

Office de la Recherche Scientifique  
et Technique Outre-Mer

Société d'Énergie de MADAGASCAR

INSTITUT de RECHERCHES SCIENTIFIQUES  
à MADAGASCAR

# MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE de l'IKOPA et de la BETSIBOKA



## B - Données Hydrologiques

par

M. ALDEGHERI

Maître de Recherches de l'O.R.S.T.O.M.

1963

OFFICE de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
et TECHNIQUE OUTRE-MER

SOCIETE d'ENERGIE de MADAGASCAR

Institut de Recherches Scientifiques  
à Madagascar

MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE  
de l'IKOPA et de la BETSIBOKA

B - Données Hydrologiques

par

M. ALDEGHERI

Maître de Recherches de l'ORSTOM

D8  
IKO



16 MAR 1963

1963

8970:

S O M M A I R E



	Pages
<u>CHAPITRE I</u> - <u>EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE du BASSIN</u> -	
1) IKOPA .....	3
2) BETSIBOKA .....	24
3) Bassins Versants Expérimentaux .....	38
<u>CHAPITRE II</u> - <u>DEBITS OBSERVES</u> -	
1 - Station de BEVOMANGA .....	46
2 - Station du Bac de FIADANANA .....	52
3 - Station d'ANTSATRANA .....	56
4 - Station d'AMBODIROKA sur la BETSIBOKA .....	63
5 - Station d'AMBODIROKA sur l'ISINKO	71



## MONOGRAPHIE IKOPA-BETSIBOKA

---

### Liste des Cartes, Plans et Graphiques

- Bc.1 - Equipement hydrométrique et pluviométrique du bassin de l'IKOPA et de la BETSIBOKA
  - Bg.1 - Courbe d'étalonnage de l'IKOPA à BEVOMANGA
  - Bg.2 - Courbe d'étalonnage de l'IKOPA à FIADANANA
  - Bg.3 - Extrapolation de la courbe d'étalonnage de FIADANANA
  - Bg.4 - Courbe d'étalonnage de l'IKOPA à ANTSATRANA
  - Bg.5 - Extrapolation de la courbe d'étalonnage d'ANTSATRANA
  - Bp.1 - Profil en travers de l'IKOPA à ANTSATRANA (téléphérique)
  - Bp.2 - Vue d'ensemble de la station téléphérique d'ANTSATRANA
  - Bg.6 - ANTSATRANA - Variation de la flèche du téléphérique
  - Bg.7 - ANTSATRANA - Variation de la longueur du câble
  - Bp.3 - Profil en travers de la BETSIBOKA à AMBODIROKA (échelle)
  - Bp.4 - Profil en travers de la BETSIBOKA à AMBODIROKA (téléphérique)
  - Bp.5 - Vue d'ensemble de la station téléphérique d'AMBODIROKA
  - Bg.8 - Courbe d'étalonnage de la BETSIBOKA à AMBODIROKA
  - Bg.9 - Extrapolation de la courbe d'étalonnage d'AMBODIROKA
  - Bg.10 - AMBODIROKA - Variation de la flèche du téléphérique
  - Bg.11 - AMBODIROKA - Variation de la longueur du câble
  - Bg.12 - Courbe d'étalonnage de l'ISINKO à AMBODIROKA
  - Bc.2 - Carte du bassin versant expérimental d'ANDROVAKELY
  - Bg.13 - Courbe d'étalonnage d'ANDROVAKELY
  - Bc.3 - Carte du bassin versant expérimental d'AMBODIROKA
  - Bp.6 - Bassin versant expérimental d'AMBODIROKA - Station de jaugeage aval
  - Bp.7 - Bassin versant expérimental d'AMBODIROKA - Station de jaugeage amont
  - Bg.14 - Bassin versant expérimental d'AMBODIROKA - Etalonnage station aval
  - Bg.15 - Bassin versant expérimental d'AMBODIROKA - Etalonnage station amont
  - Bg.16 - IKOPA à BEVOMANGA - Fréquence au dépassement des débits moyens mensuels
  - Bg.17 - IKOPA à BEVOMANGA - Fréquence au dépassement des débits moyens mensuels.
-

La présente monographie étudie le régime de la moyenne BETSIBOKA et le régime de l'IKOPA en aval de BEVOMANGA. La partie supérieure du bassin de l'IKOPA a été étudiée en détails en 1948-1949 par la Mission Electricité de France et les résultats de ce travail sont rassemblés dans une "Monographie de l'IKOPA Supérieure" publiée en 1950. Celle-ci sera complétée avec les résultats des campagnes d'études entreprises en 1963 en vue de la protection de TANANARIVE contre les crues.

La séparation IKOPA Moyenne et IKOPA Supérieure se justifie par le fait que les caractéristiques du bassin sont nettement différentes dans la plaine de FARAHANTSANA et en aval du seuil de FARAHANTSANA.

