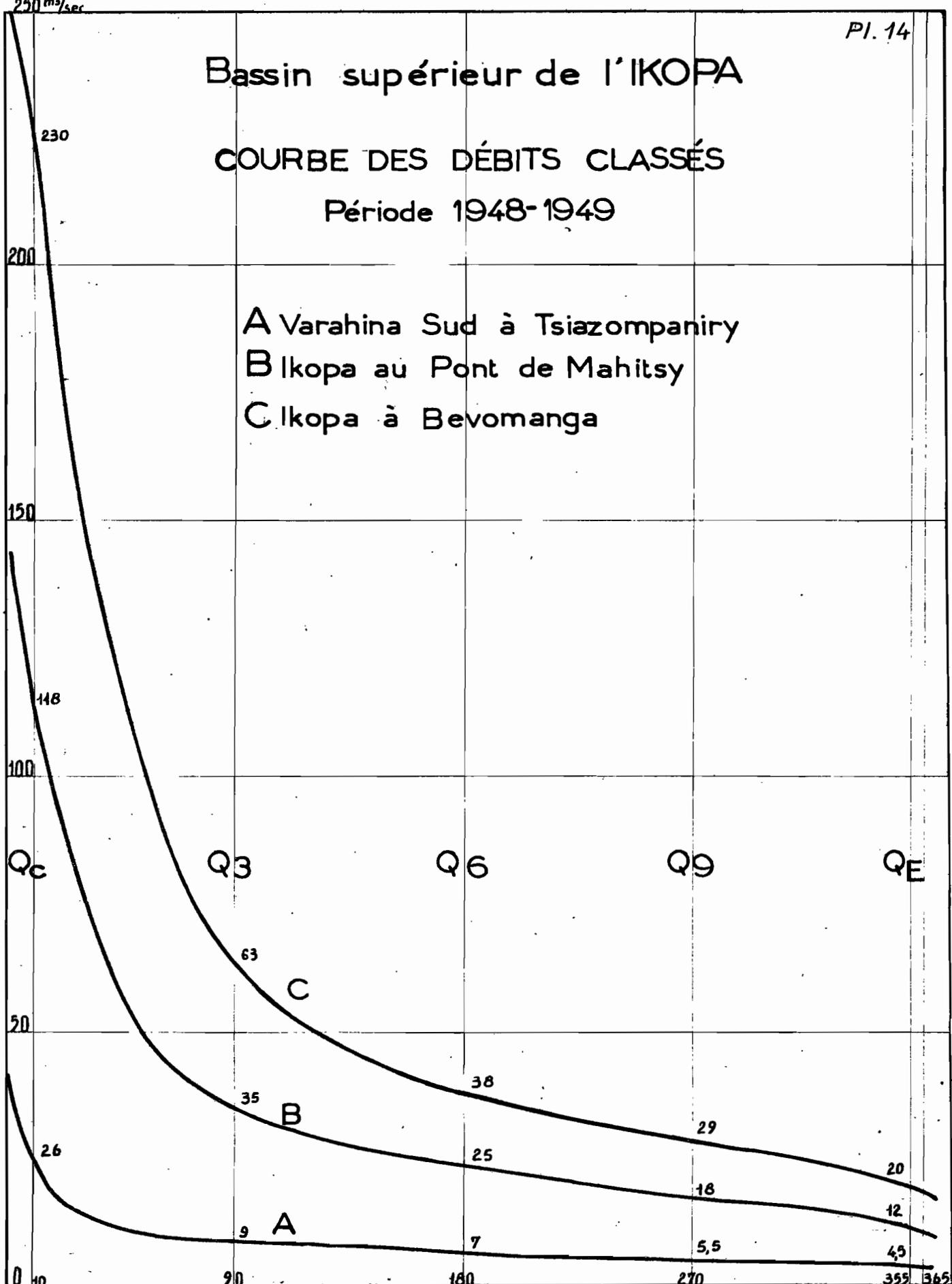
COURBE DES DÉBITS CLASSÉS

Période 1948-1949

A Varahina Sud à Tsiacompaniry

B Ikopa au Pont de Mahitsy

C Ikopa à Bevomanga



d'où l'on peut déduire les débits spécifiques suivants (l/s/km²) :

Stations	q_E	q_9	q_6	q_3	q_0	q
Tsiazompaniry	15,9	19,4	24,7	31,8	92	29,6
Pt de Mahitsy	7,1	10,7	14,8	20,8	70	19,4
Bevomanga	4,9	7,1	9,3	15,4	56	14,5

On constate, comme pour la pluviosité, une irrégularité croissante entre Tsiazompaniry et Bevomanga.

L'influence du réservoir de Mantasoa se fait cependant sentir au Pont de Mahitsy où le coefficient d'irrégularité égal à 2,5 est sensiblement le même qu'à Tsiazompaniry, alors qu'il est de 3,3 à Bevomanga ; le rapport du total des lâchures effectuées à Mantasoa au volume roulé en 1948-49 a d'ailleurs été de 7,5% au Pont de Mahitsy contre 4,1% à Bevomanga (lâchures de Mantasoa : 77×10^6 m³).

b) Débits mensuels -

La comparaison des graphiques représentant les débits moyens mensuels aux stations de jaugeage au cours de l'année 1948-49 (Pl.15) et la pluviosité au cours de cette même période sur les bassins versants correspondants (Pl.13 - 1,3 et 4) met en évidence les points suivants :

- les débits suivent la pluviosité entre l'étiage et les

Pl. 15 - Débits moyens mensuels - Période 1948-49.

.../...

MAD1315

Editions

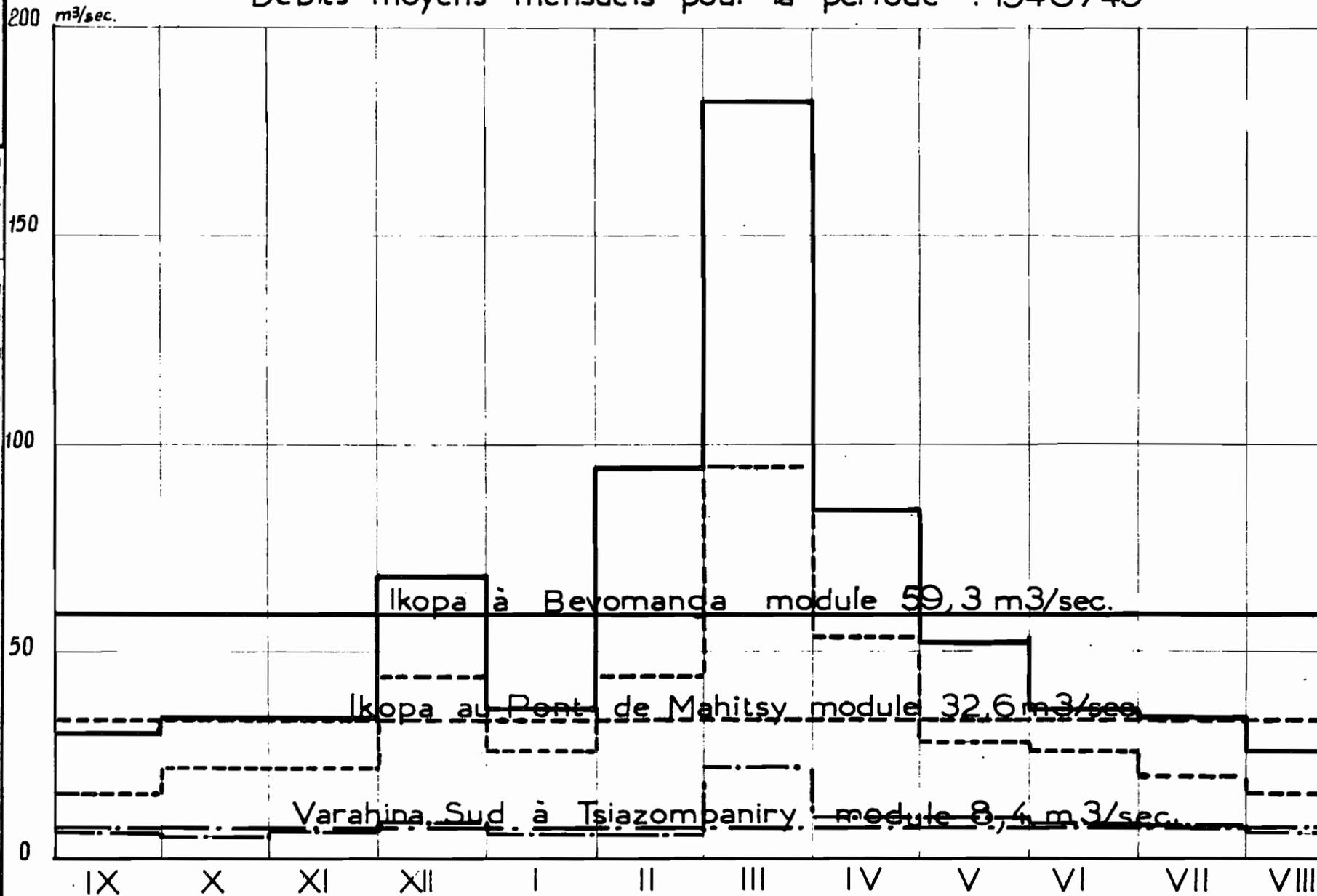
E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER
Des. par : Le Pontois
Ver. par :

73

Date : le 26-1-50

Bassin supérieur de l'IKOPA

Débits moyens mensuels pour la période : 1948/49



hautes eaux (exemple : baisse de la pluviosité en Janvier 1949 se traduisant par une baisse des débits de l'Ikopa) - partant des bassins saturés, les débits décroissent au contraire assez régulièrement entre les hautes eaux et l'étiage, sans qu'une recrudescence des pluies se traduise par une augmentation des débits (cas du mois de Mai 1949).

Coefficients de débits -

A cause du phénomène de restitution des nappes, il ne paraît pas intéressant de calculer les coefficients mensuels d'écoulement. Ces coefficients dépendent trop de la répartition de la pluviosité dans l'année pour qu'ils soient comparables d'une année à l'autre.

Les coefficients mensuels de débits, rapport du débit moyen de chaque mois au module, sont au contraire caractéristiques d'un régime s'ils sont calculés sur l'année moyenne, et caractéristiques d'une année particulière, par comparaison aux coefficients de l'année moyenne.

.../...

Les coefficients de débits pour la période 1948-49 sont les suivants :

Mois	Varahina-Sud	Ikopa	
	Tsiazompaniry	Pt de Mahitsy	Bevomanga
IX	0,72	0,53	0,49
X	0,56	0,64	0,56
XI	0,62	0,65	0,56
XII	0,96	1,33	1,23
I	0,81	0,75	0,60
II	0,84	1,34	1,56
III	2,49	2,88	3,07
IV	1,17	1,23	1,42
V	1,15	0,88	0,85
VI	1,00	0,68	0,62
VII	0,93	0,61	0,57
VIII	0,70	0,45	0,43
Module m ³ /s	8,4	32,6	59,3

Le rapport des coefficients extrêmes pour chaque station se déduit de ce tableau :

Tsiazompaniry	4,45
Pt de Mahitsy	6,40
Bevomanga	7,15

.../...

c) Débits annuels - Coefficients d'écoulement -

Au cours de l'année hydrologique telle qu'elle a été définie, de Septembre à Août, on peut considérer, avec assez de précision, que toutes les précipitations de l'année s'écoulent dans les douze mois ; la détermination des coefficients annuels d'écoulement ne présente donc pas les inconvénients signalés pour les coefficients mensuels.

Ces coefficients varient cependant avec la répartition des précipitations dans l'année et suivent surtout les variations de la pluviosité totale annuelle.

On constate en effet les valeurs suivantes :

- au Pont de Mahitsy

$C = 0,48$ en 1948-49 pour une pluviosité de 1.240 mm.

$C = 0,63$ en 1940-41 pour une pluviosité de 1.750 mm.

- à Antelomita, après déduction des apports en provenance du réservoir de Mantasoa et du bassin versant correspondant:

$C = 0,47$ au cours des années 1939 à 44 pour une pluviosité moyenne de 1.424 mm

$C = 0,57$ en 1940-41 pour une pluviosité de 1.710 mm.

A Tsiazompaniry pour la période 1948-49, la Varahina-Sud a roulé 264×10^6 m³ alors que la pluviosité de 1.480 mm correspond à un volume d'eau de 420×10^6 m³ ; le coefficient d'écoulement ressort donc à 0,63. Ce chiffre paraît assez fort, mais peut s'expliquer par le fait que les pluies ayant commencé dès Octobre au cours de cette

.../...

période, le bassin versant s'est trouvé saturé avant les hautes eaux.

A Bevomanga pour la période 1948-49, le coefficient d'écoulement ressort à,

$$C = 0,43 \text{ pour une pluviosité de } 1.060 \text{ mm.}$$

De ces quelques chiffres, et à défaut d'autres observations, on peut admettre, en dehors d'années exceptionnelles, que les coefficients peuvent varier dans les limites suivantes :

- Varahina-Sud à Tsiazompaniry $\left\{ \begin{array}{l} P : 1.300 \text{ à } 1.750 \text{ mm} \\ C : 0,50 \text{ à } 0,65 \end{array} \right.$
- Ikopa au Pont de Mahitsy et à Bevomanga $\left\{ \begin{array}{l} P : 950 \text{ à } 1.500 \text{ mm} \\ C : 0,38 \text{ à } 0,52 \end{array} \right.$

Relation entre Débits et Pluies -

L'augmentation du coefficient d'écoulement avec la pluviosité entraîne, comme corollaire, la relation suivante entre les débits spécifiques et les pluies :

$$\frac{q_1}{q_2} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^n$$

n étant voisin de 2.

.../...

Cette relation se trouve sensiblement vérifiée d'après les observations mentionnées précédemment :

Année 1948-49

Stations	B.V.	P	Q	$\frac{q_1}{q_2}$	$\frac{P_1}{P_2}$	$\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^2$
1 Tsiazompaniry	283	1.480	8,4			
2 Pt de Mahitsy	1.684	1.240	32,6	1,53	1,2	1,44
1 Pt de Mahitsy	1.684	1.240	32,6			
2 Bevomanga	4.094	1.060	59,3	1,33	1,15	1,32
1 Tsiazompaniry	283	1.480	8,4			
2 Bevomanga	4.094	1.060	59,3	2,04	1,40	1,96

Année 1940-41

Pour une même pluviosité (rapport 0,98), les débits spécifiques à Antelomita et au Pont de Mahitsy sont égaux (rapport 1,02).

Nota - Il n'a pas été tenu compte des débits prélevés pour les irrigations dans la plaine de Tananarive pour les raisons suivantes :

- en amont du Pont de Mahitsy, le volume d'eau nécessaire aux irrigations correspond sensiblement à l'appoint fourni annuellement par le réservoir de Mantasoa .

.../...

- à la station de Bevomanga, les prélèvements effectués sur les affluents pour les irrigations ne représentent que 4 à 5% environ du volume annuellement roulé par l'Ikopa.

d) Détermination des débits au cours de la période 1939-44

Cette suite d'années a été retenue pour les raisons suivantes :

- débits connus à Antelomita (série s'arrêtant à 1945)
- période au cours de laquelle on n'a pas enregistré de déversement sur la digue d'Analavory à Mantasoa
- suite d'années comportant successivement :

2 années à forte pluviosité - 1939-40, 1940-41

1 année à faible pluviosité - 1941-42

1 année à pluviosité moyenne - 1942-43

1 année à faible pluviosité - 1943-44

la pluviosité moyenne pour l'ensemble de ces années étant sensiblement égale à la moyenne 1938-48 calculée sur le plus grand nombre d'observations connues.

Partant des débits de l'Ikopa mesurés à Antelomita, déduction faite des "lâchures" de Mantasoa, il a été possible de reconstituer les débits de la Varahina-Sud à

.../...

Tsiazompaniry et de l'Ikopa à Bevomanga en considérant :

- le rapport des bassins versants
- le rapport des précipitations
- les remarques faites plus haut relatives à l'influence des précipitations sur les débits avant et après les hautes eaux
- les conclusions du paragraphe relatif aux irrigations (chapitre III), à savoir que le volume d'eau nécessaire en fin de saison sèche, d'Août à Novembre, est de l'ordre de 150×10^6 m³ dans l'état actuel des superficies cultivées, correspondant à un débit moyen mensuel de 15 m³/s pendant ces 4 mois.

Les débits moyens mensuels ainsi reconstitués figurent en annexe, et les valeurs moyennes qui en résultent pour la période 1939-44 sont résumées dans le tableau suivant :

Stations	Pluviosité : mm	Débit annuel : 10 ⁶ m ³	Module : m ³ //s	Coefficient : d'écoulement
Antelomita	1.424	722	22,9	0,47
Tsiazompaniry	1.552	260	8,3	0,59
Bevomanga	1.343	2.257	72	0,41

Annexe XII - Débits mensuels mesurés à Antelomita 1939-44
 Annexe XIII - Lâchures mensuelles du réservoir de Mantasoa 1939-44
 Annexe XIV - Débits mensuels à Tsiazompaniry 1939-44
 Annexe XV - Débits mensuels à Bevomanga 1939-44
 Pl.16 - Débits moyens mensuels pour la période 1939-44
 .../...

MAD1316

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER
Des. par: Le Pontois

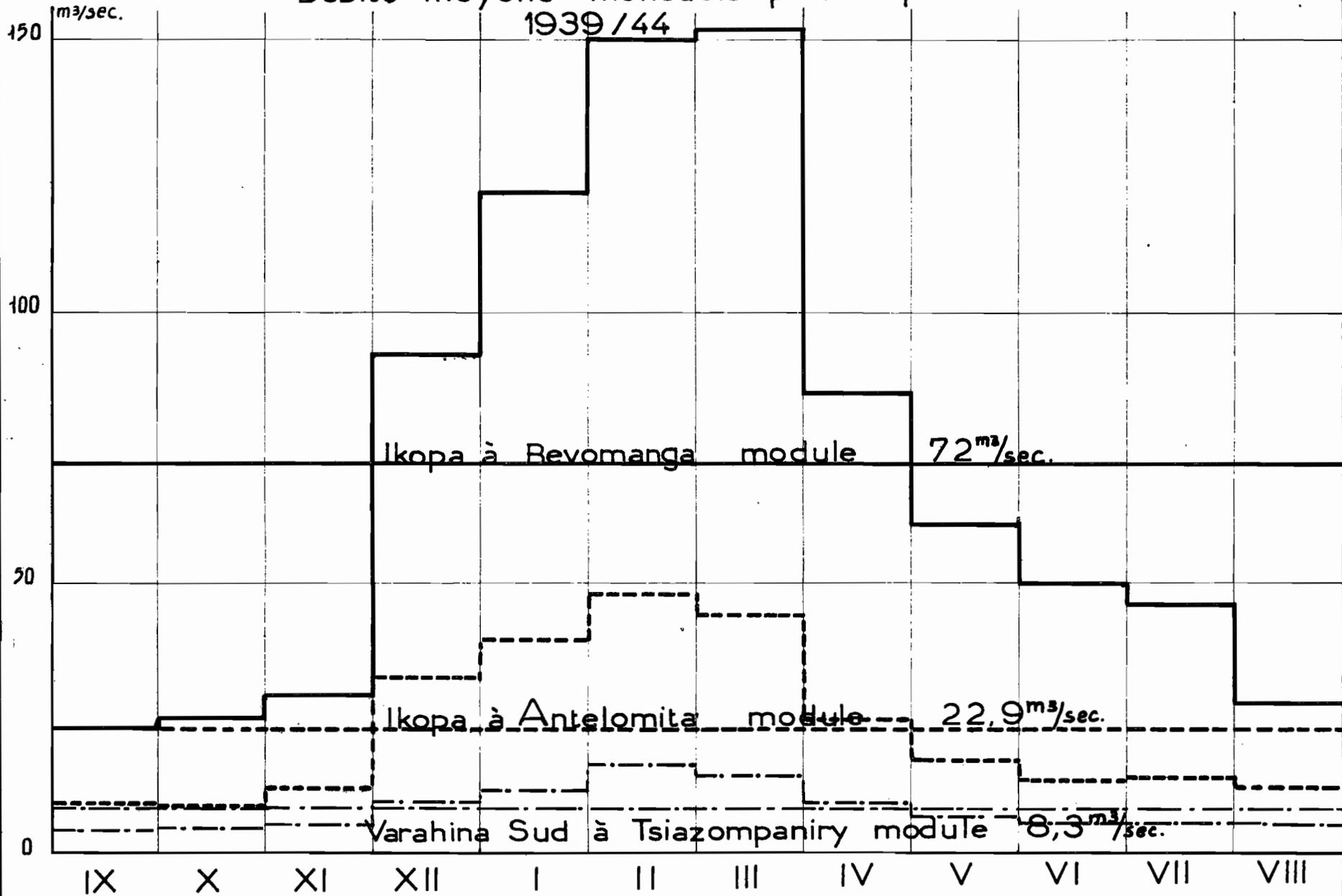
Ver. par:

73

Date: le 26-1-50

Bassin supérieur de l'IKOPA

Debits moyens mensuels pour la période 1939/44



Les coefficients de débits sont en moyenne pour cette période :

Mois	Antelomita	Tsiazompaniry	Bevomanga
IX	0,41	0,55	0,32
X	0,38	0,58	0,35
XI	0,51	0,63	0,40
XII	1,41	1,16	1,28
I	1,72	1,43	1,70
II	2,08	1,95	2,11
III	1,91	1,70	2,07
IV	1,07	1,14	1,19
V	0,73	0,84	0,85
VI	0,58	0,70	0,70
VII	0,61	0,70	0,64
VIII	0,54	0,62	0,39
Q	22,9	8,3	72

Le rapport des coefficients extrêmes est :

- à Tsiazompaniry 3,55

- à Bevomanga 6,6

De l'ensemble de ces résultats il ressort que les

.../...

volumes roulés annuellement varient :

à Tsiacompaniry

de 180 à 346 x 10^6 m³/an, soit dans le rapport de 1,9 pour une valeur moyenne de 260 x 10^6 m³/an.

à Bevomanga

de 1.442 à 3592 x 10^6 m³/an, soit dans le rapport de 2,5, pour une valeur moyenne de 2.257 x 10^6 m³/an.

Nota - La comparaison des débits mensuels mesurés à Antelomita aux vidanges du réservoir de Mantasoa fait ressortir en période d'étiage et à trois reprises, des débits de l'Ikopa certainement inférieurs à la réalité ; le débit moyen mensuel minimum admis dans ces cas a été de 5 m³/s.

Comparaison du régime des Varahina-Sud et Nord à partir des résultats d'exploitation du réservoir de Mantasoa -

Au cours de la période considérée le volume total des vidanges effectuées à Mantasoa a été, d'après les graphiques d'exploitation tenus par le Service Provincial des Travaux Publics, de :

328 x 10^6 m³

La différence des cubes en réservoir au 31.8.44 et au 1.9.39 correspond à un stockage et ressort à :

36 x 10^6 m³

de sorte que les apports de la Varahina-Nord ont été au

.../...

cours de cette période de :

$$328 + 36 = 364 \times 10^6 \text{ m}^3$$

correspondant à une valeur moyenne annuelle de :

$$73 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Il s'agit là d'apports utilisables à la vanne de vidange du réservoir de Mantasoa.

Pour comparer le régime des 2 Varahina, il faut tenir compte de la perte par évaporation sur la surface du réservoir.

Cette évaporation ayant été évaluée à 600 mm par an (chapitre I - B.6) et la superficie du lac étant de 1.650 ha, le volume annuel évaporé ressort à :

$$0,6 \times 16,5 \times 10^6 \text{ m}^3 = 10 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Les apports moyens annuels de la Varahina-Nord à Mantasoa auraient donc été, sans la création d'un réservoir, de :

$$83 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Compte tenu des fuites aux vannes (débit permanent d'une centaine de litres par seconde à la digue d'Ampasimpotsy), le débit annuel moyen de la Varahina-Nord à Mantasoa doit finalement ressortir à :

$$\frac{87 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}}{\text{=====}}$$

En admettant que les relevés pluviométriques des

.../...

stations d'Ambatolaona et de Mantasoa intéressent respectivement 1/4 et 3/4 des 96 km² de bassin versant, la pluviosité moyenne ressort pour cette période à :

1.609 mm/an

correspondant à un volume de :

154 x 10⁶ m³

d'où un coefficient d'écoulement de :

$$\frac{87}{154} = 0,57$$

Ces résultats confirment les valeurs précédemment déterminées pour la Varahina-Sud et montrent l'identité de régime de ces deux cours d'eau :

1939-44	Bassin versant : km ²	Pluviosité moyenne : mm	Débit moyen annuel : 10 ⁶ m ³	Coefficient d'écoulement :
Varahina-Sud	283	1.552	260	0,59
Varahina-Nord	96	1.609	87	0,57
Rapport	2,96	0,97	2,99	

Nota - Les graphiques des hauteurs d'eau du Service Provincial des Travaux Publics indiquent une capacité de 110 x 10⁶ m³ pour la cote de retenue maximale.

.../...

Ce chiffre est en réalité trop fort ; le planimétrage de la cuvette d'après le plan au 1/20.000° existant, n'indique en effet qu'un volume de 72×10^6 m³.

Ce gros écart ne change cependant pas les conclusions de cette étude, la différence des cubes en réservoir au 31.8.44 et au 1.9.39 étant sensiblement la même que l'on parte des graphiques des Travaux Publics ou de la courbe de capacité déduite du plan au 1/20.000°.

4°) Etiages -

L'étiage a lieu en général entre le 15 septembre et le 15 novembre.

Pour 1948-49, les débits minimaux observés ont été :

- Varahina-Sud à Tsiazompaniry : 4,4 m³/s en Oct. 1948
 - Ikopa à Bevomanga : 18,6 m³/s en Nov. 1948
- (dont 4,7 m³/s provenant de Mantasoa)

Il semble qu'on puisse enregistrer des débits inférieurs sans toutefois pouvoir tomber au-dessous des minimums suivants :

- Varahina-Sud à Tsiazompaniry : 3 m³/s soit 10,6 l/s/km²
 - Ikopa à Bevomanga : 12 m³/s soit 3,0 l/s/km²
- sans le secours du réservoir de Mantasoa.

Il est plus intéressant, en vue d'études d'aménagements, de considérer les débits moyens mensuels minimaux.

.../...

qui ont été, pour la période 1939-44 :

- Varahina-Sud à Tsiacompaniry : 3,5 m³/s
- Ikopa à Bevomanga : 14 m³/s

5°) Crue -

Crues 1948-49

Les pluies consécutives au cyclone de Tanatove des 6 et 7 mars 1949 ont donné lieu aux crues suivantes :

- Tsiacompaniry : 41 m³/s le 10.3.49
- Pt de Mahitsy : 130 m³/s le 11.3.49
- Bevomanga : 237 m³/s le 12.3.49

Sur l'Ikopa les maximums de l'année 1948-49 ont été enregistrés quelques jours après :

- Pt de Mahitsy : 144 m³/s les 19-20. 3.49
- Bevomanga : 251 m³/s le 20.3.49

Pour les trois observations mentionnées ci-dessus, les débits de crues sont entre eux comme le rapport des bassins versants à la puissance (0,7).

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left\{ \frac{BV_1}{BV_2} \right\}^{0,7}$$

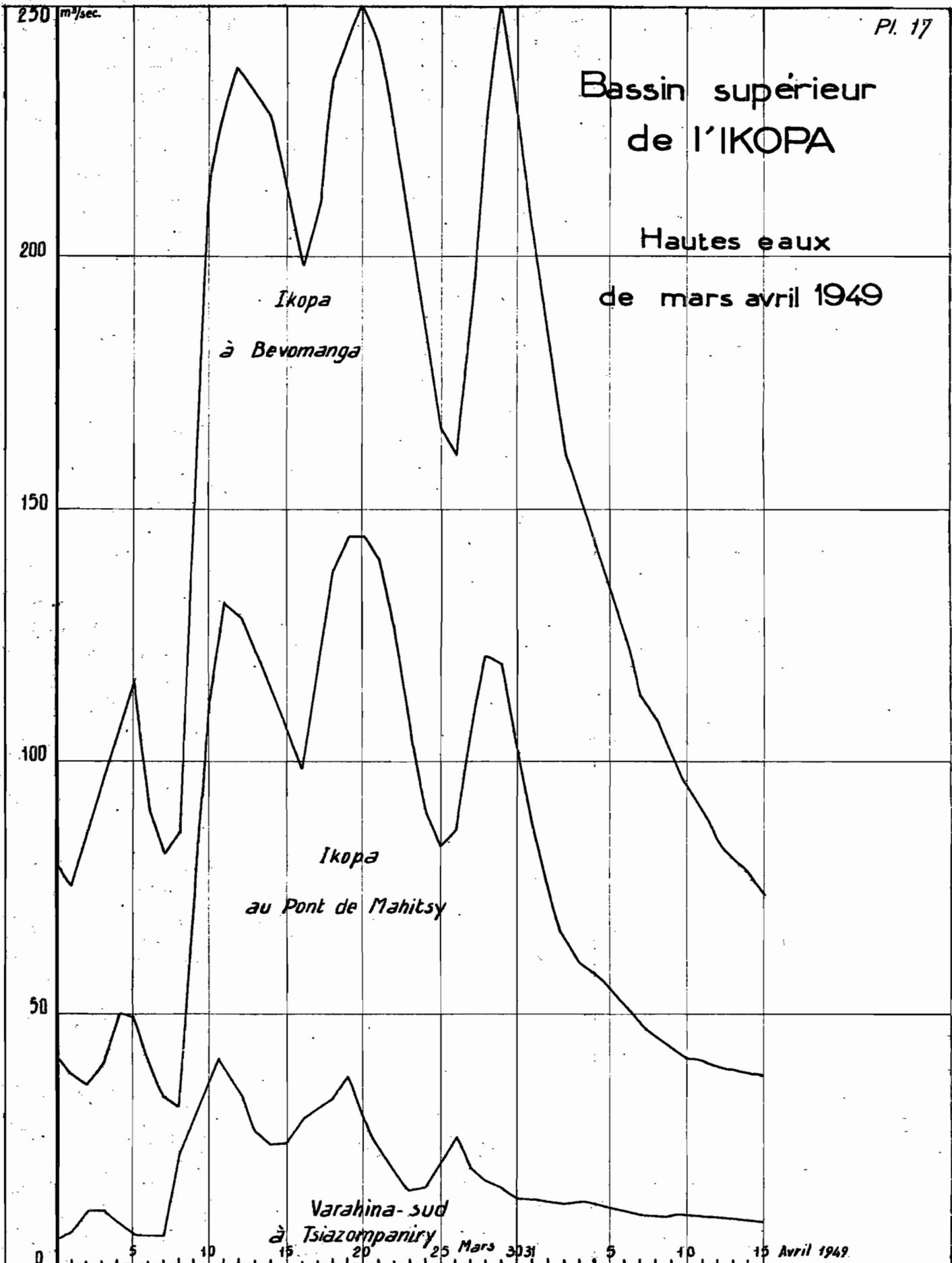
cet exposant sera adopté pour le calcul des crues non observées.

Pl.17 - Hautes eaux de Mars-Avril 1949.

.../...

Bassin supérieur de l'IKOPA

Hautes eaux de mars avril 1949



MAD1317

Crues 1939-49

Les crues de la Varahina-Sud à Tsiazompaniry et de l'Ikopa à Bevomanga ont été calculée pour chaque année de cette période à partir de la cote maximum relevée à l'échelle du Pont de Mahitsy ; elles ont été traduites en graphiques.

Le maximum a été enregistré le 7 Mars 1941 au Pont de Mahitsy où la cote a atteint : 3,97 m correspondant à 205 m³/s ; cette crue fut d'ailleurs la première importante écrêtée par le réservoir de Mantasoa. Le débit de la Varahina-Nord ainsi retenu a été de l'ordre de 35 m³/s. Compte tenu du rapport des bassins versants, cette crue correspondait à un débit de 380 m³/s à Bevomanga.

Crues maximales

Des mesures faites à Bevomanga en 1929-32, on note un débit de 600 m³/s le 10 février 1932, chiffre obtenu par extrapolation à partir d'un jaugeage de 540 m³/s effectué le 13 du même mois. Il semble que ce soit là la plus grande crue observée ; les débits correspondants devaient être de :

- 325 m³/s au Pont de Mahitsy
- 90 m³/s à Tsiazompaniry
- 45 m³/s à Mantasoa

Bassin supérieur de l'IKOPA

Courbes des crues maxima

m³/sec.

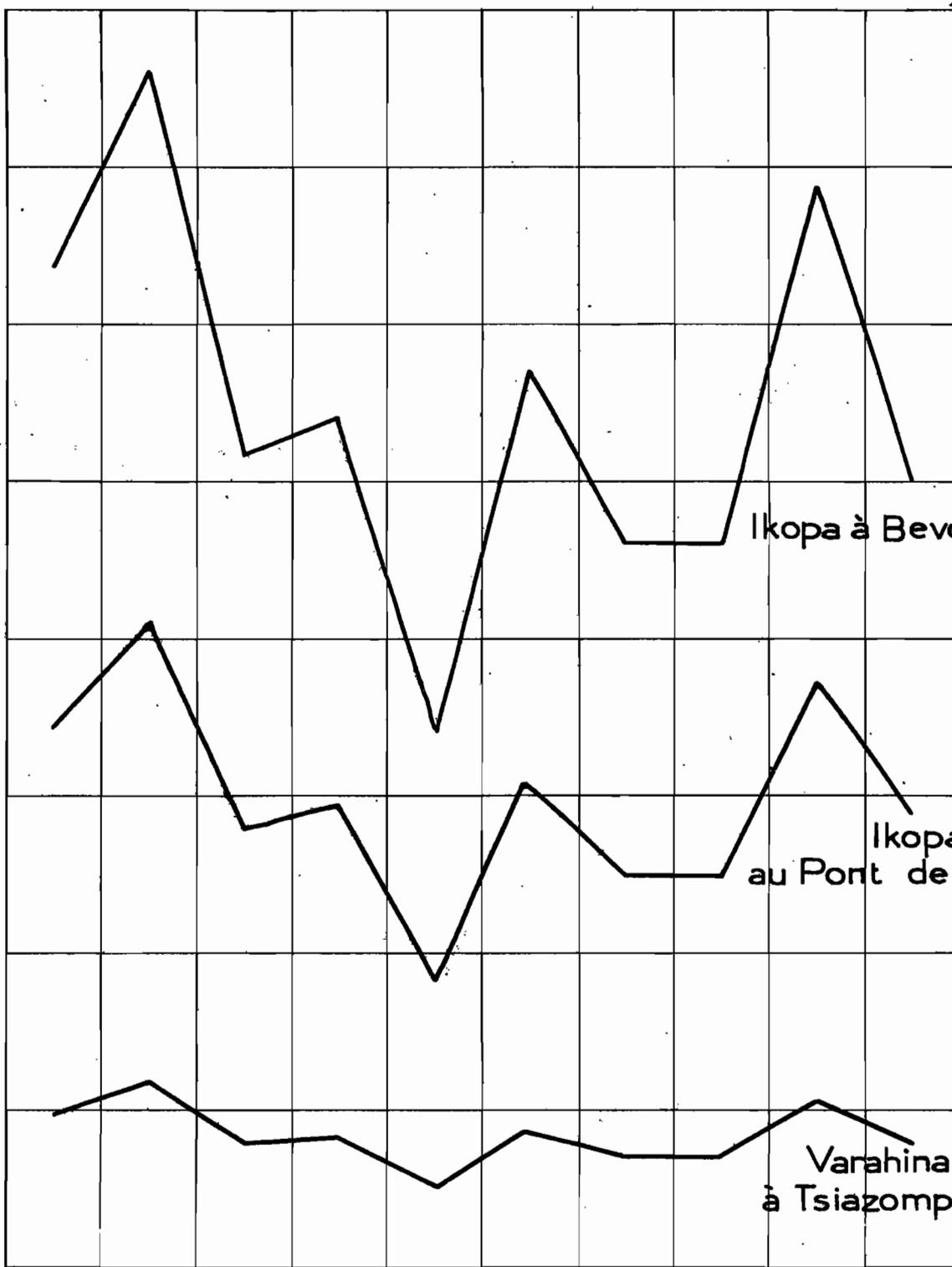
400

300

200

100

0



Ikopa à Bevomanga

Ikopa au Port de Mahitsy

Varahina Sud à Tsiacompaniry

1939/40

40/41

41/42

42/43

43/44

44/45

45/46

46/47

47/48

48/49

Années

MAD 1318

Editions

E.D.F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des. par : Le Pontois

Ver. par :

73

Date : le 26-1-50

En appliquant aux dix dernières années d'observations effectuées au Pont de Mahitsy la formule de FULLER

$$Q_T = q (1 + 0,8 \log T)$$

dans laquelle :

Q_T : débit de crue maximal le plus probable pendant la durée T en années

q : moyenne des débits de crues maximaux observées chaque année

on obtiendrait les valeurs suivantes à Mahitsy, Tsiacompaniry et Bevomanga :

	Pt de Mahitsy	Tsiacompaniry	Bevomanga
q	150	43	275
Q_{10}	270	80	500
Q_{100}	390	110	720

Ces chiffres reposant sur un petit nombre d'observations ne donnent, évidemment, qu'un ordre de grandeur.

.../...

5°) Transports solides -

Varahina-Sud

Les constatations effectuées en 1949 au cours d'un fort abaissement du niveau de la retenue de Mantasoa permettent d'estimer que les risques de comblement d'un réservoir établi sur la Varahina-Sud à Tsiazompaniry sont extrêmement faibles, la nature du sol des bassins versants respectifs étant identique.

Les turbines de l'usine d'Antelomita I, dont la mise en route remonte à 1909, donnent d'ailleurs un magnifique exemple du très faible charriage des 2 Varahina : les roues d'origine sont encore en service, bien que soumises à des conditions d'exploitation très dures depuis plusieurs années.

Il n'y a donc pas à craindre de "sablage" des roues dans le cas d'un aménagement hydro-électrique établi sur la Varahina-Sud.

Ikopa

Dans la traversée de la plaine de Tananarive, l'Ikopa charrie en permanence des matières en suspension qui ont tendance à se déposer du fait de la faible pente de son lit dans cette section de son cours.

.../...

Le volume annuel de matières ainsi transportées doit être cependant assez faible ; de prélèvements effectués au Pont de Mahitsy avec des moyens de fortune et à faible profondeur, il ressort en effet que le poids p de matières en suspension peut atteindre par litre d'eau :

p : 60 mgr/litre	pour un débit de 128 m ³ /s	(le 12/3/49)
p : 20 mgr/litre	" "	30 m ³ /s (le 10/5/49)

Un aménagement réalisé à Farahantsana devrait obligatoirement comporter un barrage mobile pour ne pas contrarier, en temps de crue, l'effet des travaux de déroctages effectués par l'Administration à Bevomanga ; la question d'un comblement possible de la retenue ne se poserait donc pas dans ce cas.

7°) Conclusion -

En se référant à la classification des "Espèces Fluviales" proposée par M. PARDE, le régime de l'Ikopa, tel qu'il vient d'être étudié, se rangerait dans la catégorie : Régime Pluvial Tropical, avec un maximum pendant l'été austral (Février-Mars), mais un seul maximum étant donné l'éloignement de l'équateur (19° S de latitude moyenne).

.../...

Ce régime tropical se trouve cependant adouci, ainsi que le montre le rapport des coefficients de débits extrêmes, par l'altitude moyenne relativement élevée du bassin versant et la proximité de la ligne de partage des eaux entre les plateaux et la côte orientale de l'Ile.