L'objet de cette Monographie est l'étude du régime hydrologique de l'IKOPA entre les chutes de FARAHANTSANA à la sortie de la plaine de BETSIMITATATRA et son confluent avec la BETSIBOKA. Dans cette zone, en effet, les potentialités hydro-électriques sont très importantes et une étude détaillée du régime était nécessaire pour les chiffrer avec précision.

Bien que moins riche en sites aménageables, la BETSIBOKA présente néanmoins des possibilités intéressantes et l'étude hydrologique de son régime a été menée de pair avec celle de l'IKOPA.

Ces études ont débuté en 1948 par l'installation de stations limnimétriques à BEVOMANGA et ANTSATRANA sur l'IKOPA, AMBODIROKA sur la BETSIBOKA. Quelques jaugeages ont été effectués par la Mission Electricité de France et les observations mises en route. Par la suite, elles ont été reprises par le Service Hydrologique de l'ORSTOM et poursuivies avec des moyens très modestes jusqu'en 1957.

En 1957, une convention passée entre la Société d'Energie de Madagascar et le Service Hydrologique de l'ORSTOM fournissait les moyens nécessaires au lancement d'une campagne d'études hydrologiques détaillées devant se poursuivre pendant trois ans.

Les stations existantes ont vu leur équipement amélioré comme il sera indiqué dans le chapitre I, de façon à permettre une mesure plus aisée des débits de crue. De nouvelles stations ont été créées :

- sur l'IKOPA au Bac de FIADANANA, à mi-chemin entre ANTSATRANANA et BEVOMANGA à quelques kilomètres en amont d'un site très intéressant, celui de MAHAVOLA ;

- sur l'ISINKO, affluent rive droite de la BETSIBOKA, dont la connaissance des débits s'avérait intéressante du fait que son confluent se situe en aval du site retenu pour l'édification éventuelle d'un barrage, et que la station de mesure sur la BETSIBOKA tient compte de ses apports ;

- sur un bassin expérimental situé en bordure de la route nationale N° 4, près d'AMBODIROKA.

Pour avoir une étude plus complète, il eût été nécessaire de créer deux stations nouvelles : à ANTANANDAVA sur l'IKOPA avant son entrée dans la plaine de MAEVATANANA et au site de VOHOMBOHITRA sur la BETSIBOKA.

Le premier emplacement n'a pas été retenu par manque de lecteur et le second, à cause de sa situation dans une zone à peu près inhabitée et extrêmement difficile d'accès.

Pour l'établissement des projets éventuels, nous donnerons dans cette étude un ordre de grandeur des débits et des modules en ces deux points en tenant compte des surfaces respectives des différents bassins et des caractéristiques de la pluviométrie.

C H A P I T R E I

---

EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE du BASSIN

La carte B<sub>c</sub> 1 précise l'emplacement des stations.

Nous indiquerons pour mémoire les stations situées en amont des chutes de FARAHANTSANA :

1) IKOPA - Station d'AMBOHIMANAMBOLA :

Coordonnées géographiques

Longitude : 47°35'56" E  
Latitude : 18°56'43" S.

Cette station est installée depuis 1955 et comporte une échelle doublée d'un limnigraphe BAR. Son étalonnage est assez sommaire.

- Station d'ANOSIZATO :

Coordonnées géographiques

Longitude : 47°29'57" E  
Latitude : 18°56'17" S.

Cette station est exploitée par le Service Provincial des Travaux Publics pour la protection de TANANARIVE contre les crues. Quelques jaugeages assurent un bon étalonnage en basses et moyennes eaux.

- Station du Pont de MAHITSY :

Coordonnées géographiques

Longitude : 47°27'29" E  
Latitude : 18°51'47" S.

Cette station a été installée en 1948 par la Mission E.D.F. Elle fonctionne régulièrement depuis cette date. L'étalonnage est définitif.





- Station de FARAHANTSANA :

Coordonnées géographiques

Longitude : 47°15'53" E

Latitude : 18°46'39" S.

Cette station est située dans les chutes. Elle n'est pas étalonnée.

Sur l'IKOPA, il existe encore plusieurs autres échelles utilisées par les Travaux Publics pour leur Service de Protection de TANANARIVE contre les crues. Elles ne sont utilisées que pour le relevé des hauteurs d'eau.

SISAONY - Station d'ANDRAMASINA :

Coordonnées géographiques

Longitude : 47°35'20" E

Latitude : 19°11'10" S.

Elle a été installée en 1958 à la demande du Génie Rural. L'échelle est doublée d'un limnigraphe à bulles. Son étalonnage est définitif.

- Station du PK 22 :

Coordonnées géographiques

Longitude : 47°32'56" E

Latitude : 19°04'21" S.

Cette échelle est normalement exploitée par le Service Provincial des Travaux Publics. Quelques jaugeages y ont été faits qui donnent un bon étalonnage de la station.

D'autres échelles situées en aval sont utilisées par les Travaux Publics pour représenter les plans d'eau en période de crue.

ANDROMBA - Station de TSINJONY :

Coordonnées géographiques

Longitude : 47°30'40" E  
Latitude : 19°07'45" S.

Cette station a été installée en 1954 par l'ORSTOM. L'échelle est observée régulièrement depuis cette date. L'établissement est définitif.

D'autre part, les plans d'eau sont relevés par la SEM aux barrages de MANTASOA et TSIAMAMPANIRY, et les débits calculés aux ANTELOMITA par E.E.M.

Nous donnons ci-après, quelques renseignements sur les conditions d'établissement et d'exploitation des diverses stations installées sur ce fleuve :

a) - Station de BEVOMANGA :

Elle est située en aval du confluent de l'ANDROMBA et à 6 km en amont des chutes de FARAHANTSANA, limite naturelle de la plaine du BETSIMITATATRA.

Elle a été installée le 20 Juin 1948 par le Service Provincial des Travaux Publics en liaison avec la Mission d'Electricité de France, sur la rive droite près du passage de la pirogue de BEVOMANGA.

Les coordonnées géographiques sont les suivantes :

Longitude : 47°19'12" E  
Latitude : 18°48'30" S.

L'échelle de BEVOMANGA contrôle un bassin dont la superficie est égale à 4247 km<sup>2</sup>. Cette surface tient compte du Bassin situé en amont du Barrage de MANTASOA. En saison des pluies, les vannes du barrage sont généralement fermées et les débits sont évacués vers la MANDRAKA ou vers la côte Est par le déversoir d'ANALAVORY ; dans ces conditions la surface du bassin se réduit à 4 151 km<sup>2</sup>.

Pour étudier le régime propre de l'IKOPA à BEVOMANGA il faudrait, de plus, déduire les débits lâchés à MANTASOA. Cela apporterait une assez grande complication pour une précision

supplémentaire assez minime, les lâchures constituant une part très faible du débit à BEVOMANGA, part, d'ailleurs, consommée en totalité par les irrigations de la plaine de TANANARIVE.

A l'aide des débits mesurés à ANTELOMITA, des rapports des bassins versants et du rapport des précipitations, la Mission Electricité de France a pu reconstituer les débits moyens mensuels à BEVOMANGA durant la période 1939-1944.

La première échelle, posée le 20 juin 1948, avait le zéro à la cote 1243,25 N G M. Elle a été réinstallée le 28 septembre 1951 et la nouvelle altitude du zéro se trouvait égale à 1243,05 N G M. L'ORSTOM a remplacé l'échelle le 29 mai 1953, le zéro étant calé à la cote 1243,00 NGM, soit 25 cm plus bas que l'échelle de 1948. En 1959, le 18 novembre, le Service Provincial des Travaux Publics a déplacé l'échelle ORSTOM et en a réinstallé une autre dont le zéro se situe à la cote 1243,25.

Cette dernière échelle sera réinstallée pendant la saison sèche 1963 et doublée d'un limnigraphe à bulles. Son zéro sera descendu à nouveau de 25 cm au moins, car il arrive qu'en année très sèche le zéro calé à 1243,25 et parfois même celui calé à 1243,00 se trouvent hors de l'eau.

Les observations ont été effectuées régulièrement depuis le 30 juin 1948. L'échelle est relevée trois fois par jour à 06h, 12h, et 18h par le Service Provincial des Travaux Publics.

En Septembre, Octobre et Novembre 1949, Août, Septembre et Octobre 1950 et Septembre, Octobre et Novembre 1960, les basses eaux sont descendues au-dessous du zéro de l'échelle. Les étiages ont été reconstitués à l'aide de la corrélation établie avec la station du Pont de MAHITSY.

Le tarage est assuré par :

- huit jaugeages effectués en 1948-49 par la mission EDF entre 23,7 et 231,0 m<sup>3</sup>/s,

- dix-neuf jaugeages effectués par ORSTOM depuis 1951 entre 16 et 364 m<sup>3</sup>/s,

Soit au total 27 jaugeages dont la liste est donnée ci-dessous :

JAUGEAGES EFFECTUES par la MISSION E.D.F.

N° (1)	Date	Cote(m)	Débit (m <sup>3</sup> / s)
10	5-7-48	0,42	41,4
14	24-8-48	0,25	31,2
23	26-9-48	0,14	23,7
44	19-1-49	0,57	49,0
49	16-2-49	1,03	88,2
60	8-3-49	0,81	69,5
64	11-3-49	2,40	231,0
74	18-4-49	0,75	64,0

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

JAUGEAGES EFFECTUES PAR O.R.S.T.O.M.