CHAPITRE III
=====

UTILISATIONS ACTUELLES DES EAUX
=====

1°) Utilisations industrielles -

On peut tout d'abord signaler, pour mémoire, l'installation vers 1837 d'une roue hydraulique alimentée par un canal d'aménée de 2 km partant d'un barrage établi sur la Varahina-Nord. Ces ouvrages, réalisés par Jean LABORDE, jeté en 1831 par un naufrage sur la côte malgache, procuraient à ce dernier l'énergie nécessaire à la fabrication de canons en fonte pour le Gouvernement de la Reine RANAVALO I^{er}, de tuyaux en terre cuite, de verre à vitre etc...

Cette petite chute est actuellement utilisée pour les besoins de l'Ecole Régionale de Mantasoa.

Usines d'Antelomita -

Ces usines, situées sur l'Ikopa à 40 km en amont de Tananarive, utilisent, à 1.500 mètres environ de distance, deux seuils rocheux permettant d'obtenir deux chutes identiques en cascade.

Elles bénéficient, en tête, d'une réserve journa-

.../...

lière de 250.000 m³ environ et ont pour caractéristiques principales :

	Date de mise en service	Hauteur de chute brute	Débit max. dérivé	Puissance maximum
Antelomita I	1909	18,50 m	18 m ³ /s	1.700 kW
Antelomita II	1928	18,50 m	20 m ³ /s	2.600 kW

Nettement insuffisantes pour satisfaire les besoins actuels de Tananarive, elles sont en cours de réaménagement et permettront de disposer fin 1952 de 7.800 kW pour un débit dérivé de 30 m³/s, la réserve de tête étant portée du même coup à $1,3 \times 10^6$ m³.

Ces usines ont heureusement bénéficié depuis 1938 de la mise en eau du barrage-réservoir de Mantasoa dont la valeur moyenne des vidanges annuelles ressort depuis cette date à :

$$60 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Ces vidanges ont en effet permis d'étaler dans une certaine mesure l'énorme augmentation des demandes en énergie constatée depuis la fin des hostilités.

.../...

2°) Utilisations agricoles -

La plaine de Tananarive est soumise à la monoculture du riz qui nécessite une importante quantité d'eau à certaines périodes de l'année. Cette culture comporte en général 2 récoltes :

- Riz de 1ère saison : semis en Août, repiquage en Octobre, récolte en Décembre-Janvier
- Riz de 2ème saison : récolte, moins importante, en Avril.

La plaine de Tananarive compte approximativement 18.000 ha de rizières dont 6.000 tributaires de l'Ikopa proprement dit.

Toutes ces rizières ne nécessitent pas le même module d'irrigation : certaines exigent une irrigation totale pouvant atteindre et même dépasser 1/litre/s/ha, d'autres demandent au contraire à être drainées. D'après les renseignements obtenus à la Station Agricole de Nanissana, 7.000 ha de la plaine doivent bénéficier d'une irrigation totale dont une forte proportion dépend de l'Ikopa.

Ces irrigations correspondent aux périodes d'étiage des cours d'eau :

- en Août : mise en eau des rizières
- de Septembre à Novembre : entretien du débit d'irrigation.

Il peut y avoir éventuellement nécessité d'un appoint pour le riz de deuxième saison, bien que la

.../...

pluviosité soit généralement suffisante en Janvier-Février. Le volume d'eau nécessaire annuellement est difficile à déterminer.

Pour l'Ikopa, la principale prise d'irrigation s'effectue au barrage de Tanjambato, origine du canal d'Andriantany (Voir profil en long de l'Ikopa. Pl.4). Ce canal rejoint l'Ikopa par l'intermédiaire de la Mamba ; il débite 4 à 5 m³/s pendant les périodes de mise en eau et d'irrigation, débit confirmé par 3 jaugeages effectués les 23 et 24 Septembre 1948 :

Ikopa à Mahazoarivo en amont du barrage de Tanjambato	: 14,8 m ³ /s
Ikopa au Pont de Mahitsy	: 10,6 m ³ /s
Canal d'Andriantany à la prise	: 4,0 m ³ /s

Le volume ainsi absorbé au cours des mois d'Août à Novembre ressort donc en moyenne à :

$$50 \times 10^6 \text{ m}^3$$

et peut être estimé au total à :

$$60 \times 10^6 \text{ m}^3$$

compte tenu des prises secondaires.

Toutes proportions gardées, les rizières dépendant des affluents de l'Ikopa nécessitent un volume total annuel d'environ $90 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Dans l'état actuel des zones cultivées, la quantité d'eau nécessaire annuellement aux irrigations des rizières de l'ensemble de la plaine de Tananarive

.../...

ressort donc, en moyenne, à :

$150 \times 10^6 \text{ m}^3$

correspondant à un débit moyen mensuel de :

$15 \text{ m}^3/\text{s}$

au cours des mois d'Août à Novembre.

Ce chiffre est passible de majoration, une superficie d'environ 7.000 ha étant encore susceptible d'être mise en valeur.

Lors d'étiages particulièrement sévères, 1942-43 et 1943-44 par exemple, les vidanges du réservoir de Mantasoa nécessitées par l'exploitation des usines d'Antelomita ont permis d'assurer aux rizières tributaires de l'Ikopa un débit d'irrigation suffisant.

En ce qui concerne les rizières, l'existence de ce réservoir a surtout pour effet d'écrêter de façon sensible les crues de l'Ikopa et d'éviter des ruptures de digues pouvant entraîner l'inondation d'importantes surfaces cultivées.

3°) Utilisations urbaines -

Alimentation en eau :

La distribution d'eau de la ville de Tananarive est assurée par la Société "Electricité et Eaux de Madagascar",

.../...

Cette eau est pompée dans l'Ikopa et stockée dans le lac de Mandroseza au Sud-Est de Tananarive.

La station de pompage et d'épuration est actuellement équipée pour un débit journalier de 11.000 m³ ; des travaux en cours doivent prochainement porter sa capacité à 20.000 m³/jour.

L'épuration de l'eau, après décantation dans le lac de Mandroseza et passage à travers des préfiltres à sable et à gravier, se fait à base de sulfate d'alumine et de chaux ; l'eau est verdunisée pour l'apuration bactériologique.

Drainage des eaux usées -

Les eaux usées et les eaux de pluie de Tananarive sont partiellement drainées par un système d'égouts et rejoignent l'Ikopa par l'intermédiaire du Canal d'Andriantany. Ainsi en Mars 1949, lors du cyclone, ce canal roulait 1,6 m³/s en sa partie aval alors que les vannes de tête étaient fermées (95 l/s à l'origine du canal).

L'évacuation des eaux est cependant rendue très difficile au cours de pluies orageuses particulièrement violentes en raison de l'insuffisance du réseau d'égouts et de la très faible différence de niveau existant entre l'Ikopa et les bas quartiers de la ville.

.../...

4°) Utilisation des Eaux au point de vue des Transports -

Aucuns transports fluviaux, à proprement parler, n'existent sur l'Ikopa. Les autochtones utilisent simplement leurs pirogues, mues à la perche ou halées de la rive, pour le transport de fourrages, de sable ou de briques fabriquées et cuites pendant la saison sèche dans les zones périodiquement inondées.

5°) Utilisation des Eaux au point de vue du Tourisme -

Au point de vue touristique, la réserve de Mantasoa, à 60 km de Tananarive, attire chaque Dimanche un grand nombre de touristes, amateurs de sports nautiques.

Les rivières du bassin de l'Ikopa ne sont pas très poissonneuses ; il existe cependant quelques espèces introduites à différentes époques : la carpe, le cambusia destiné à détruire les larves de moustiques, et, dans le massif de l'Ankaratra, la truite arc-en-ciel.

Le gibier d'eau attire enfin de nombreux chasseurs ainsi que les caïmans qui, bien que vivant généralement à des altitudes inférieures à 1.000 m, sont nombreux aux seuil de Farahantsana.

.../...

Projet de Barrage-réservoir à Tsiacompaniry -

La régularisation du cours supérieur de l'Ikopa, par le réservoir de Mantasoa, pourrait être améliorée par la réalisation d'une autre réserve en tête de son réseau hydrographique ; les possibilités d'établissement d'un barrage-réservoir sur la Varahina-Sud à Tsiacompaniry ont d'ailleurs été signalées au chapitre I de la présente monographie.

En cet endroit, la topographie des lieux a permis à la Mission Electricité de France d'envisager de barrer également la Manandriana, affluent rive droite de la Varahina-Sud, les deux réserves ainsi créées pouvant communiquer par un souterrain de très faible longueur (voir schéma du réseau hydrographique - Pl.3).

Le bassin versant de la Manandriana à Tsiacompaniry est de 53 km², soit 18,7% de celui de la Varahina-Sud ; étant donné la similitude de ces bassins quant à l'altitude la végétation et la pluviosité, il est possible d'admettre la proportionnalité des apports.

Sur la période de référence 1939-44.

Pl.19 - Apports mensuels de la Varahina-Sud et de la Manandriana à Tsiacompaniry pour la période 1939-44.

.../...

le volume moyen roulé annuellement à Tsiazompaniry ressort ainsi à :

Varahina-Sud :	260 x 10 ⁶ m ³
Manandriana :	48 x 10 ⁶ m ³

soit au total	308 x 10 ⁶ m ³
	=====

correspondant à un module de 9,8 m³/s.

Ce débit moyen annuel oscille entre les valeurs extrêmes suivantes :

410 x 10⁶ m³ : année à forte pluviosité - 1939-40

215 x 10⁶ m³ : année à faible pluviosité - 1941-42

De ces totaux annuels, il conviendrait de soustraire les pertes dues à l'évaporation sur la surface totale du réservoir, en prenant comme base la valeur précédemment retenue pour Mantasoa :

0,6 x 10⁶ m³/an pour 100 ha de superficie.

L'étude de la régularisation de l'Ikopa serait alors possible en partant des éléments suivants :

- capacité de la nouvelle réserve
- programme de vidange des réservoirs de Mantasoa et Tsiazompaniry.

Du point de vue hydrologique, il a cependant paru

.../...

Pl.20 - Courbe des débits cumulés de la Varahina-Sud et de la Manandriana à Tsiazompaniry pour la période 1939-44.

intéressant de déterminer la capacité qu'il faudrait donner à un réservoir pour obtenir une régularisation totale de l'ensemble Varahina-Sud, Manandriana, hypothèse conduisant par conséquent à assurer, en aval de Tsiacompaniry, un débit permanent égal au module de 9,8 m³/s (période 1939-44).

Pour ce cas, la courbe des débits mensuels cumulés met en évidence la nécessité de disposer d'une réserve interannuelle, les excédents des années 1939-40 et 1940-41 étant reportés sur les trois années déficitaires de 1941 à 1944.

La capacité d'une telle réserve, déterminée graphiquement, ressort à :

$$\underline{230 \times 10^6 \text{ m}^3}$$

correspondant à un coefficient de régularisation de 75% (rapport du volume de la réserve au total des apports annuels moyens).

En pratique, les consignes d'exploitation ne tendraient pas à obtenir un débit constant en aval du réservoir, mais à stocker les eaux pendant la saison des pluies afin de pouvoir renforcer le débit de l'Ikopa en saison sèche au bénéfice des usines d'Antelomita et des irrigations ; ce mode d'exploitation conduirait à une capacité plus forte si l'on s'imposait toujours la condition de ne pas perdre d'eau.

.../...

Un autre but assigné à un tel réservoir pourrait être d' "écrêter" les crues de l'Ikopa dans la traversée de la plaine de Tananarive.

Outre les crues exceptionnelles pouvant atteindre pour l'ensemble Varahina-Sud.Manandriana, 110 à 120 m³/s le cas plus défavorable de crues moins violentes mais se succédant à quelques jours d'intervalle. C'est ainsi que du 18 février au 8 mars 1941, période des plus hautes eaux connues de 1939 à 1944, trois crues successives ont dû atteindre à Tsiazompaniry :

10 février	:	70 m ³ /s
28 "	:	70 "
7 mars	:	60 "

Durant ces trois semaines, et par comparaison avec les débits enregistrés à Antelomita, le volume roulé par la Varahina-Sud et la Manandriana a été estimé à :

$$70 \times 10^6 \text{ m}^3$$

suivant le débit permanent de restitution maximal admis q , le volume à emmagasiner V aurait été de :

q m ³ /s	$V \times 10^6$ m ³
10	53
15	45

.../...

Pendant cette même période, le volume retenu dans le réservoir de Mantasoa a été de 23×10^6 m³, ce qui, compte tenu du rapport des bassins versants, confirme l'estimation précitée.

Le débit de l'Ikopa au Pont de Mahitsy a oscillé entre 170 et 205 m³/s.

CHAPITRE V

=====

C O N C L U S I O N

=====

Il ressort de cette étude que l'Ikopa est un cours d'eau d'un intérêt vital pour la région de Tananarive, tant au point de vue source d'énergie hydro-électrique qu'au point de vue agricole.

Son régime tropical présente cependant deux graves inconvénients :

- étiages rigoureux ayant une répercussion sur l'exploitation des usines d'Antelomita et sur les irrigations
- crues pouvant entraîner des inondations de rizières par ruptures de digues ou transformer en marais inutilisables toute une zone de la plaine.

Ces inconvénients, déjà atténués par Mantasoa, pourraient presque disparaître en réalisant le projet de Tsiazompaniry et en exploitant judicieusement les deux réservoirs. Ces conditions d'exploitation pourraient d'ailleurs dépendre de l'aménagement d'une usine à Tsiazompaniry.

Il faut, enfin, rappeler que les possibilités d'équipement des chutes de Farahantsana ne pourraient être précisées qu'une fois connu le programme de vidange des deux réserves.

Janvier 1950

A N N E X E S
=====

REPertoire des ANNEXES

=====

- I : Tableau des bassins versants partiels
- II : Tableau des stations météorologiques
- III : Tableau de la fréquence des vents au sol à Tananarive
- IV : Tableau de la pluviosité annuelle pour 14 stations du bassin supérieur de l'Ikopa
- V (1 à 14) : Relevés pluviométriques mensuels
- VI (1 à 12) : Courbes isohyètes mensuelles du bassin supérieur de l'Ikopa
- VII : Abaque donnant l'évaporation journalière en fonction de la température moyenne et de l'humidité relative
- VIII : IX - X : Stations de jaugeage de Tsiacompaniry
du Pont de Mahitsy
de Bevomanga
- 1 - Fiche de renseignements
- 2 - Profil en travers
- 3 - Résultats des jaugeages
- 4 - Courbe d'étalonnage de l'échelle limnimétrique
- XI (1 à 4) : Pluviosité moyenne sur les bassins versants
de la Varahina-Sud à Tsiacompaniry
de l'Ikopa à Antelomita
de l'Ikopa au Pont de Mahitsy
de l'Ikopa à Bevomanga
- XII : Débits mensuels de l'Ikopa mesurés à Antelomita 1939-44
- XIII : Lâchures mensuelles du réservoir de Mantasoa 1939-44
- XIV : Débits mensuels de la Varahina-Sud à Tsiacompaniry 1939-44
- XV : Débits mensuels de l'Ikopa à Bevomanga 1939-44

.../...

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

=====
 Bassins versant en km²
 (d'après la carte au 1/500.000)

N°	Désignation des bassins	Longueur en km.		Bassins versants	
		Affluents	Ikopa	partiels	cumulés
1	Varahina-Nord à Mantasoa	-	-	96	-
	- de Mantasoa au confluent de l'Ikopa	14	-	163	-
2	Varahina-Sud à Tsiacompaniry (1)	40	-	283	-
3	Manandriana à Tsiacompaniry(1)	17	-	53	-
4	Varahina-Sud à Tsiacompaniry au confluent de l'Ikopa	50	-	455	1.050
5	Ikopa, du confluent des Varahina à Antelomita	-	6	130	1.180
6	Ikopa, d'Antelomita au Pont de Mahitsy	-	48	600	1.780
	- du Pt de Mahitsy au confluent de la Sisaony	-	12	55	1.835
7	Mamba	46	-	282	2.117
8	Sisaony	105	-	827	2.944
	Ikopa du confluent de la Sisaony au confluent de l'Andromba	-	7	37	2.981
9	Andromba - Katsoaka	102	-	1.201	4.182
	Ikopa du confluent de l'Andromba à Bevomanga	-	0,7	8	4.190
10	Ikopa de Bevomanga à Farahantsana	-	11,5	180	4.370
			85	4.370	

(1) Bassins versants levés en Octobre 1948 et Juillet 1949 par le Bureau Géologique de Madagascar.

BASSIN SUPERIEUR de l'IKOPA

Stations Pluviométriques

Stations	Coordonnées géographiques	Alt. m	Bassins versants intéressés	Observations
Mantasoà	19°01 S 47°50 E	1.360	Varahina-Nord	(1)
Ambatolaona	18°55 47°53	1.367	"	
Ambondrona	19°23 47°48	1.550	Varahina-Sud	(1)
Ambohimiadana	19°13 47°47	1.525	"	
Antelomita	19°02 47°42	1.306	Ikopa	(1)
Carion	18°55 47°52	1.344	"	(1)
Tananarive-Palais	18°55 47°32	1.433	Plaine de Tananarive	
Soamanjaka	18°54 47°25	1.300	"	(1)
Ambohidratrimo	18°48 47°27	1.300	"	
Mahitsy	18°44 47°21	1.278	"	
Ambohidrabiby	18°46 47°37	1.457	Mamba supérieure	(1)
Andramasina	19°12 47°36	1.350	Sisaony "	(1)
Behenjy	19°12 47°30	1.377	Andromba "	
Miantsoarivo	19°12 47°25	1.403	Katsoaka "	

(1) séries incomplètes.

BASSIN SUPERIEUR de l'IKOPA

Fréquence des vents au sol (%)
à Tananarive (1)

Mois	N	NE	Alizé		S	SO	Mousson		Calme
			E	SE			O	NO	
IX	1	2	46	40	2	-	3	6	-
X	2	4	54	24	1	2	5	4	4
XI	2	5	61	16	1	3	7	4	1
XII	4	5	40	20	1	3	10	14	3
I	9	3	40	21	1	2	9	10	5
II	3	6	40	21	2	2	6	17	3
III	3	2	41	23	-	1	10	16	4
IV	-	1	62	23	-	-	5	5	4
V	2	1	49	29	-	-	6	8	5
VI	5	3	38	39	-	-	5	7	3
VII	1	2	46	41	-	-	2	5	3
VIII	1	1	52	40	-	-	2	2	1
Moyenne	2,7	3	47,4	28,1	0,7	1,1	5,8	8,2	3
		5,7		75,5		1,8		14	3
saison des pluies	8		65		3		21		3
saison sèche	4		83		1		9		3

(1) Extrait de la "Notice Climatologique Succincte de Madagascar"
J. RAVET 1948

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA
Pluviosité annuelle en mm

Stations	Moyenne 1938-48	Année Maximale	Année Minimale	Rapport à la moyenne		Année 1948-49
				Année Max.	Année Min.	
Mantasoà	1.520 (1)	1.961	1.193	1,29	0,79	1.486
Ambatolaona	1.819	2.197	1.410	1,20	0,78	2.020
Ambondrona	1.492 (1)	1.939	1.184	1,30	0,79	1.202
Ambohimiadana	1.423	1.741	1.192	1,22	0,84	1.487
Antelomita	1.104 (1)	1.583	872	1,43	0,79	1.130
Carion	1.214 (1)	1.539	881	1,27	0,73	1.290
Tananarive- Palais	1.293	1.995	847	1,54	0,66	891
Soamanjaka	1.288 (1)	1.644	800	1,27	0,62	incomplet
Ambohidratrimo	1.287	2.169	902	1,68	0,70	914
Mahitsy	1.414	1.829	1.207	1,29	0,85	1.046
Ambohidrabiby	1.507 (1)	2.144	859	1,42	0,57	incomplet
Andremasina	1.246 (1)	1.660	936	1,33	0,75	1.095
Behenjy	1.365	1.718	830	1,26	0,61	815
Miantasoarivo	1.495	1.804	948	1,21	0,63	985

(1) Séries incomplètes.