N°	Date	Cote (m)		Débit(m <sup>3</sup> /s)
1	29-3-51	1,80		157
2	28-5-51	0,41		39,6
3	29-9-51	0,00		16,3
4	3-2-52	3,37		364
5	29-5-53	0,48		45,2
6	27-4-55	0,88		70
7	21-9-56	0,13		26
8	16-4-57	1,70		125
9	8-10-58	0,19		30
10	13-4-59	2,78	2,77	281
11	21-4-59	2,11		205
12	16-10-59	0,20		30,7
13	26-2-60	0,86		35
14	28-7-60	0,135		35,6
15	12-1-61	3,03	3,01	298
16	16-2-61	0,76	0,75	51
17	25-7-61	0,51		56
18	10-11-61	0,15	0,16	22,7
19	14-12-62	1,50	1,51	142

Les cotes indiquées sont rapportées à l'échelle actuelle calée à 1243,25.

La section de mesure a été choisie légèrement en aval de l'échelle (une centaine de mètres environ) afin de diminuer un peu l'influence d'un coude et d'une île situés à l'amont. Le fond est sablonneux avec, par endroits, des affleurements rocheux.

En rive droite et rive gauche, il existe un lit d'inondation qui est emprunté par l'IKOPA en moyennes eaux et rejoignant l'IKOPA en aval de l'échelle. Le bras rive gauche se trouve à une cote légèrement plus élevée que celui rive droite ; il ne débite que pour les très hautes crues. Le lit mineur a une largeur, au droit de l'échelle, de 90 m environ. En aval de l'échelle, l'IKOPA a été endiguée sur la rive droite.

Les jaugeages sont effectués avec le canot pneumatique ZODIAC. La section est déterminée avant chaque mesure à l'aide d'un câble tendu.

Les jaugeages Nos 8,16,17,19 semblent aberrants et il n'en a pas été tenu compte pour le tracé de la courbe  $Q = f(H)$ . Pour les autres mesures, la dispersion est assez faible.

Le fait que des opérateurs différents aient, depuis 1948 participé, avec du matériel divers, au tracé de cette courbe donne une garantie d'exactitude. Les points de 1948 et ceux de 1962 sont sur la même courbe, ce qui est de plus une preuve de la stabilité du lit au droit de la section.

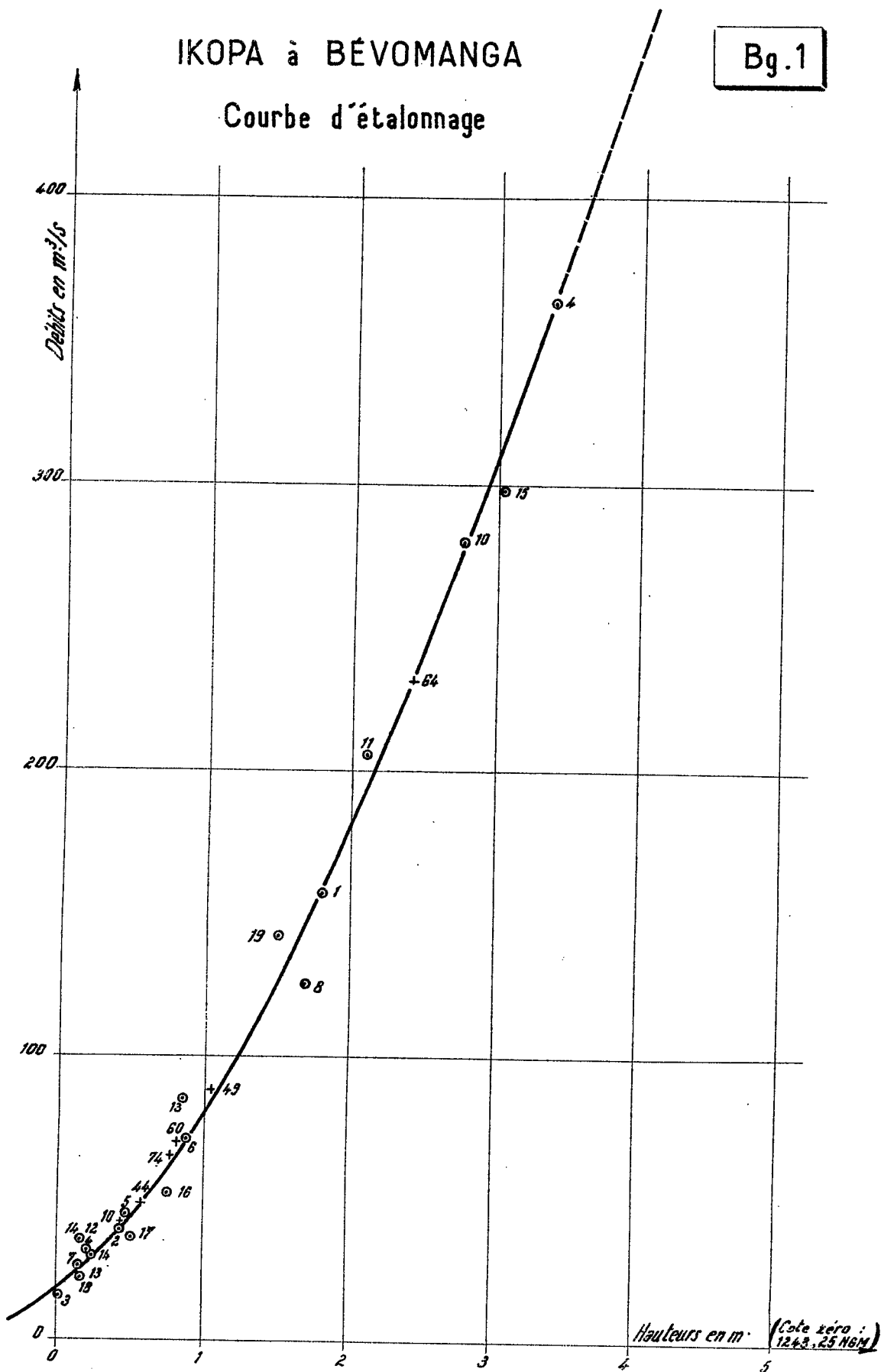
La courbe adoptée est tracée sur le graphique n° Bg.1.