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Relevés pluviométriques en mm

Station : Mantasoa { 19°01 S
 { 47°50 E 1.360 m.

Mois:	1938/39:	39/40:	40.41:	41/42:	42/43:	43/44:	44/45:	45/46:	46/47:	47/48:	Moyennes:	48/49:	Jours de pluie
IX:	22	18	10	28	30	33	21	12	29	-	22	28	14
X:	36	64	85	118	104	16	71	66	-	-	70	108	17
XI:	124	199	68	76	272	2	179	92	-	-	127	191	15
XII:	203	739	505	148	208	493	341	180	250	-	352	195	13
I:	314	233	286	337	348	90	169	201	258	-	247	124	14
II:	421	326	411	200	244	269	327	373	-	253	321	216	20
III:	418	194	196	78	165	374	85	142	211	145	207	391	25
IV:	39	75	40	41	56	105	81	46	117	37	60	58	19
V:	30	34	32	22	6	35	21	30	32	51	26	78	17
VI:	19	12	19	25	25	21	1	5	-	36	16	54	13
VII:	29	27	28	61	33	100	16	28	-	65	40	36	17
VIII:	42	40	47	59	9	11	19	32	-	21	32	7	5
Totaux	1.697	1.961	1.727	1.193	1.500	1.549	1.331	1.207	-	-	1.520	1.486	189

N.B. - Observations manquantes ou annulées
(1) Totaux mensuels estimés.

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Relevés pluviométriques en mm

Station - Ambatolaona (18°55 S
47°53 E 1.367 m.

Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	45/46	46/47	47/48	Moyennes	48/49	Jours de pluie
IX	46	28	51	45	31	51	48	18	55	45	42	43	
X	49	30	98	121	121	9	75	83	125	52	76	125	
XI	169	163	23	138	293	2	201	97	285	66	144	191	
XII	283	526	396	229	233	344	383	311	245	273	322	222	
I	367	262	242	217	505	185	250	264	320	768	338	188	
II	323	463	413	315	280	251	436	383	333	383	358	280	
III	408	185	224	86	147	384	155	263	357	179	239	593	
IV	89	59	74	52	41	163	148	70	175	111	98	70	
V	56	24	28	24	10	52	35	84	61	42	42	140	
VI	32	15	16	37	48	51	3	41	81	38	41	68	
VII	33	51	43	74	40	153	33	49	51	81	61	100	
VIII	57	74	72	72	24	13	46	68	109	45	58	0	
Totaux	1.912	1.881	1.680	1.410	1.773	1.658	1.813	1.731	2.197	2.133	1.910	2.020	

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Relevés pluviométriques en mm

Station : Ambondrona (19°23 S 1.550 m.
(47°48 E

Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	45/46	46/47	47/48	Moyennes	48/49	Jours de pluie
IX	16	45	33	35	38	29	36	15	-	(20)	31	21	-
X	16	13	37	130	174	17	66	-	111	40	62	94	-
XI	127	196	67	42	305	0	176	-	228	88	125	114	12
XII	204	629	665	156	292	263	209	-	385	202	327	182	-
I	197	196	299	247	400	69	184	-	332	406	250	164	-
II	356	317	412	271	272	201	390	-	133	252	308	143	16
III	215	195	184	114	196	291	83	-	376	59	167	355	22
IV	22	48	36	78	37	71	201	48	42	33	66	45	11
V	36	35	57	55	(12)	46	35	58	8	55	41	25	10
VI	39	10	49	6	(17)	18	1	33	-	15	19	34	12
VII	50	80	(50)	47	22	171	45	45	-	38	63	22	6
VIII	28	95	50	45	14	8	1	26	-	(25)	33	3	1
Totaux	1.306	1.859	1.939	1.226	1.779	1.184	1.427	-	-	1.233	1.492	1.202	-

N.B. - Observations manquantes ou annulées
() Totaux mensuels estimés.

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Relevés pluviométriques en mm

Station : Ambohimiadana (19°13 S
(47°47 E 1.525 m.

Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	45/46	46/47	47/48	Moyennes	48/49	Jours de pluie
IX	7	25	17	32	21	14	13	12	6	4	15	41	16
X	4	59	74	180	119	46	55	91	97	31	76	117	16
XI	144	206	91	85	234	0	127	94	330	84	140	150	12
XII	200	622	369	100	233	352	302	102	295	154	279	186	15
I	317	253	318	365	308	111	166	119	192	747	290	194	12
II	356	262	439	255	168	254	328	427	142	353	298	162	19
III	266	155	258	81	133	283	82	234	319	109	192	456	23
IV	18	84	28	32	58	94	104	6	82	36	54	29	14
V	22	13	23	14	9	17	10	40	19	64	23	71	11
VI	23	4	39	4	8	28	0	4	14	20	14	37	16
VII	26	22	27	20	11	75	21	6	8	26	24	34	16
VIII	13	36	29	24	2	5	12	31	14	10	18	10	4
Totaux	1.396	1.741	1.712	1.192	1.304	1.259	1.220	1.246	1.518	1.638	1.423	1.487	172

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA
Relevés pluviométriques en mm

Station : Antelomita (19°02 S 1.306 m.
(47°42 E

Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	45/46	46/47	47/48	Moyennes	48/49	Jours de pluie
IX		-	8	14	2	6	4	10	(6)	7	12	9	
X		-	100	67	6	70	87	63	(40)	62	107	10	
XI		-	116	139	0,3	132	99	211	63	91	163	13	
XII		-	147	224	335	179	109	295	204	199	120	11	
I		-	270	486	75	167	197	277	723	320	46	11	
II		-	240	147	251	238	243	166	381	250	231	24	
III		-	62	119	177	99	89	260	75	103	369	22	
IV		8	18	69	52	63	16	40	31	42	16	11	
V		11	1	3	10	3	5	-	22	7	35	12	
VI		17	3	3	9	0,1	1	-	12	5	10	10	
VII		10	8	7	21	4	4	-	21	11	13	12	
VIII		17	13	2	3	4	18	-	5	7	8	3	
Totaux		-	986	1.280	941	965	872	-	1.583	1.104	1.130	148	

N.B. - Observations manquantes ou annulées
() Totaux mensuels estimés.

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA
Relevés pluviométriques en mm

Station : Carion

(18°55 S
(47°52 E 1.344 m.

Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	45/46	46/47	47/48	Moyennes	48/49	Jours de pluie
IX		-		6	12	5	3	3	7	Tr	5	14	-
X		-		81	90	11	89	51	59	21	57	155	-
XI		-		121	132	0	192	74	192	58	110	152	13
XII		-		121	279	305	308	85	278	180	222	115	-
I		-		286	441	40	172	267	292	775	325	71	-
II		-		331	186	228	343	294	145	288	259	300	-
III		-		59	148	132	124	188	245	133	148	394	-
IV		30		1	92	71	61	14	27	44	44	11	-
V		4		4	0	23	2	4	13	14	9	53	-
VI		14		12	4	29	0	8	17	8	11	16	10
VII		9		17	7	32	6	2	12	14	13	7	6
VIII		18		17	0,2	5	7	18	27	4	11	2	3
Totaux		-		1.056	1.391	881	1.307	1.008	1.314	1.539	1.214	1.290	-

N.B. - Observations manquantes ou annulées
() totaux mensuels estimé.

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Relevés pluviométriques en mm

Station : Tananarive - Palais (18°55 S
47°32 E 1.433 m.

Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	45/46	46/47	47/48	Moyennes	48/49	Jours de pluie
IX	(3)	19	10	7	16	3	4	4	5	1	7	11	7
X	1	43	67	69	49	21	102	53	106	33	55	76	8
XI	140	209	102	80	159	2	147	113	306	42	130	83	14
XII	156	491	411	123	282	323	335	129	211	189	265	95	12
I	334	154	371	284	481	94	193	126	344	554	294	40	8
II	293	135	561	211	122	150	259	459	135	254	258	327	23
III	362	166	396	104	172	106	166	160	152	149	193	187	19
IV	7	127	19	21	56	82	102	17	10	69	51	10	7
V	7	7	13	21	7	24	4	9	12	19	12	27	12
VI	9	5	24	8	3	23	2	18	9	10	11	6	9
VII	11	9	12	8	4	13	4	4	3	10	8	12	6
VIII	5	22	9	15	3	6	7	18	7	2	9	17	3
Totaux	1.328	1.387	1.995	951	1.354	847	1.325	1.110	1.300	1.332	1.293	891	128

N.B. - Observations manquantes ou annulées.
() Totaux mensuels estimés.

BASSIN SUPERIEURE DE L'IKOPA

Relevés pluviométriques en mm

Station = Soamanjaka { 18°54 S
47°25 E 1.300 m

Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	45/46	46/47	47/48	Moyennes	48/49	Jours de pluie
IX	0	33	8	6	25	0	0	0	Tr	Tr	6	-	-
X	4	18	63	88	-	3	131	87	133	43	55	70	6
XI	193	259	94	19	-	0	169	65	293	44	106	113	9
XII	221	378	390	117	-	189	230	206	333	211	243	157	7
I	269	265	292	207	518	87	253	267	410	694	291	182	-
II	323	126	582	255	101	254	171	585	332	215	314	-	-
III	444	158	130	112	172	198	246	192	-	90	196	-	-
IV	13	92	12	9	63	47	142	45	40	39	50	3	1
V	6	5	7	19	3	4	0	4	32	11	7	-	-
VI	3	0	17	7	0	15	0	Tr	Tr	Tr	5	Tr	0
VII	20	1	13	0	0	3	0	Tr	Tr	4	5	5	11
VIII	1	23	36	2	0	0	0	21	Tr	Tr	10	1	1
Totaux	1.497	1.358	1.644	841	-	800	1.342	1.472	-	1.351	1.288	-	-

N.B. - Observations manquantes ou annulées
() Totaux mensuels estimés.

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Relevés pluviométriques en mm

Station : Ambohidratrimo (18°48 S
47°27 E 1.300 m

Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	45/46	46/47	47/48	Moyennes	48/49	Jours de pluie
IX	0	12	7	3	11	0	0,	0	0,1	tr	3	4	4
X	1	24	95	67	35	16	104	58	64	49	51	108	8
XI	402	222	86	32	110	1	143	53	195	66	131	87	8
XII	184	369	596	163	175	121	240	120	166	183	232	97	8
I	334	255	380	341	426	139	227	178	423	504	321	93	-
II	305	155	639	349	151	307	159	455	130	269	292	297	-
III	385	113	278	88	117	235	149	194	156	113	183	167	-
IV	32	43	15	40	71	67	104	32	24	67	50	18	2
V	6	2	4	9	0	0	0,2	4	25	16	7	33	-
VI	0	3	19	12	1	15	0,2	5	2	3	6	2	1
VII	15	0,4	32	2	2	1	0,1	0,1	0,4	10	5	8	2
VIII	3	20	18	5	0,3	0,2	2	13	1	2	6	tr	0
Totaux	1.667	1.218	2.169	1.111	1.099	902	1.128	1.112	1.186	1.282	1.287	914	-

N.B. - Observations manquantes ou annulées
() Totaux mensuels estimés.

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA
Relevés pluviométriques en mm

Station : Mahitsy

(18°44 S
(47°21 E 1.273 m

Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	45/46	46/47	47/48	Moyennes	48/49	Jours de pluie
IX	2	9	16	3	19	1	0,4	2	5	tr	7	17	7
X	5	37	125	104	98	55	90	71	74	93	75	108	9
XI	191	285	78	71	180	7	119	48	213	63	125	150	10
XII	331	567	345	199	334	266	232	170	183	321	295	136	10
I	355	201	412	257	529	227	204	262	392	429	327	48	-
II	402	204	479	377	183	315	182	426	136	294	300	363	21
III	311	159	289	122	164	290	280	191	218	163	218	203	-
IV	20	51	2	41	48	56	98	24	28	16	38	3	1
V	8	3	1	4	2	11	0	1	19	5	5	(18)	-
VI	1	2	19	10	0	8	0	4	tr	2	5	tr	0
VII	21	0	41	5	4	9	0	0,2	tr	6	9	0	0
VIII	0,3	29	22	14	0	0,2	8	19	11	tr	10	0	0
Totaux	1.647	1.547	1.829	1.207	1.561	1.245	1.213	1.218	1.279	1.392	1.414	1.046	-

N.B. - Observations manquantes ou annulées
() Totaux mensuels estimés.

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOIA
Relevés pluviométriques en mm

Station : Ambohidrabiby

(18°46 S
47°37 E) 1.457 m

Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	45/46	46/47	47/48	Moyennes	48/49	Jours de pluie
IX	0	36	17	11	5	2	0	-	5	6	11	10	4
X	10	98	96	81	44	0,3	127	66	43	40	53	103	11
XI	117	238	94	71	109	0	254	91	323	46	136	-	-
XII	138	789	505	132	240	283	266	155	200	-	327	80	8
I	547	489	352	311	560	85	235	164	348	-	384	-	-
II	434	250	475	327	169	269	-	-	183	-	301	234	20
III	365	121	296	87	205	135	253	-	322	121	219	263	-
IV	2	68	16	20	101	48	65	-	14	74	38	29	6
V	5	3	4	7	3	15	-	-	22	34	8	20	-
VI	0	2	22	9	2	(9)	-	-	(7)	16	7	19	6
VII	17	10	5	2	3	(13)	-	1	(3)	14	8	17	8
VIII	12	40	22	10	1	0	-	17	18	3	15	10	2
Totaux	1.647	2.144	1.904	1.068	1.442	859	-	-	1.488	-	1.507	-	-

N.B. - Observations manquantes ou annulées
() Totaux mensuels estimés.

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Relevés pluviométrique en mm

Station : Behenjy

19°12 S

47°30 E

1.377 m

Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	45/46	46/47	47/48	Moyennes	48/49	Jours de pluie
IX	2	40	17	12	44	1	3	1	0	tr	12	34	8
X	2	93	84	64	91	12	76	51	112	64	65	92	8
XI	215	287	152	144	175	0	132	112	255	82	155	145	-
XII	200	440	485	148	235	265	346	198	267	193	278	85	-
I	298	235	224	298	334	75	125	257	353	574	277	56	5
II	281	191	335	326	117	241	269	397	180	309	265	137	-
III	396	210	325	96	186	111	302	160	190	92	207	213	-
IV	26	163	3	38	81	95	86	29	29	113	66	(9)	-
V	11	14	30	5	7	7	4	12	18	(15)	12	16	-
VI	18	12	15	4	2	13	0	10	2	(7)	8	11	2
VII	30	6	24	5	1	10	0	36	tr	3	12	13	1
VIII	9	12	24	14	1	0		23	tr	tr	8	4	2
Totaux	1.488	1.703	1.718	1.154	1.274	830	1.343	1.286	1.406	1.452	1.365	815	-

N.B. - Observations manquantes ou annulées
() Totaux mensuels estimés.

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOFA

Relevés pluviométriques en mm

(19°12 S
47°25 E 1.403 m

Station : Miantsoarivo

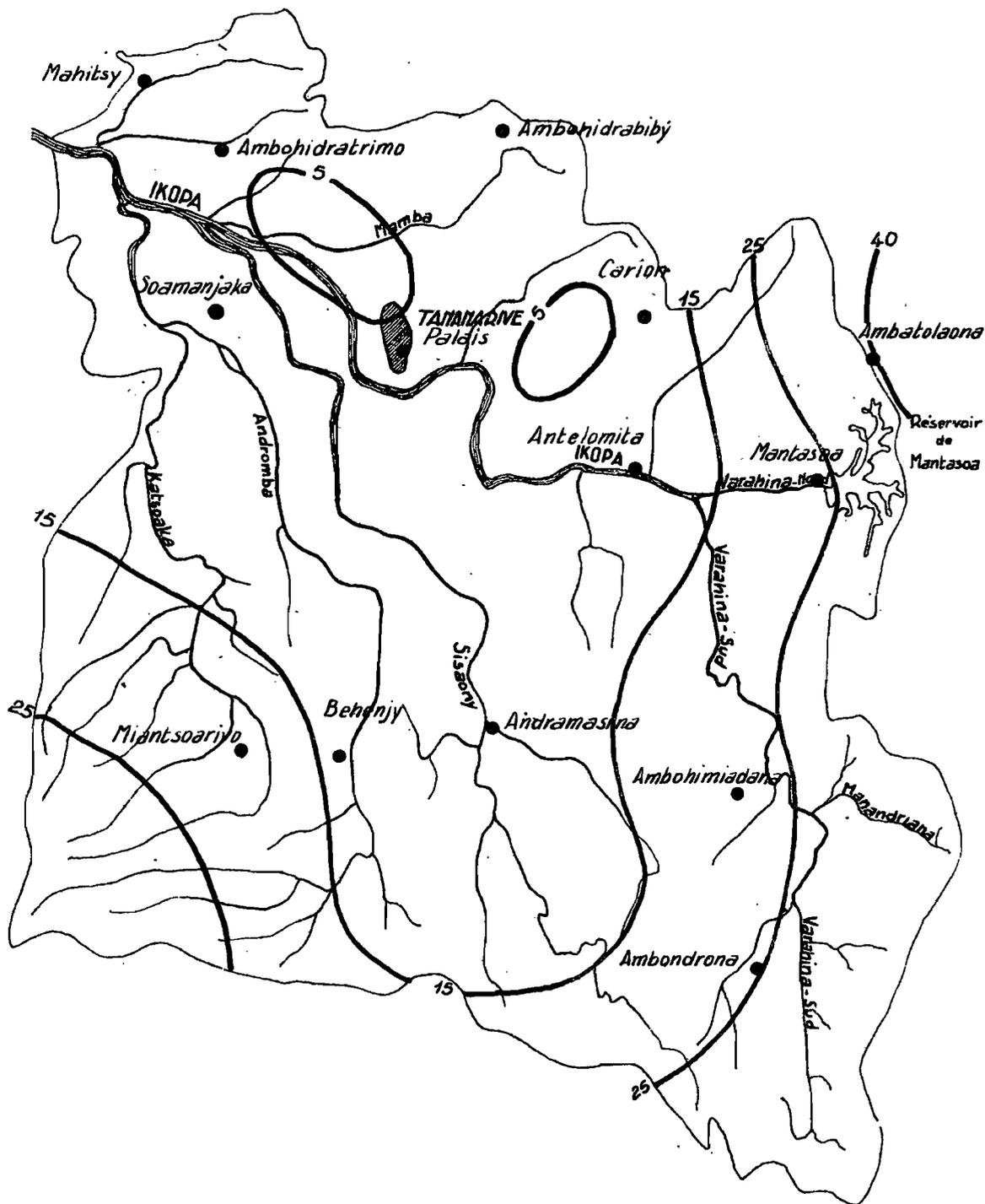
Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	45/46	46/47	47/48	Moyennes	48/49	Jours de pluie
IX	14	35	26	30	45	1	8	24	0,3	0,2	18	37	7
X	5	116	61	57	104	17	167	52	81	63	72	97	10
XI	151	241	141	120	204	3	111	91	315	78	146	80	-
XII	289	337	417	191	247	281	403	239	281	195	288	138	11
I	297	234	295	389	314	128	244	302	381	686	327	59	9
II	266	181	423	307	159	233	258	260	247	285	262	231	17
III	403	181	372	123	344	180	366	158	233	134	249	265	19
IV	41	191	3	60	161	74	100	46	62	142	88	10	4
V	21	12	7	14	4	12	10	6	54	32	17	30	7
VI	14	4	18	7	13	12	0	1	9	10	9	4	6
VII	28	3	(16)	7	2	6	0,2	2	1	20	9	26	4
VIII	8	43	25	9	1	1	1	(12)	1	2	10	8	1
Totaux	1.537	1.578	1.804	1.314	1.598	948	1.668	1.193	1.665	1.647	1.495	985	-

N.B. - Observations manquantes ou annulées
() Totaux mensuels estimés.