Nous donnons ci-après le barème simplifié à partir duquel ont été calculés les débits moyens journaliers et les modules. Les cotes sont rapportées à l'échelle actuelle (zéro à 1243,25 N G M).

# IKOPA à BÉVOMANGA

Bg.1

## Courbe d'étalonnage



B A R E M E

H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
-0,30	8,5	1,40	117	3,10	525
-0,20	11,2	1,50	127	3,20	339
-0,10	14,3	1,60	137	3,30	354
0,00	18,2	1,70	148	3,40	368
0,10	23,0	1,80	159	3,50	383
0,20	28,0	1,90	170	3,60	398
0,30	33,5	2,00	182	3,70	413
0,40	39,2	2,10	194	3,80	428
0,50	45,4	2,20	206	3,90	443
0,60	51,8	2,30	218	4,00	458
0,70	58,5	2,40	231	4,10	473
0,80	65,5	2,50	244	4,20	489
0,90	72,8	2,60	257	4,30	505
1,00	80,0	2,70	270	4,40	521
1,10	88,5	2,80	283	4,50	537
1,20	97,5	2,90	296	4,60	553
1,30	107	3,00	310		

La plus forte crue observée a atteint la cote 1247,85 N G M, le 31 Mars 1959. L'étalonnage est définitif entre 18 et 370 m<sup>3</sup>/s. Les débits d'étiage ont été extrapolés jusqu'à 9 m<sup>3</sup>/s. Pour les débits de crue, l'extrapolation a eu lieu à partir de 364 m<sup>3</sup>/s et jusqu'à 550 m<sup>3</sup>/s. Les cotes du plan d'eau correspondantes sont comprises entre 1246,62 et 1247,85.

b) - Station du Bac de FIADANANA :

Cette station a été installée le 10 Octobre 1958 dans le but de connaître les débits de l'IKOPA en amont des chutes de MAHAVOLA.

Les coordonnées géographiques sont :

Latitude : 18°9'45" S  
 Longitude : 46°56'54" E

La surface du bassin versant au droit de l'échelle est égale à 9450 km<sup>2</sup>.



L'échelle est située près du bac de la route TALATA-ANGAVO-FIADANANA, en rive gauche, légèrement en amont de la rampe d'accès au bac. Un limnigraphe OTT type X la double depuis le 23 juin 1959. Il se trouve sur la rive droite à environ 500 m de l'échelle. Le tube du flotteur a été fixé à un gros arbre, ce qui a réduit considérablement les travaux de Génie Civil.

Les observations poursuivies régulièrement jusqu'à ce jour ont une valeur assez inégale : certains relevés sont douteux du fait de l'inexpérience de l'observateur. A partir de 1961, il semble y avoir une légère amélioration aussi bien dans les lectures que dans le fonctionnement du limnigraphe.

L'exploitation de cette station met, une fois de plus, en évidence les difficultés rencontrées pour obtenir un fonctionnement régulier des appareils enregistreurs. L'entretien et le changement des feuilles ne peuvent, sauf quelques rares exceptions, être faits par les observateurs, mais doivent l'être par des agents spécialisés chargés uniquement de ce travail. Toutefois, grâce aux relevés et aux limnigrammes, les cinq années d'observations que nous possédons sont assez complètes.

Les mesures de débits sont effectuées au droit du limnigraphe avec le matériel léger : canot ZODIAC, saumon de 25 Kg. Le câble de 3 mm est tendu avant chaque mesure.

La largeur du lit est égale à 150 m environ. Le fond est sableux. Les rives sont assez boisées et contrastent avec les collines environnantes couvertes d'herbe maigre.

Du 6 décembre 1958 au 25 avril 1963, 47 jaugeages, pour des débits compris entre 23 et 1067 m<sup>3</sup>/s, ont permis l'étalonnage de la station. Les résultats de ces mesures sont consignés dans le tableau ci-après :

n°	Date	Cote (m)		Débit (m <sup>3</sup> /s)
1	17-11-57	0,51		53
2	6-12-58	0,20		26,9
3	24- 1-59	1,88	1,84	321
4	25- 1-59	1,55	1,53	257
5	25- 1-59	1,62	1,60	270
6	26- 1-59	1,45	1,44	239,5
7	8- 2-59	2,02	2,00	374,5
8	8- 2-59		1,99	357
9	9- 2-59		2,72	534
10	9- 2-59	2,90	2,92	603,5
11	10- 2-59		2,65	511,5
12	31- 3-59	4,00	4,04	934
13	31- 3-59	4,13	4,19	1004
14	1- 4-59		4,31	1039
15	1- 4-59		4,30	1060
16	2- 4-59	4,34	4,32	1067
17	2- 4-59	4,24	4,20	1015
18	3- 4-59	3,98	3,95	930,5
19	3- 4-59	3,85	3,81	870
20	4- 4-59	3,56	3,53	776
21	5- 4-59	3,39	3,37	728
22	6- 4-59		3,24	677
23	23- 6-59		1,15	153,8
24	4- 8-59		0,93	86,3
25	3- 9-59		0,70	63,6
26	10-10-59		0,50	49,2
27	12- 2-60	2,00	1,90	326
28	25- 2-60	1,74	1,70	258
29	16- 3-60	1,64	1,58	228
30	6- 5-60		0,86	130
31	30- 6-60		0,70	74,4
32	18- 8-60		0,51	54,1
33	27-10-60		0,19	23,1
34	8-12-60	1,16	1,10	149,6
35	13- 1-61	2,75	2,735	512,5
36	7- 2-61	0,81	0,80	102,7
37	31- 3-61	1,55	1,53	220,7
38	19-10-61		0,19	33,8
39	17-11-61	0,34	0,35	51,1
40	9- 3-62	1,90	1,88	269,2
41	10- 4-62	1,43	1,435	238,5
42	10- 5-62		1,06	146,2
43	15- 6-62		0,665	84,8
44	16- 8-62		0,51	62,5
45	13-12-62	1,51	1,55	263
46	22- 3-63	3,50	3,64	816
47	25- 4-63		1,23	165,4

La cote maximale atteinte est 5,10 m le 29 Mars 1959.

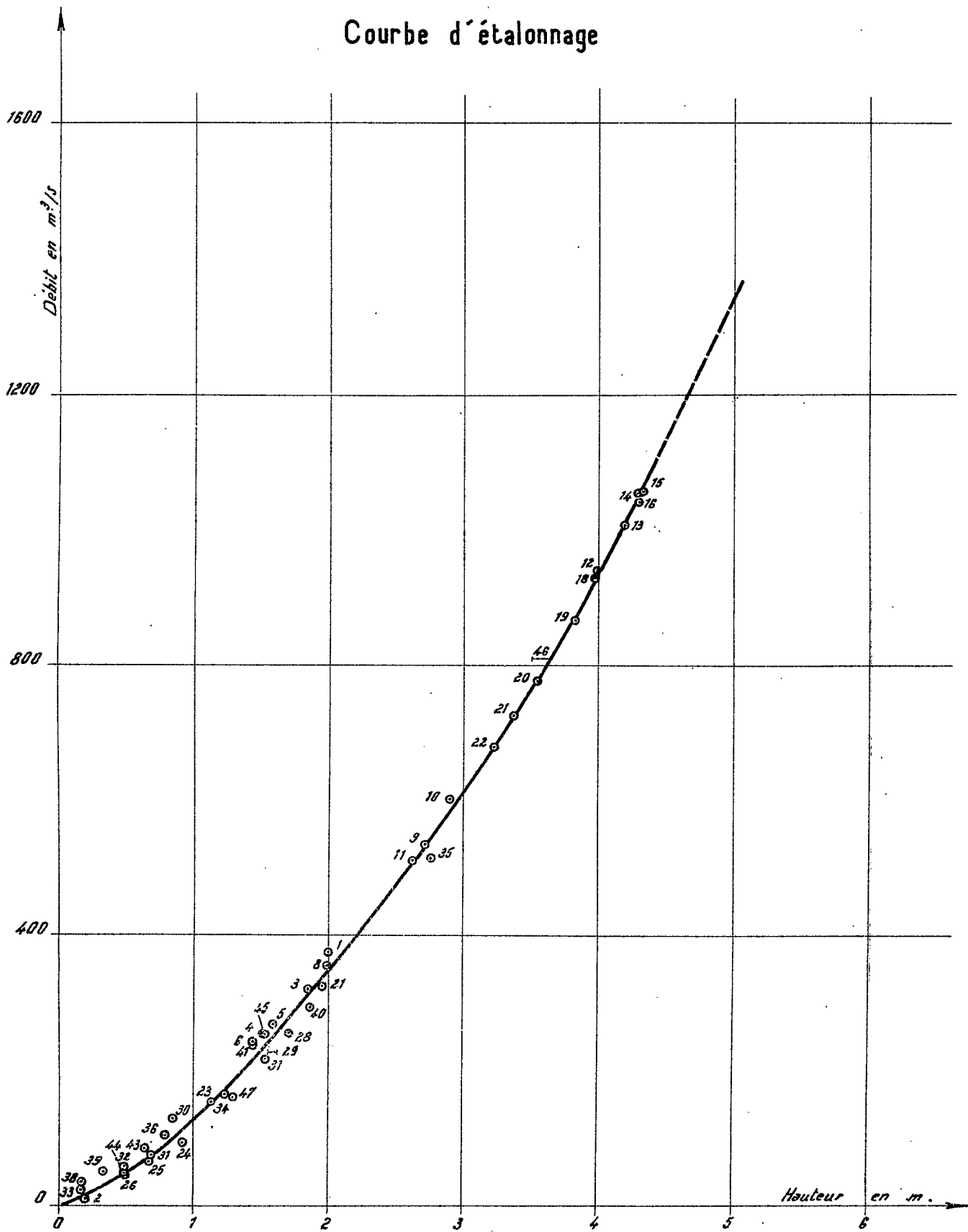
La courbe de tarage est donnée sur le graphique n° Bg.2.