Bassin supérieur de l'IKOPA

Courbes isohyètes de Septembre

(Hauteurs des pluies en mm)



Échelle : 1/500.000

Extrait de "Atlas climatologique" J. Ravet

MAD1321

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des par : Le Pontois

Ver. par :

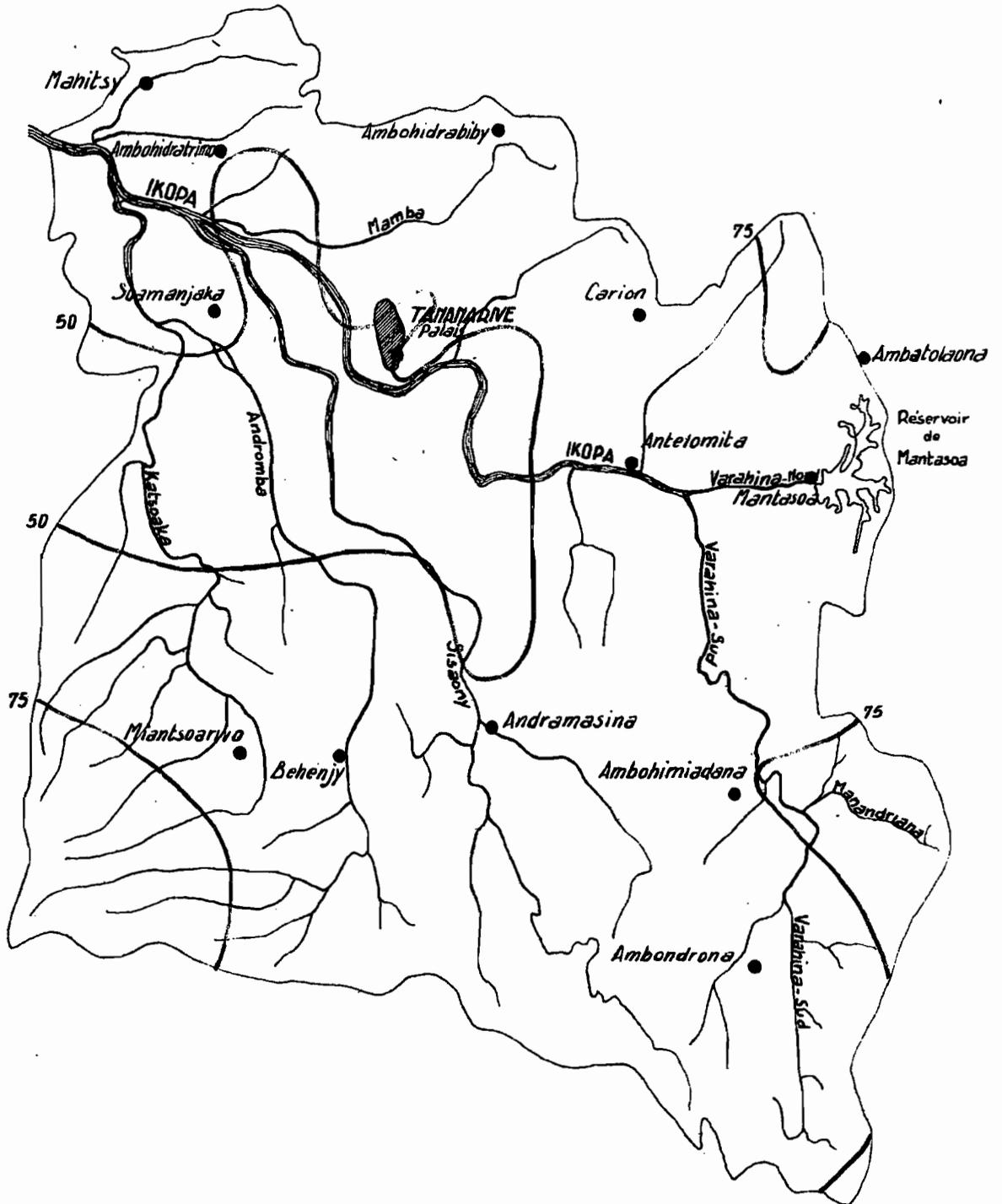
79

Date : 6

Bassin supérieur de l'IKOPA

Courbes isohyètes de Octobre

(Hauteurs des pluies en mm)



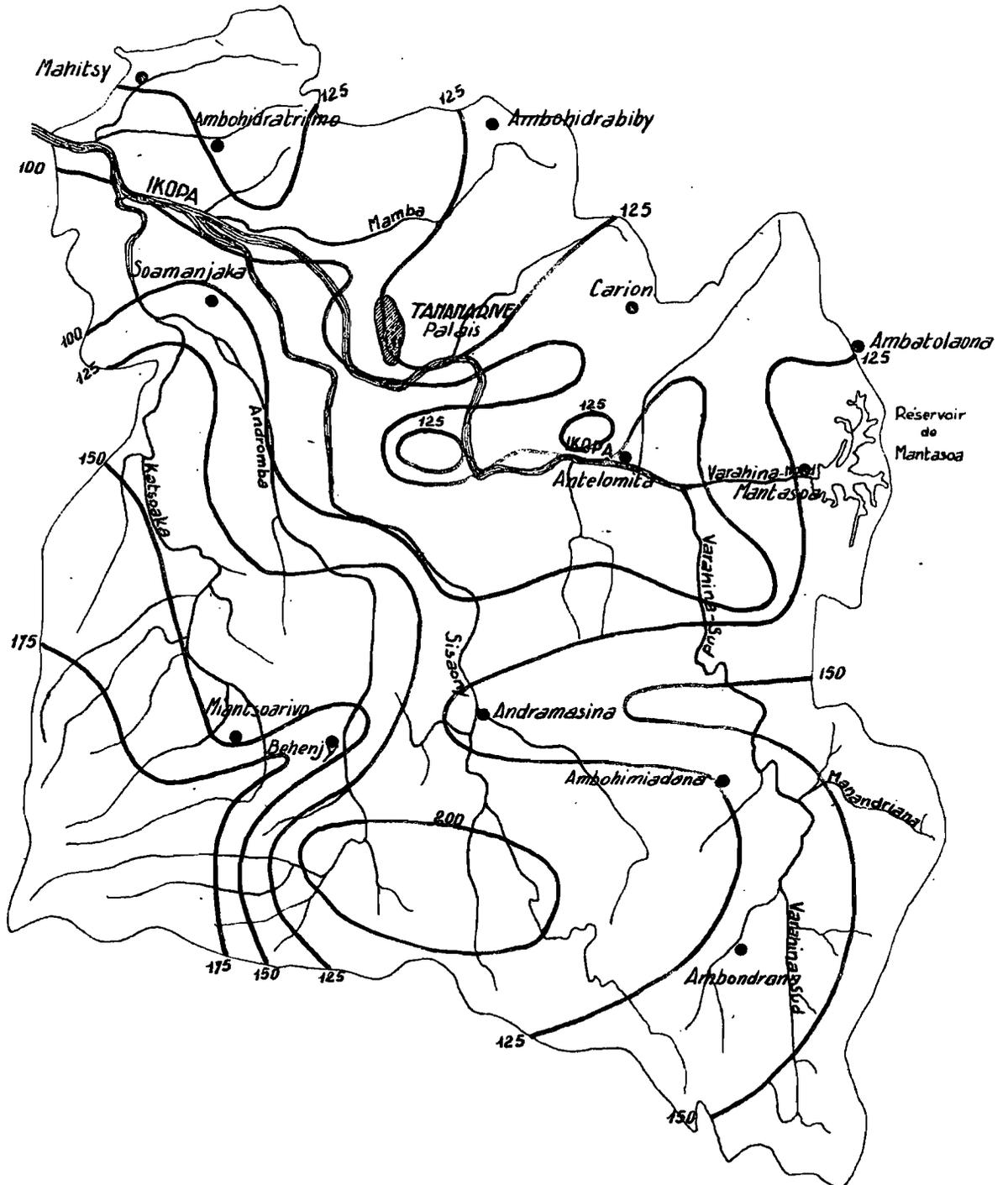
Échelle : 1/500.000 Extrait de "Atlas climatologique" J. Ravet

MAD1322	Editions	E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER		
		Des par : Le Pontois	Ver par : 73	Date : 6

Bassin supérieur de l'IKOPA

Courbes isohyètes de Novembre

(Hauteurs des pluies en mm)



Échelle : 1/500.000 Extrait de "Atlas climatologique" J. Ravet

MAD1323

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des par : Le Pontois

Ver. par :

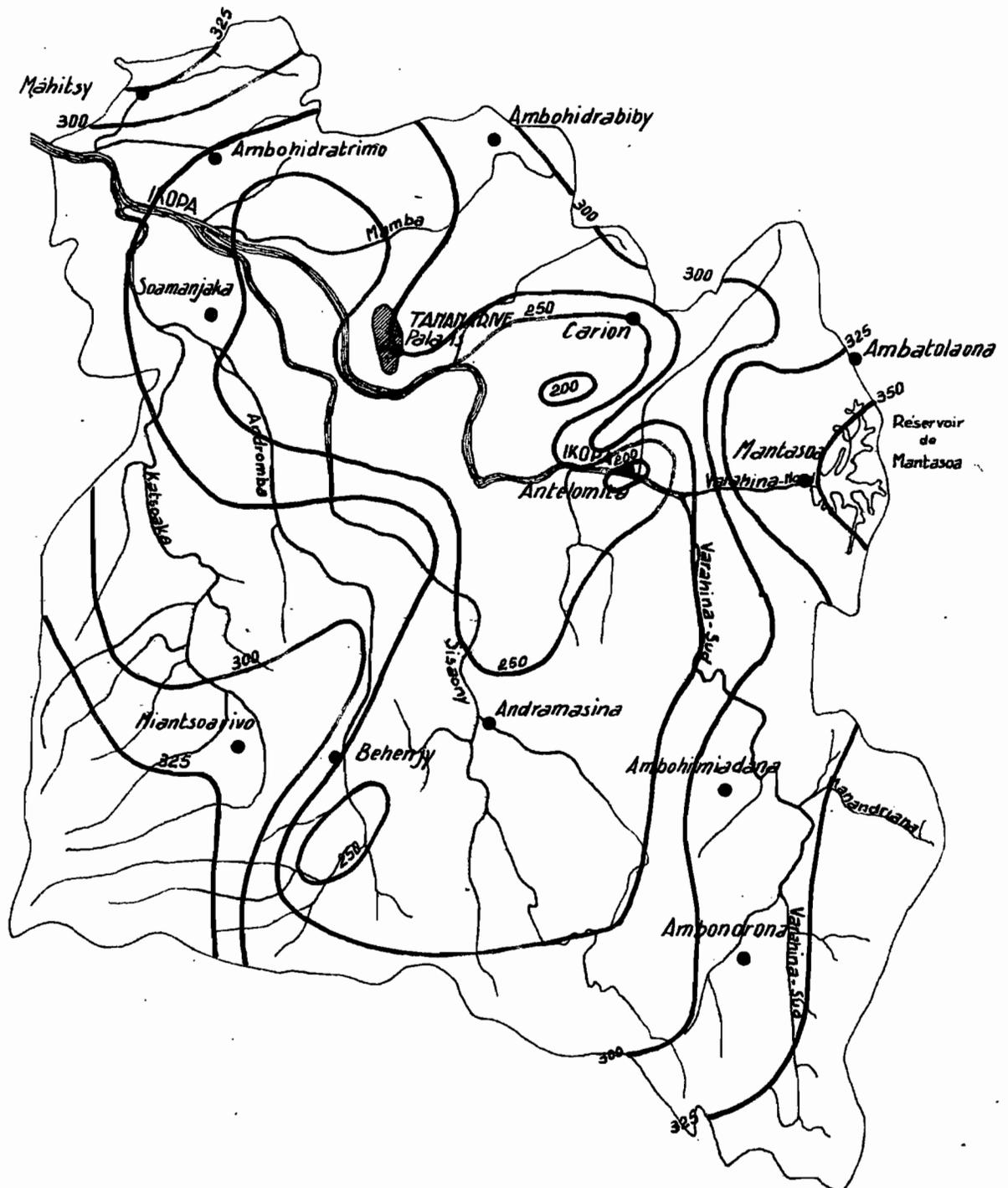
73

Date : 6

Bassin supérieur de l'IKOPA

Courbes isohyètes de Décembre

(Hauteurs des pluies en mm)



Échelle: 1/500.000 Extrait de "Atlas climatologique" J. Ravet

MAD1324

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des par: Le Pontois

Ver. par:

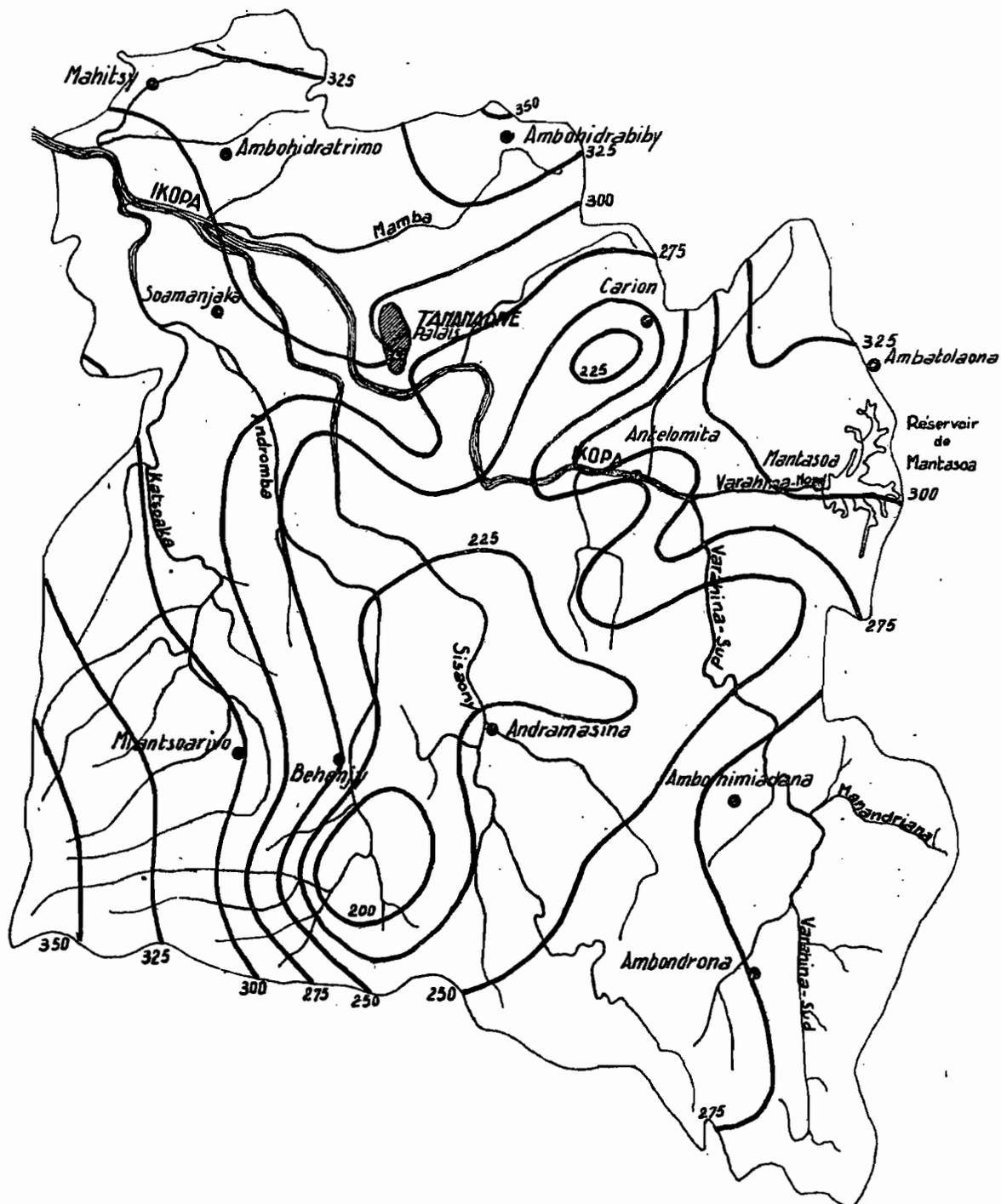
73

Date: 6

Bassin supérieur de l'IKOPA

Courbes isohyètes de Janvier

(Hauteurs des pluies en mm)



Échelle : 1/500.000 Extrait de "Atlas climatologique" J. Ravet

MAD1325

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des par : Le Pontois

Ver. par :

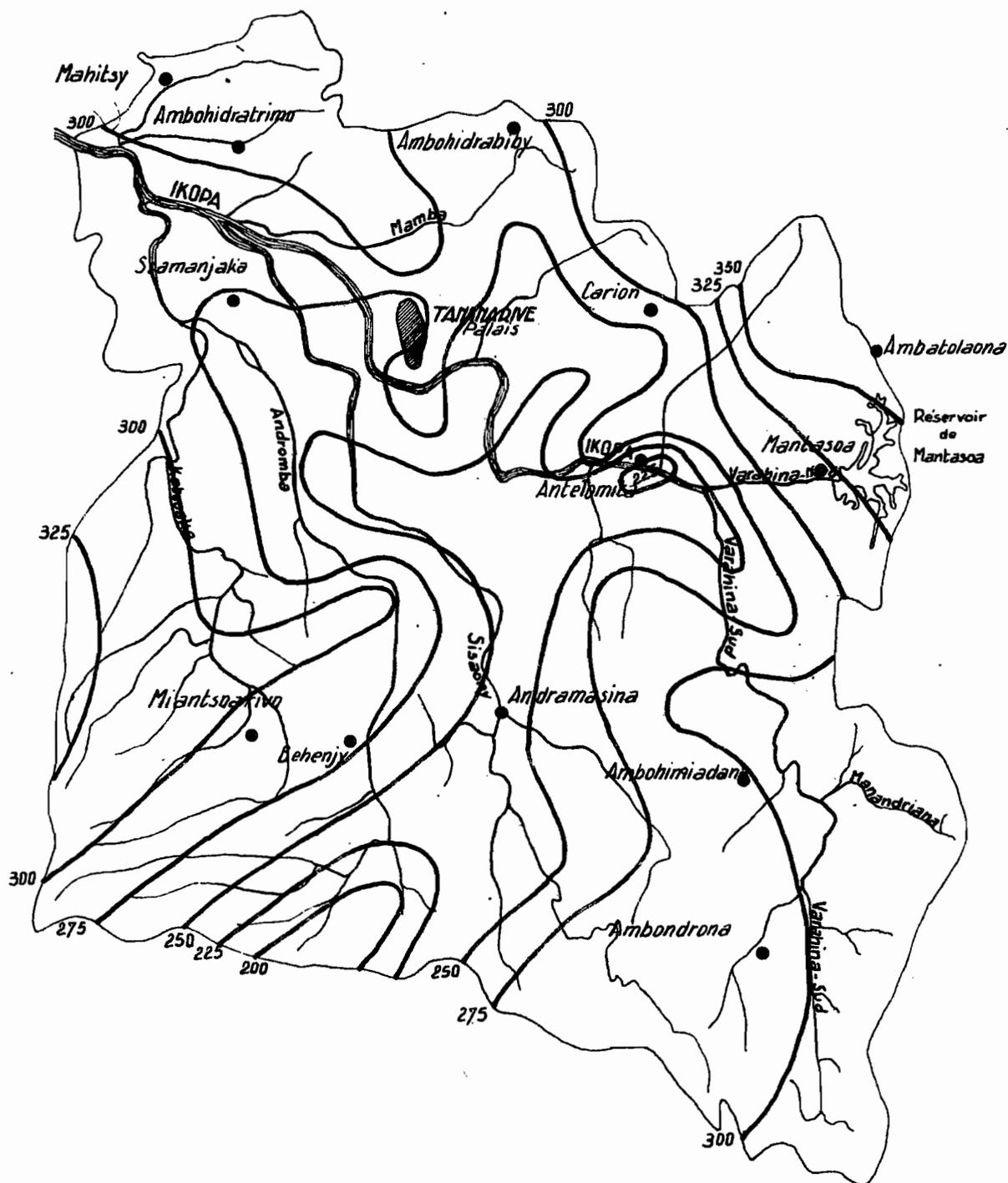
73

Date : 6

Bassin supérieur de l'IKOPA

Courbes isohyètes de Février

(Hauteurs des pluies en mm)