On constate une légère dispersion entre les cotes 1 et 2 m. Cette dispersion est vraisemblablement due à une légère instabilité du lit pour les débits correspondant à ces cotes, instabilité résultant de la présence en amont d'une chute qui, au début de la crue, apporte de légères modifications au fond, par affouillement au pied de la chute et remblaiement plus à l'aval. Nous avons adopté une courbe moyenne. Les débits de hautes eaux sont extrapolés entre les cotes 4,35 et 5,10 m. Cette extrapolation est donc très acceptable. Elle a été obtenue à l'aide du graphique n° Bg.3.

Le barème utilisé pour la détermination des débits est donné ci-après.

# IKOPA au BAC DE FIADANANA

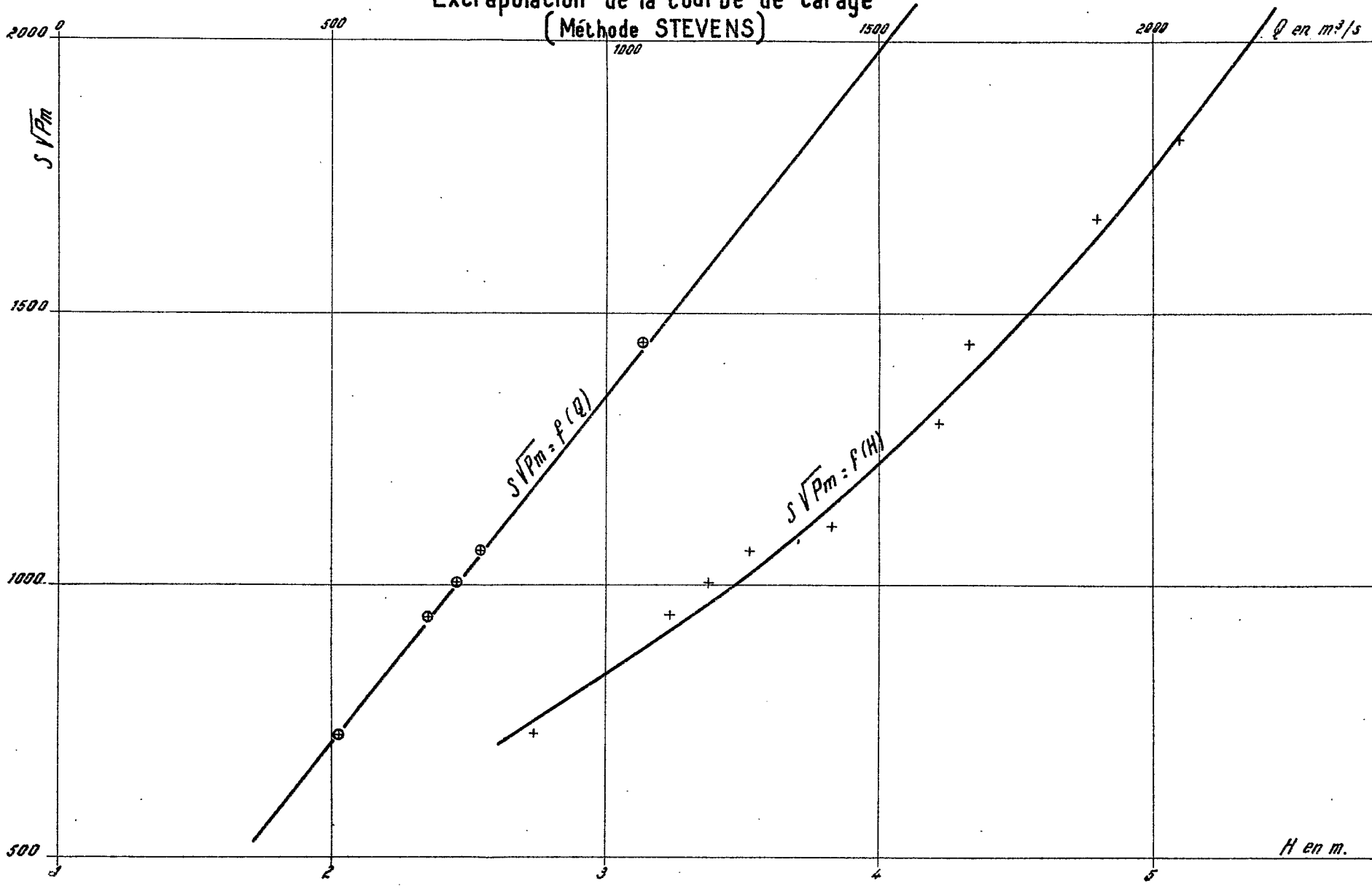
## Courbe d'étalonnage



# IKOPA au BAC DE FIADANANA

Bg. 3

Extrapolation de la courbe de tarage  
(Méthode STEVENS)



ORSTOM  
 A0  
 DATE : 10-11-1983  
 DESSINE : J. Leclercq  
 MAD 171 024

B A R E M E

H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
0,00	22	1,70	274	3,40	734
0,10	24	1,80	297	3,50	766
0,20	28	1,90	321	3,60	799
0,30	35	2,00	345	3,70	832
0,40	43	2,10	369	3,80	865
0,50	53	2,20	394	3,90	900
0,60	64	2,30	419	4,00	936
0,70	76	2,40	444	4,10	975
0,80	91	2,50	470	4,20	1014
0,90	107	2,60	496	4,30	1054
1,00	125	2,70	524	4,40	1094
1,10	145	2,80	552	4,50	1135
1,20	165	2,90	581	4,60	1176
1,30	186	3,00	611	4,70	1217
1,40	208	3,10	640	4,80	1258
1,50	230	3,20	670	4,90	1299
1,60	252	3,30	702	5,00	1340

c.- Station d'ANTSATRANA -

- Généralités -

La station a été créée en 1948 par la Mission Electricité de France. Les Travaux Publics ont installé, en 1951, un limnigraphe BAR à durée de rotation bi-mensuelle.

Les coordonnées de la station sont les suivantes :

Latitude : 17°25'04" S  
 Longitude : 46°52'33" E

La surface du bassin est égale à 18.550 Km<sup>2</sup>