Échelle: 1/500.000

Extrait de "Atlas climatologique" J. Ravet

MAD 1326

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des par: Le Pontois

Ver. par:

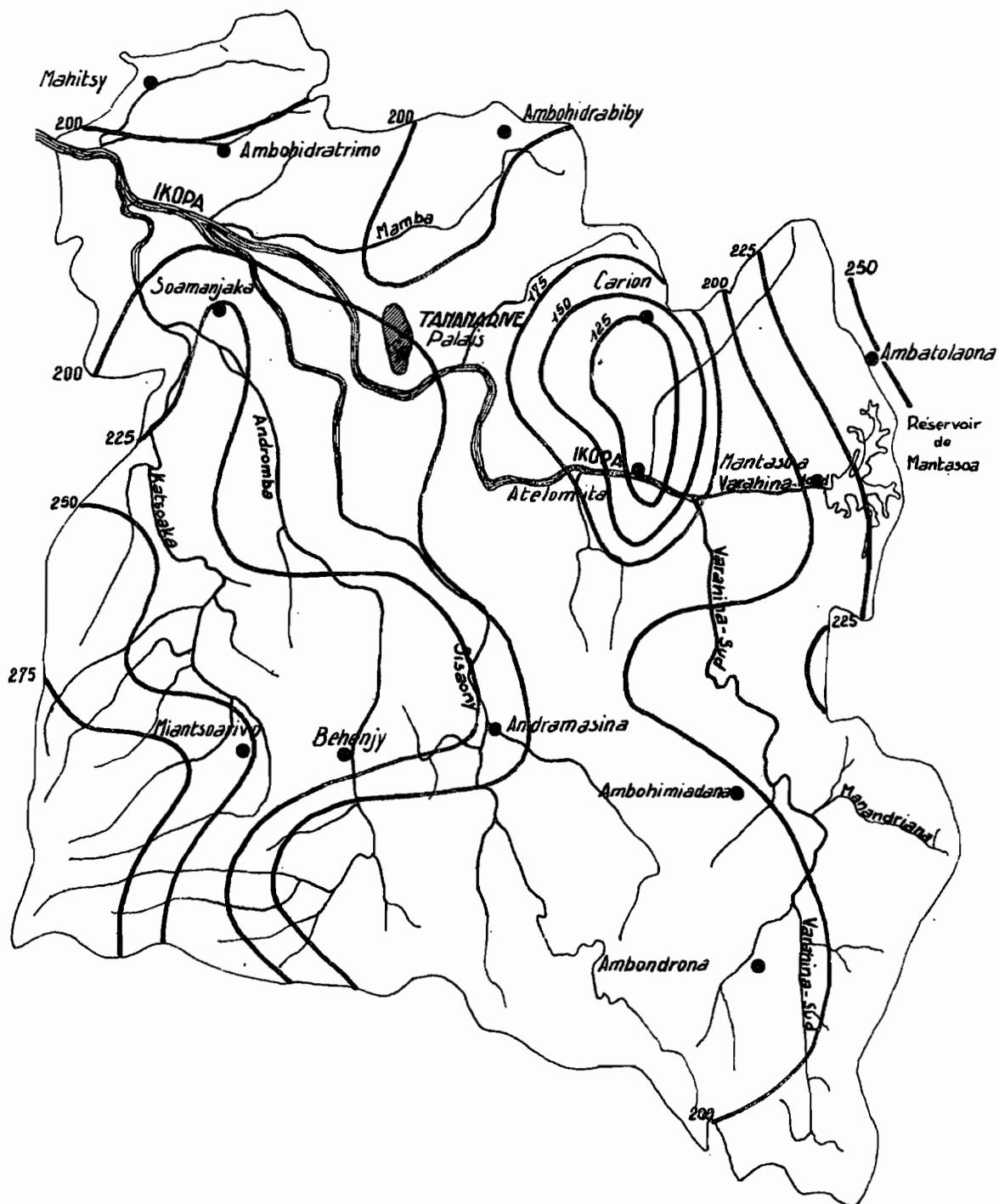
73

Date: 6

Bassin supérieur de l'IKOPA

Courbes isohyètes de Mars

(Hauteurs des pluies en mm)



Échelle : 1/500.000 Extrait de "Atlas climatologique" J. Ravet

MAD1327

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des par : Le Pontois

Ver. par :

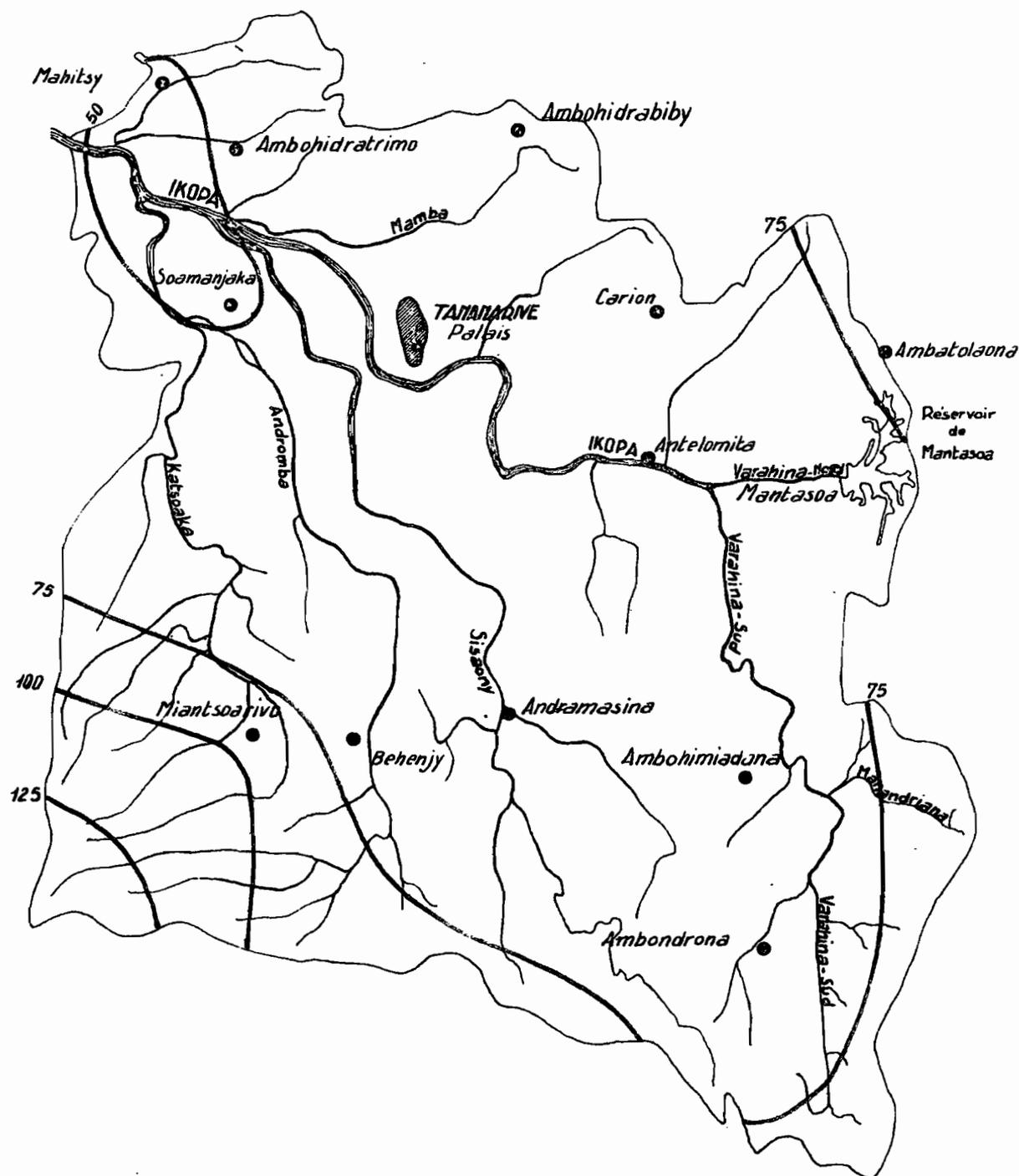
73

Date : le 26-1-50

Bassin supérieur de l'IKOPA

Courbes isohyètes de Avril

(Hauteurs des pluies en mm)



Échelle : 1/500.000

Extrait de "Atlas climatologique" J. Ravet

MAD 1328

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des par : Le Pontois

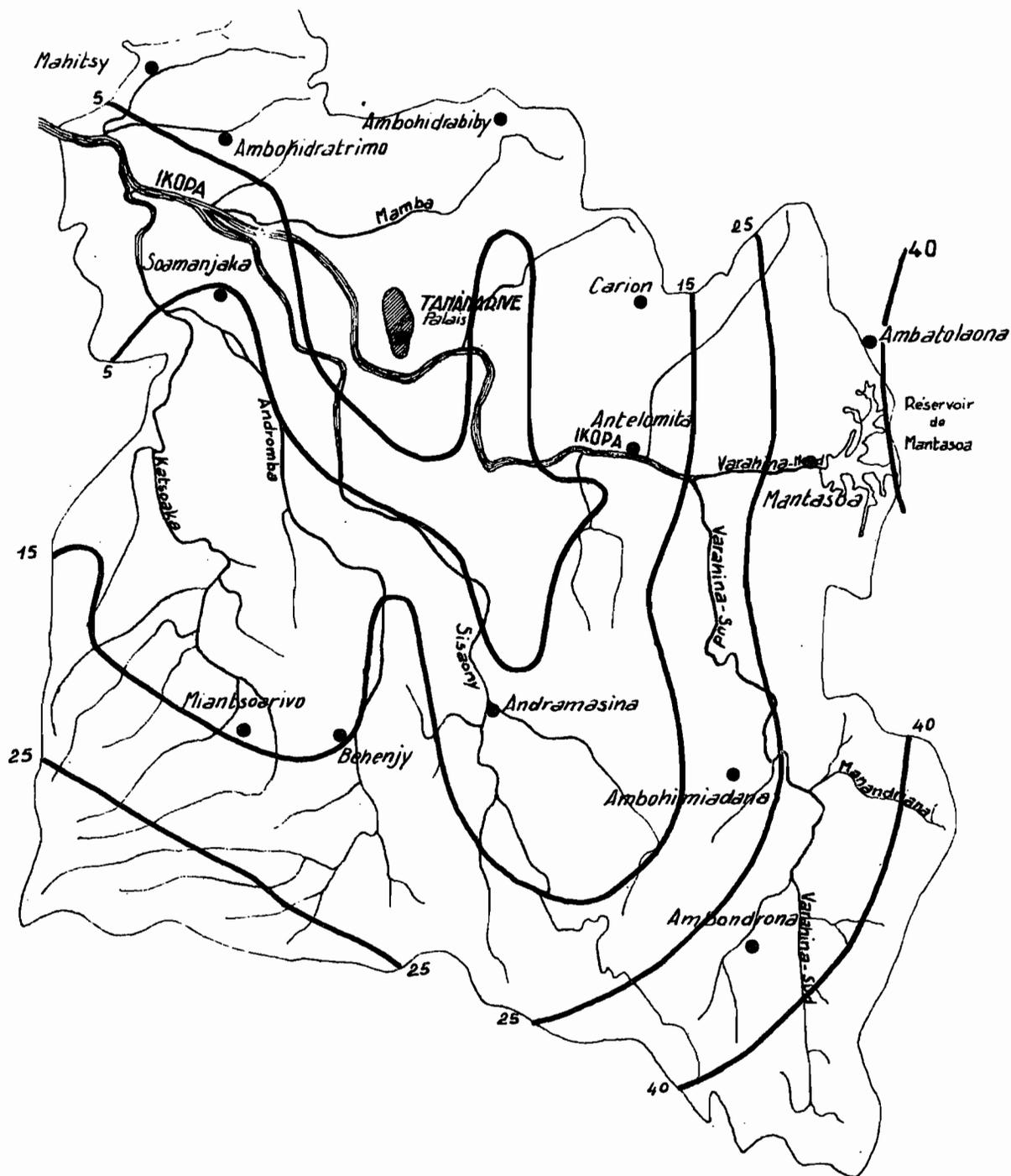
Ver. par :

73

Date : le 26-1-50

Bassin supérieur de l'IKOPA

Courbes isohyètes de Mai
(Hauteurs des pluies en mm)



Échelle: 1/500.000

Extrait de "Atlas climatologique" J. Ravet

MAD1329

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des par : Le Pontois

Ver. par :

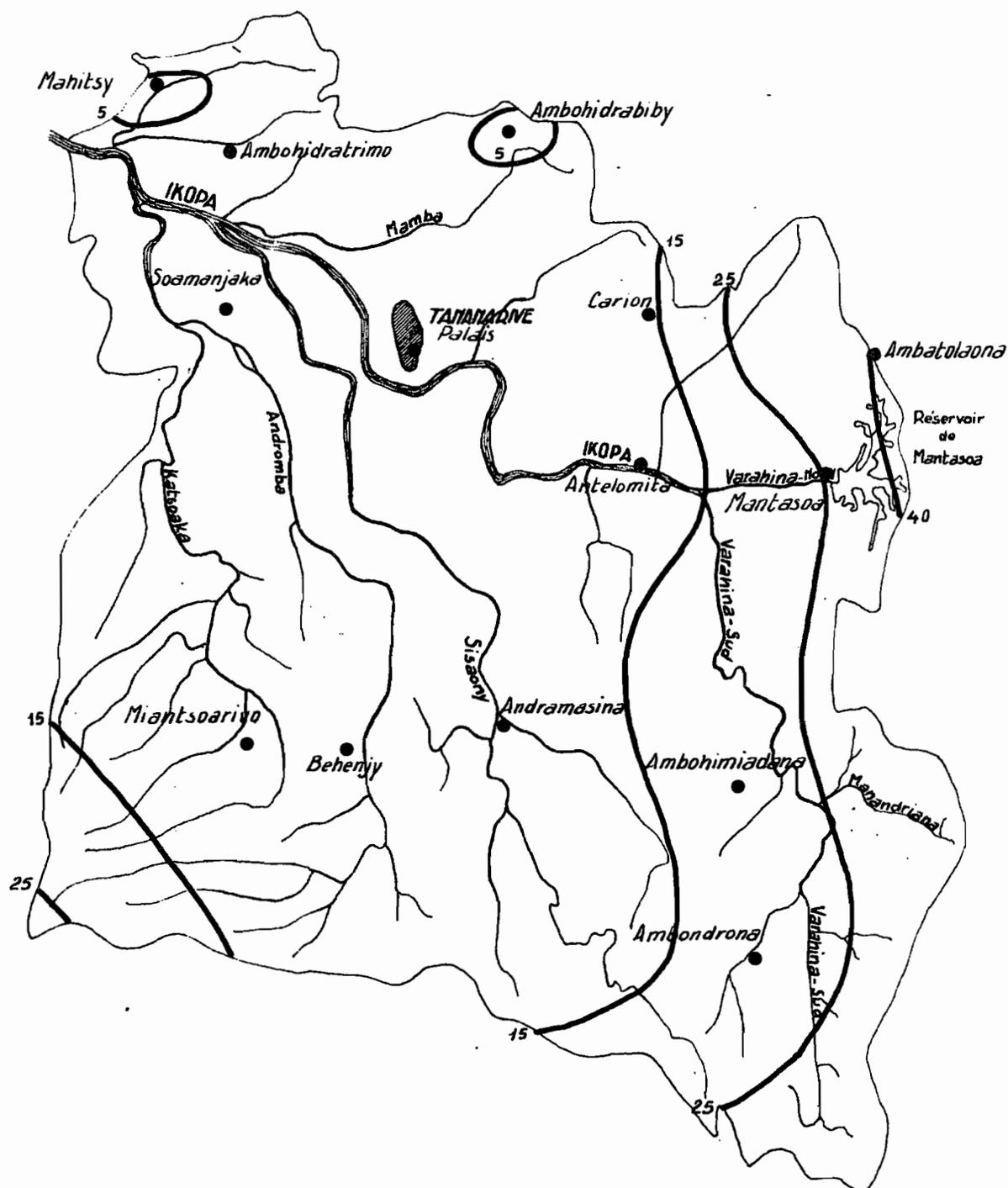
73

Date : le 26-50

Bassin supérieur de l'IKOPA

Courbes isohyètes de Juin

(Hauteurs des pluies en mm)



Échelle : 1/500.000 Extrait de "Atlas climatologique" J. Ravet

MAD 1330

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des par : Le Pontois

Ver. par :

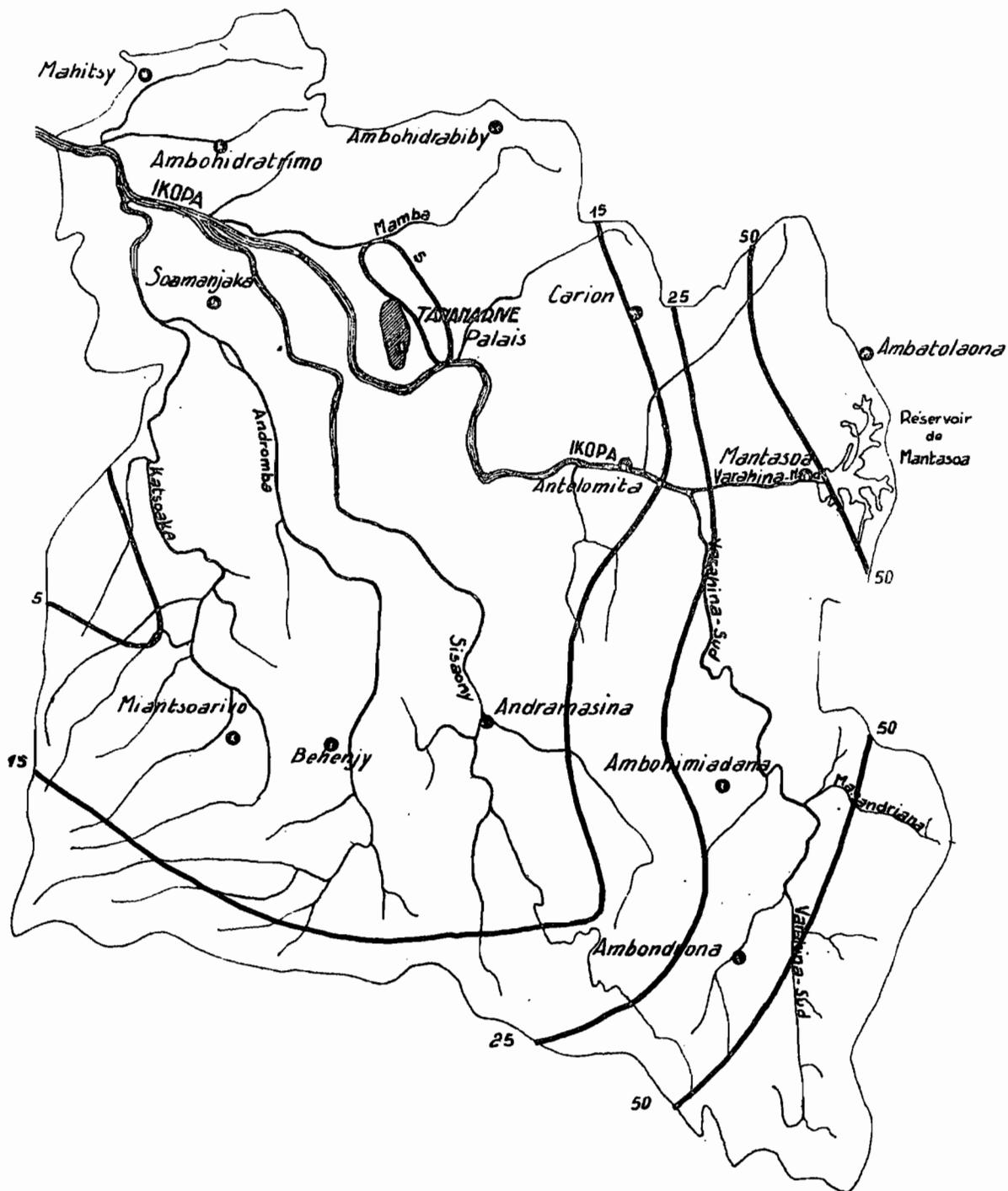
73

Date : le 26-1-50

Bassin supérieur de l'IKOPA

Courbes isohyètes de Juillet

(Hauteurs des pluies en mm)



Échelle: 1/500.000 Extrait de "Atlas climatologique" J. Ravet

MAD 1331

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des par: Le Pontois

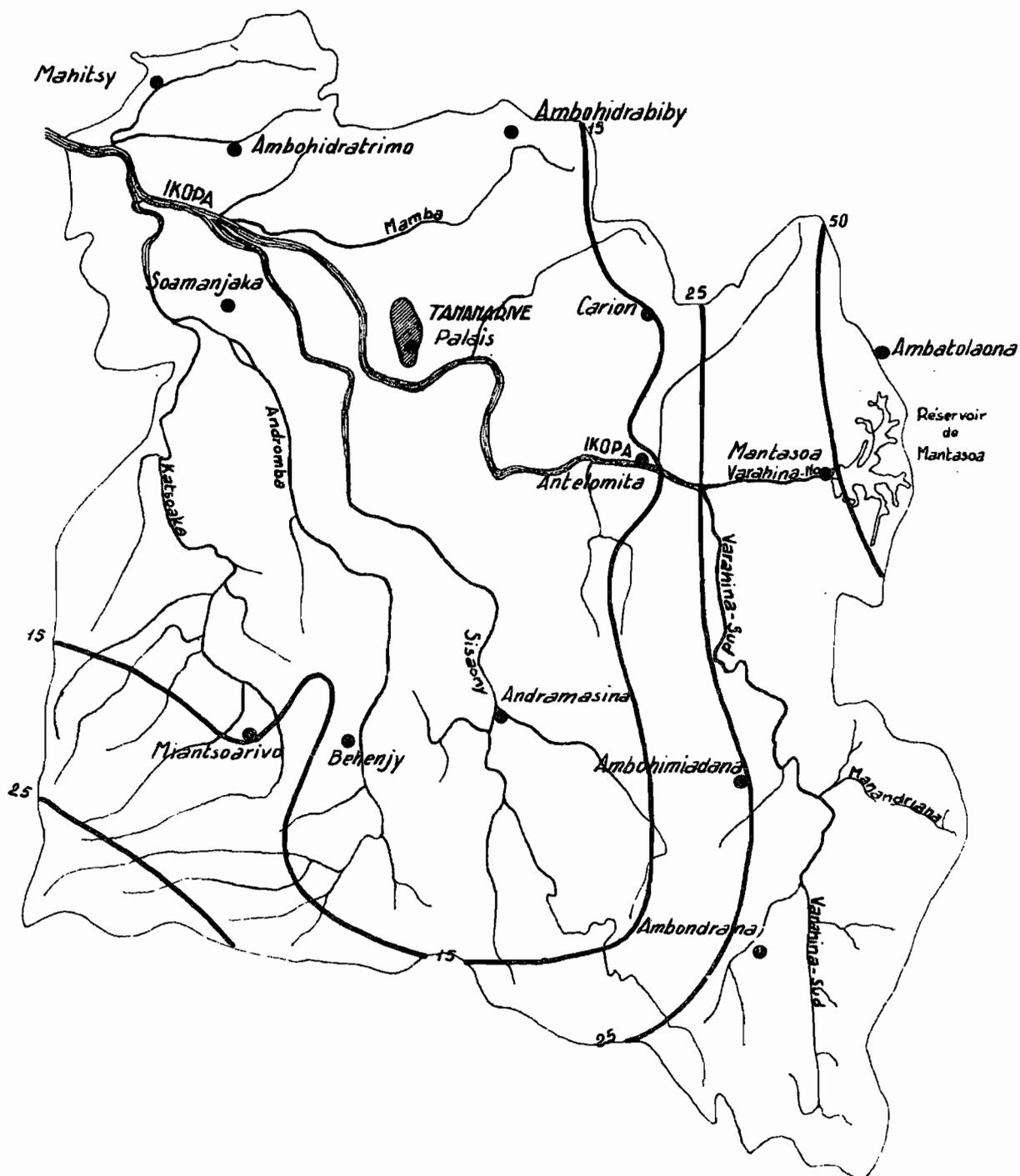
Ver. par:

73

Date: le 26-1-50

Bassin supérieur de l'IKOPA

Courbes isohyètes de Aouï (Hauteurs des pluies en mm)



Échelle : 1/500.000 Extrait de "Atlas climatologique" J. Ravet

MAD 1332

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des par : Le Pontois

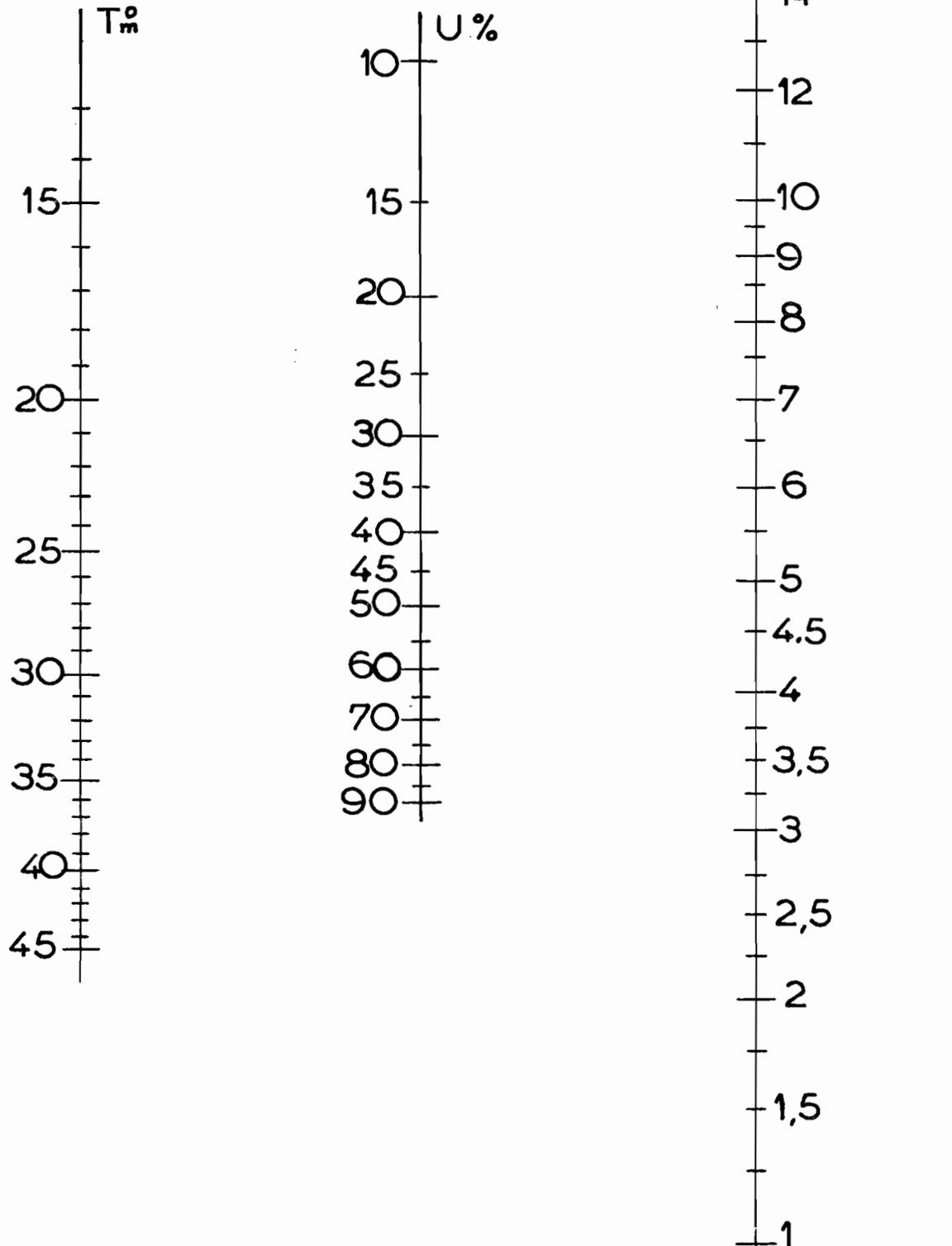
Ver. par :

73

Date : le 26-1-50

Bassin supérieur de l'IKOPA

Abaque pour la détermination de l'évaporation journalière en fonction de la température moyenne et de l'humidité relative.



MAD 1333

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des. par : Le Pontois

Ver. par :

73

Date : le 26/1-50

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Station de Jaugeage : Tsiazompaniry

Cours d'eau : Varahina-Sud

Situation : 19°15 S 47°50 E

échelle en R.D. à 200 m en aval de la première
chute à 1 h à pied de Tsiazompaniry

Accès : par route de Tananarive à Tsiazompaniry
par Manjakandriana et Ambohimiadana : 116 km

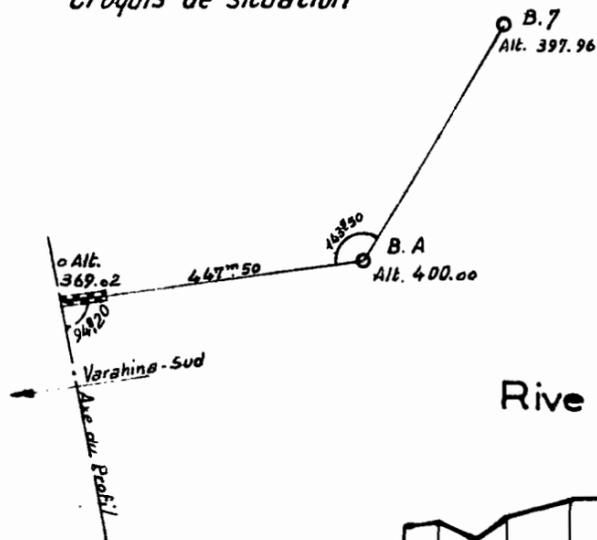
Nature du lit : fond : sable
berges : terre

Echelle : cote du zéro : 369,02 (référence : levés
E.D.F.)

Observateur : RANAIVO Gabriel à Tsiazompaniry.

--:--:--:--

Croquis de situation



Bassin supérieur de l'IKOPA

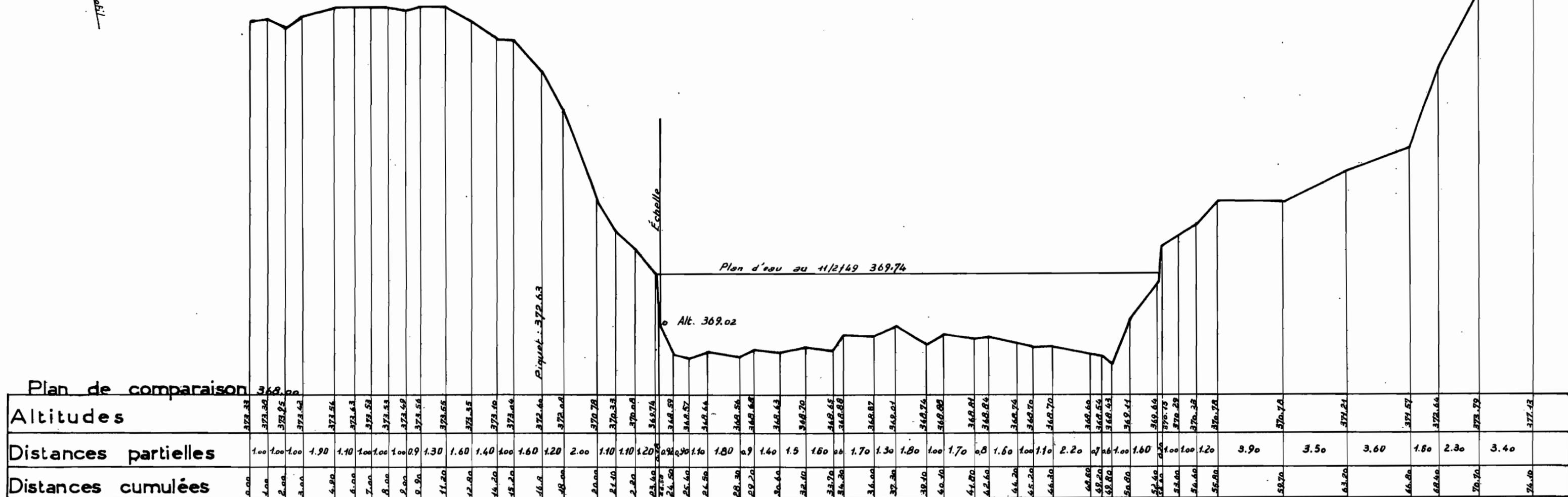
STATION DE JAUGEAGE DE TSIAZOMPANIRY

Profil en travers de la Varahina Sud au droit de l'échelle limnimétrique

ÉCHELLES { hauteurs 1/50
longueurs 1/200

Rive droite

Rive gauche



MAD 1334

Editions E.D.F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE MER
Des. par : Le Pontois Ver. par : 73 Date : le 26-1-50 0.15

Le 0.00 de l'échelle est rattaché au nivellement EDF

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPAStation de Jaugeage de Tsiacompaniry

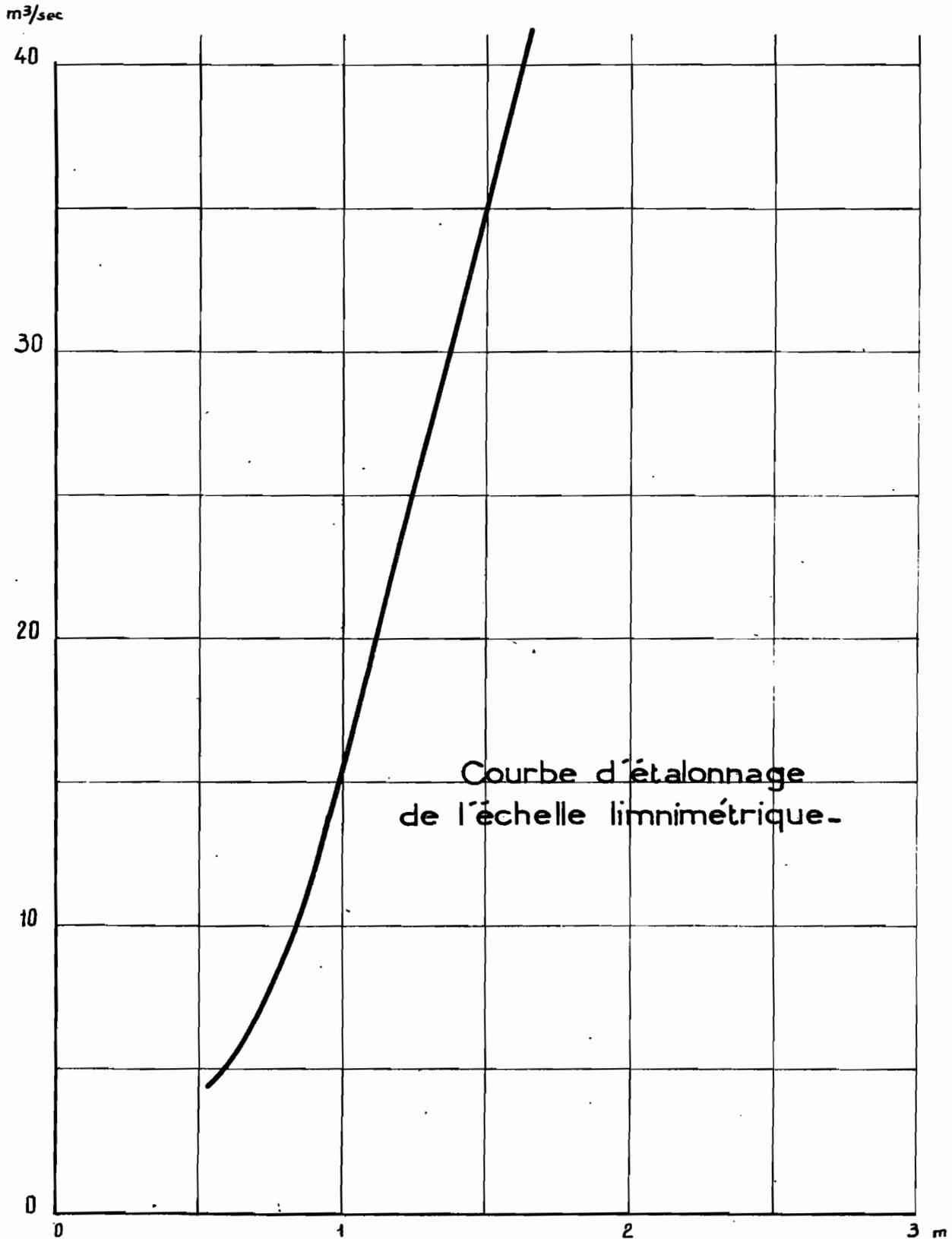
Jaugeages de la Varahina-Sud

N° (1)	Date	Cote m	Débit m ³ /s	Vm cm/s	Observations
7	23.6.48	0,74	7,4	27,6	
11	17.7.48	0,70	6,6	26,2	
15	27.8.48	0,64	5,6	23,7	
39	10.12.48	0,77	8,3	31,1	
43	12.1.49	0,85	10,1	36,0	
48	11.2.49	0,77	8,5	30,9	
62	10.3.49	1,58	38,0	74,9	
73	16.4.49	0,78	8,4	32	

(1) Numéro dans la série des jaugeages exécutés par la Mission à Madagascar.

Bassin supérieur de l'IKOPA

Station de jaugeage de Tsiacompaniry



MAD1335

Editions

E.D.F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des. par : Le Pontois

Ver. par :

73

Date : le 26-50

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Station de jaugeage : Pont de Mahitsy

Cours d'eau : Ikopa

Situation : 18°52 S 47°28 E
échelle en R.D. contre la première palée du
Pont

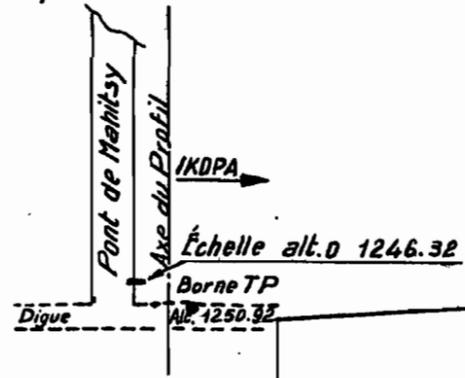
Accès : P.K.9 de la digue de l'Ikopa R.D.

Nature du lit : fond : sable
berges: digues en terre

Echelle : altitude du zéro : 1.246,32 (N.G.M.)

Observateur : Service Provincial des Travaux Publics.

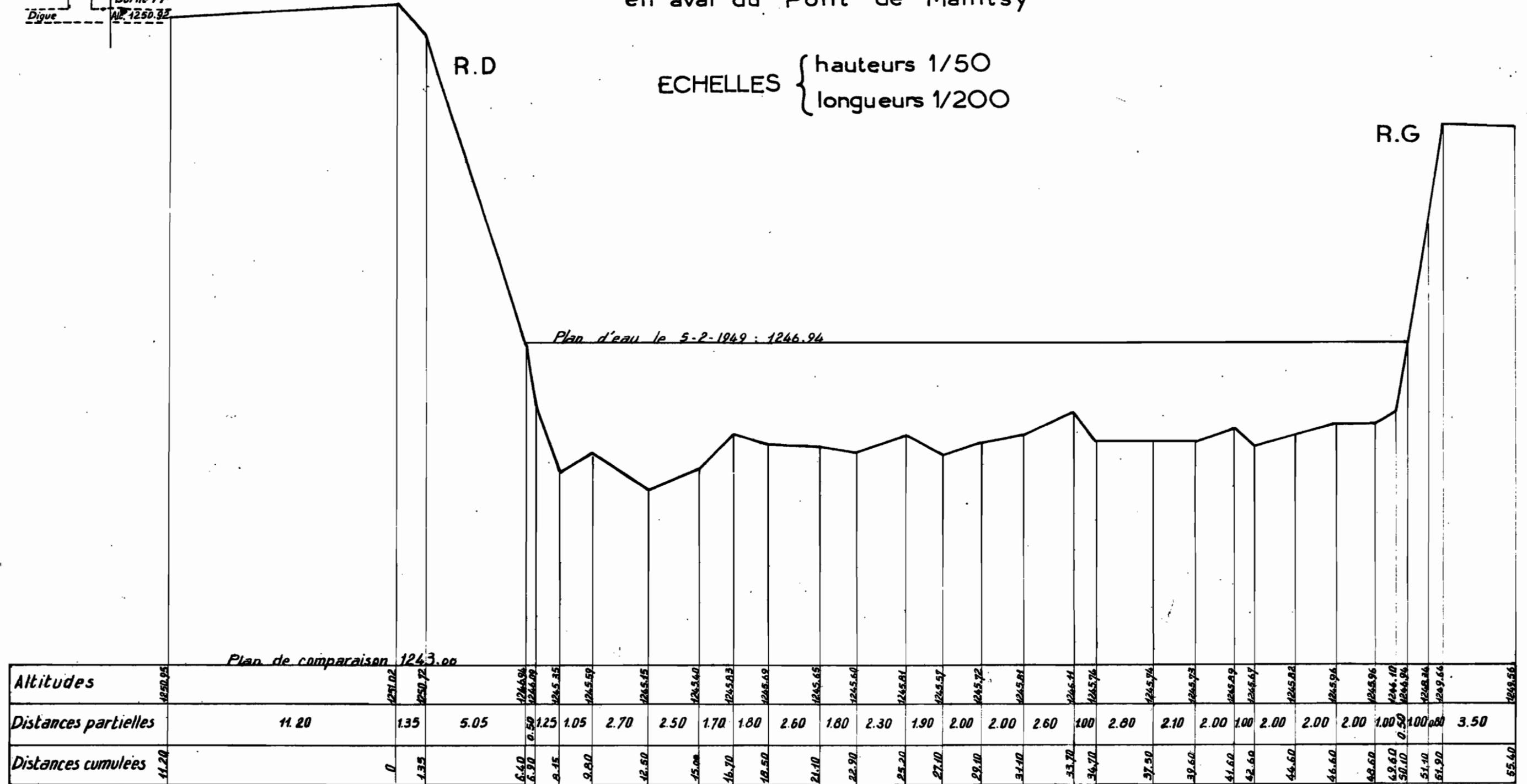
Croquis de situation



Bassin supérieur de l'IKOPA

Station de jaugeage du Pont de Mahitsy
Profil en travers de l'ikopa
en aval du Pont de Mahitsy

ECHELLES { hauteurs 1/50
longueurs 1/200



BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPAStation de jaugeages du Pont de Mahitsy

Jaugeages de l'Ikopa

N° (1)	Date	Cote m	Débit m ³ /s	Vm cm/s	Observations
1	8. 6.48	0,62	22,4	51,8	
9	28. 6.48	0,57	20,5	50,0	
16	31. 8.48	0,37	15,6	49,0	
20	24. 9.48	0,16	10,6	42,5	
41	28.12.48	1,37	47,2	56,3	
42	31.12.48	0,91	33,0	56,6	
47	7. 2.49	1,70	59,6	58	-vitesse mesurée en 1 point par verticale
65	12. 3.49	2,92	128,0	70,1	-dont 113 m ³ /s. dans le lit mineur
71	13. 4.49	1,14	40,6	56,5	-mesure faite du pont
78	10. 5.49	0,84	30,1	52,1	

(1) Numéro dans la série des jaugeages exécutés par la Mission à Madagascar.

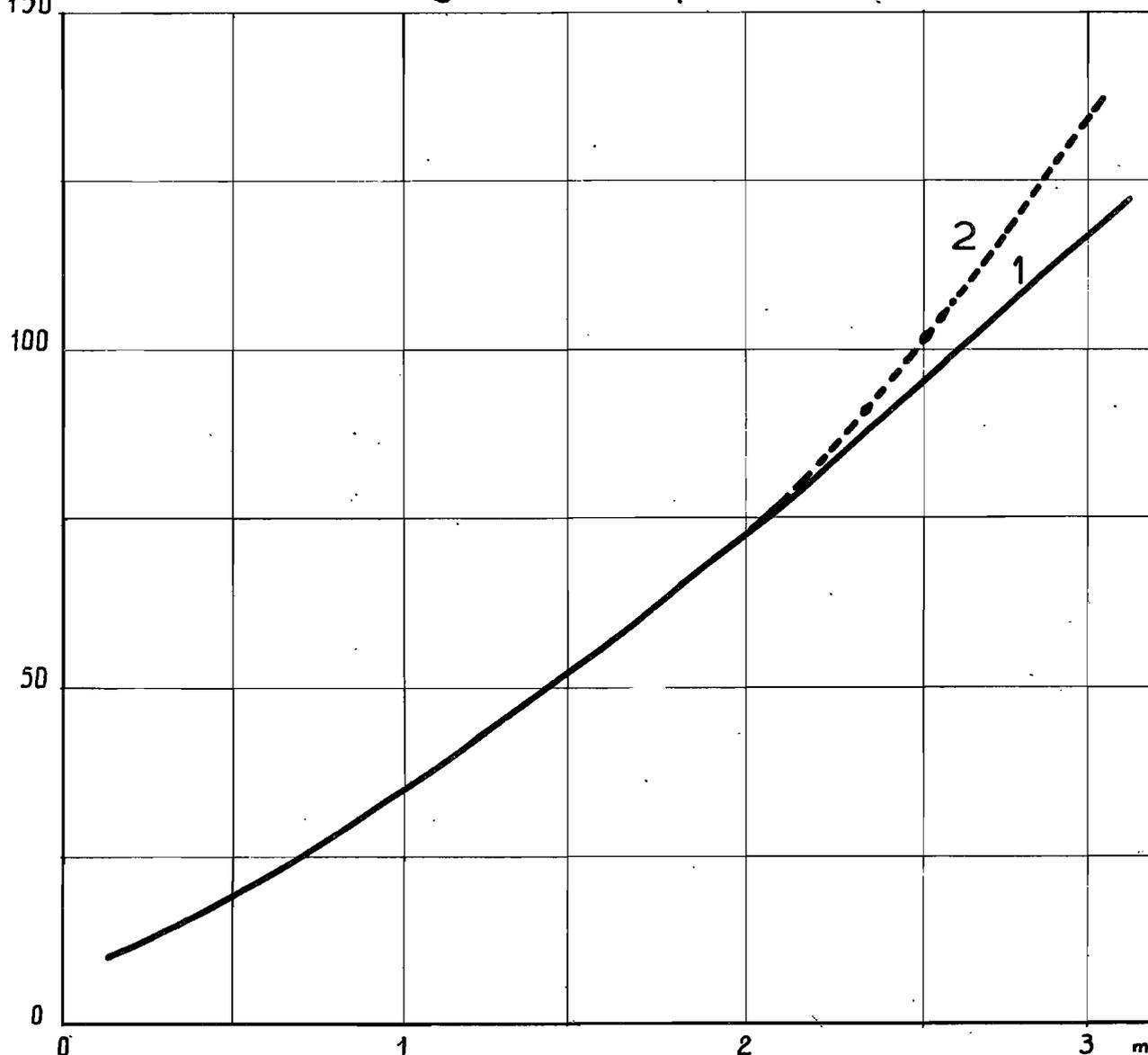
Bassin supérieur de l'IKOPA

Station de jaugeage du Pont de Mahitsy

Courbe d'étalonnage
de l'échelle limnimétrique

1. Lit mineur de l'ikopa
2. Lit majeur de l'ikopa

m^3/sec
150



MAD 1337

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des. par : Le Pontois

Ver. par :

73

Date : le 26-1-50

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Station de jaugeage : Bevomanga

Cours d'eau : Ikopa

Situation : 18°48 S 47°19 E

échelle en R.D. à 50 m en aval du passage de la
pirogue de Bevomanga

Accès : par route de Tananarive par Mahitsy : 44 km

Nature du lit : fond : sable et rocher

berges { R.D. digue en terre
R.G. terre

Echelle : altitude du zéro : 1.243,25 (N.G.M.)

Observateur : Service Provincial des Travaux Publics

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPAStation de jaugeage de Bevomanga

Jaugeages de l'Ikopa

N° (1)	Date	Cote m	Débit m ³ /s	Vm cm/s	Observations
10	5.7.48	0,42	41,4	44,6	
14	24.8.48	0,25	31,2	42,0	
23	26.9.48	0,14	23,7	36,3	
44	19.1.49	0,57	49,0	56,9	
49	16.2.49	1,03	88,2	64,6	
60	8.3.49	0,81	69,5	58,9	
64	11.3.49	2,40	231,0	85,0	
74	18.4.49	0,75	64,0	57,6	

(1) Numéro dans la série des jaugeages exécutés par la Mission à Madagascar.

240 m³/sec.Bassin supérieur de l'IKOPAStation de jaugeage
de Bevomanga

200

150

100

50

0

0

1

2

3 m

Courbe d'étalonnage
de l'échelle limnimétrique

MAD 1339

Editions

E. D. F. SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Des. par : Le Pontois

Ver. par :

73

Date : le 26-50

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Pluviosité moyenne sur le bassin versant
de la Varahina-Sud à Tsiacompaniry

(mm par mois)

B.V. 283 km²

Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	Pluviosité moyenne	48/49
IX	18	34	30	36	30	27	29	26	33
X	18	35	64	148	141	27	64	71	109
XI	142	193	68	78	274	1	161	135	144
XII	218	606	493	148	257	307	281	307	192
I	279	232	295	288	384	109	190	284	181
II	349	324	423	274	232	232	374	314	179
III	274	177	222	95	161	306	97	191	443
IV	34	65	40	55	46	98	152	68	44
V	34	24	38	32	11	36	25	34	66
VI	31	9	38	11	20	29	1	21	42
VII	37	51	39	42	21	129	33	47	42
VIII	28	67	46	42	11	8	14	32	5
Totaux	1.462	1.817	1.796	1.249	1.588	1.309	1.421	1.530	1.480

N.B. Cette pluviosité est également valable pour le bassin versant de la
Manandriana : 53 km².

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Pluviosité moyenne sur le bassin versant
de l'Ikopa à Antelomita

B.V. 1.084 km²

(mm par mois)

Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	Pluviosité moyenne	48/49
IX	10	30	18	25	23	16	16	16	28
X	11	39	69	139	108	25	64	69	110
XI	156	218	83	91	220	1	144	122	156
XII	212	551	426	134	235	339	260	269	168
I	290	249	300	309	391	97	174	293	137
II	349	244	476	250	188	247	313	290	194
III	338	166	201	79	140	266	93	164	417
IV	23	81	19	36	58	83	104	55	32
V	21	16	23	16	7	22	13	22	59
VI	19	5	30	8	12	22	1	13	32
VII	28	25	27	27	15	77	19	28	30
VIII	17	42	38	29	5	6	11	20	7
Totaux	1.474	1.666	1.710	1.143	1.402	1.201	1.212	1.361	1.370

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Pluviosité moyenne sur le bassin versant
de l'Ikopa au pont de Mahitsy

B.V. 1.684 km²

(mm par mois)

Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	Pluviosité moyenne	48/49
IX	7	28	14	19	20	11	12	13	22
X	8	36	67	120	90	21	72	65	104
XI	159	226	89	94	195	1	142	118	144
XII	204	510	417	134	241	336	260	256	146
I	294	235	311	297	423	93	176	298	103
II	335	204	511	242	169	230	292	278	224
III	362	165	223	81	142	221	107	159	367
IV	19	91	18	30	59	77	96	52	25
V	16	12	19	14	7	20	10	17	49
VI	14	4	27	7	9	19	1	11	23
VII	23	18	21	20	12	56	14	22	24
VIII	12	35	33	24	4	5	9	16	9
Totaux	1.453	1.564	1.750	1.082	1.371	1.090	1.191	1.305	1.240

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Pluviosité moyenne sur le bassin versant
de l'Ikopa à Bevomanga

B.V. 4.094 km²

(mm par mois)

Mois	1938/39	39/40	40/41	41/42	42/43	43/44	44/45	pluviosité moyenne	48/49
IX	5	27	13	14	21	6	7	11	18
X	5	48	71	95	73	18	85	61	91
XI	179	226	101	90	183	1	144	131	127
XII	189	471	427	139	244	306	297	263	119
I	304	211	327	303	406	97	181	292	77
II	307	175	510	262	142	215	262	268	248
III	368	164	298	94	177	177	162	185	283
IV	18	111	15	32	73	77	99	55	18
V	12	10	15	14	6	19	7	14	35
VI	11	5	23	7	5	19	1	10	15
VII	19	11	18	13	7	31	7	14	18
VIII	8	28	22	17	3	4	6	11	10
Totaux	1.425	1.487	1.840	1.080	1.340	970	1.258	1.315	1.059

BASSIN SUPERIEUR DE L'IVOIRA

Débits moyens mensuels mesurés à Antelomita
pour la période 1939-44

(m³/s)

Mois	1939/40	1940/41	1941/42	1942/43	1943/44	Moyenne
IX	11,5	30,0	14,3	6,5	8,0	14,1
X	12,7	18,2	23,4	8,9	10,6	14,8
XI	20,2	16,5	28,0	19,4	10,1	18,9
XII	63,9	46,6	19,7	23,6	21,3	35,0
I	42,7	61,3	41,0	42,3	10,3	39,5
II	62,9	78,9	33,1	49,3	19,0	48,0
III	72,8	70,7	17,8	28,1	37,8	45,4
IV	36,1	27,4	12,7	18,2	28,9	24,7
V	25,5	22,7	8,3	11,9	15,8	16,8
VI	19,3	21,2	8,0	10,3	8,3	13,4
VII	18,2	18,5	7,6	10,4	15,6	14,1
VIII	24,3	20,0	8,0	7,8	10,2	14,1
Q _m	34,2	36	18,5	19,8	16,3	25

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOFA

Lâchures mensuelles du Réservoir de Mantasoa
pour la période 1939-44

Q = Débits mensuels : 10⁶ m³
q = Débits moyens : m³/s

Mois	1939/40		1940/41		1941/42		1942/43		1943/44		Moyenne	
	Q	q	Q	q	Q	q	Q	q	Q	q	Q	q
IX	2,5	0,95	34,75	13,4	10,25	3,9	10,25	3,9	0,6	0,2	11,7	4,3
X	2,5	0,95	13,75	5,1	32,25	12,0	12,75	4,8	17,4	6,5	15,7	5,9
XI	15,85	5,8	16,5	6,4	28,0	10,8	13,25	5,1	20,6	7,9	18,8	7,2
XII	-	-	1,5	0,6	6,8	2,5	7,75	2,9	18,7	7,0	6,9	2,6
I	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0	1,1	0,6	0,2
II	8,25	3,4	-	-	-	-	-	-	4,3	1,8	2,5	1,0
III	21,75	8,1	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	1,6
IV	0,8	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,1
V	0,8	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,1
VI	0,8	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,1
VII	0,8	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,1
VIII	21,75	8,1	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	1,6
Total	75,8	-	66,5	-	77,3	-	44	-	64,6	-	65,6	2,08

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Débits mensuels de la Varahina-Sud à Tsiazompaniry
pour la période 1939-44

q = Débits moyens : m³/s
Q = Débits cumulés : 10⁶ m³

Mois	1939-40		1940-41		1941-42		1942-43		1943-44		Moyenne	
	q	Q	q	Q	q	Q	q	Q	q	Q	q	Q
IX	4,4	11,4	6,2	16,1	4,6	11,9	3,9	10,1	4	10,4	4,6	11,9
X	4,9	24,5	5,8	31,6	4,7	24,5	4,5	22,1	3,9	20,8	4,8	24,7
XI	6	40,0	5,4	45,6	5	37,5	5,3	38,4	3,5	29,9	5,2	38,2
XII	17	85,5	10,8	74,5	5,6	52,5	7,4	58,2	7	48,6	9,6	63,9
I	15	125,6	14,8	114,1	10,3	80,1	13,6	94,6	5,8	64,1	11,9	95,7
II	20,2	174,5	28,4	182,6	8,6	100,9	15,4	131,8	8	83,4	16,2	134,9
III	21,7	232,5	17,8	230,2	6,5	118,3	13	166,6	12,5	116,8	14,1	172,6
IV	14,5	270,1	10	256,1	6	133,8	8,5	188,6	8,5	138,8	9,5	197,2
V	9,2	294,7	8,7	279,4	5	147,2	6	204,6	6,2	155,4	7,0	215,9
VI	7	312,9	8,2	300,6	4,4	158,6	4,9	217,3	4,7	167,6	5,8	230,9
VII	6,6	330,5	7	319,3	4	169,3	4,5	229,3	6	186,3	5,8	246,4
VIII	5,9	346,3	7,5	339,4	4,2	180,5	4	240,0	5,5	198,3	5,2	260,3
QM	11,0	-	10,9	-	5,7	-	7,7	-	6,3	-	8,3	-

BASSIN SUPERIEUR DE L'IKOPA

Débits mensuels de l'Ikopa à Bevomanga
pour la période 1939-44

q = débits moyens : m³/s.
Q = débits cumulés : 10⁶ m³

: Mois :	: 1939/40 :		: 1940/41 :		: 1941/42 :		: 1942/43 :		: 1943/44 :		: Moyenne :	
	: q :	: Q :	: q :	: Q :	: q :	: Q :	: q :	: Q :	: q :	: Q :	: q :	: Q :
: IX :	25 :	65 :	33 :	86 :	25 :	65 :	17 :	44 :	17 :	44 :	23 :	60 :
: X :	33 :	153 :	29 :	164 :	24 :	129 :	23 :	106 :	15 :	84 :	25 :	127 :
: XI :	43 :	265 :	24 :	226 :	34 :	217 :	30 :	184 :	14 :	120 :	29 :	202 :
: XII :	176 :	735 :	125 :	561 :	50 :	351 :	65 :	358 :	42 :	250 :	92 :	448 :
: I :	126 :	1.072 :	198 :	1.091 :	110 :	645 :	140 :	733 :	38 :	354 :	122 :	775 :
: II :	147 :	1.428 :	295 :	1.806 :	92 :	867 :	166 :	1.134 :	53 :	482 :	150 :	1.139 :
: III :	187 :	1.933 :	268 :	2.523 :	59 :	1.025 :	123 :	1.463 :	119 :	800 :	152 :	1.545 :
: IV :	92 :	2.171 :	150 :	2.912 :	45 :	1.141 :	74 :	1.655 :	65 :	968 :	85 :	1.766 :
: V :	74 :	2.369 :	88 :	3.148 :	39 :	1.245 :	52 :	1.794 :	52 :	1.107 :	61 :	1.929 :
: VI :	53 :	2.506 :	66 :	3.319 :	36 :	1.338 :	43 :	1.905 :	50 :	1.236 :	50 :	2.058 :
: VII :	52 :	2.645 :	61 :	3.482 :	32 :	1.424 :	38 :	2.007 :	49 :	1.367 :	46 :	2.182 :
: VIII :	34 :	2.736 :	41 :	3.592 :	19 :	1.475 :	17 :	2.052 :	28 :	1.442 :	28 :	2.257 :
: Qm :	87 :	- :	114 :	- :	47 :	- :	65 :	- :	46 :	- :	72 :	- :