L'échelle est placée en rive droite, près du village d'Antsatrana, légèrement en amont du confluent de la rivière ANJIABE et à 4 km en amont des chutes d'ANTAFORO.

Le zéro est calé à la cote 96,708 par rapport à une borne cotée arbitrairement 100.

En saison sèche, l'échelle était fréquemment dénoyée. Aussi, le 7 octobre 1960, une nouvelle échelle a été installée. Son zéro est placé 50 cm plus bas que l'ancien. Sa cote est, par rapport à la même borne : 96,208.

Dans le nivellement de MADAGASCAR, le zéro se situe au voisinage de la cote 434.

Le limnigraphe fonctionne régulièrement à partir de 1956.

Jusqu'en 1958, les jaugeages étaient effectués à l'aide du matériel léger au droit du village d'AMPOTAKA à 5 km en amont d'ANTSATRANA. Une échelle avait été installée pour repérer les hauteurs pendant les mesures.

La largeur du lit est de 280 m environ. La berge rive droite est très abrupte. En rive gauche, la berge est basse et en crue, il se forme une zone d'inondation importante.

En 1958, une station téléphérique, dont la description est donnée ci-dessous, a été installée au droit du resserrement existant près de l'échelle d'ANTSATRANA. Depuis cette date, toutes les mesures de débit ont été faites à partir de la station téléphérique et la station d'Amputaka a été abandonnée.

Soixante seize jaugeages, exécutés entre les cotes 0,22 et 3,88 m (nouvelle échelle), permettent le tarage de la station de 60 m<sup>3</sup>/s à 1970 m<sup>3</sup>/s. Ils sont consignés dans le tableau ci-après, les hauteurs étant toutes ramenées à la nouvelle échelle :

n°	Date	Cote (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
1	20- 9-48	0,56	97
2	25- 5-49	0,89	205
3	12- 4-51	1,44	491
4	31- 5-51	1,02	209
5	31-10-51	0,97	185
6	29- 1-52	3,35	1200
7	25- 4-53	1,48	492
8	26- 4-53	1,46	436
9	30- 9-53	0,70	135
10	26- 5-54	1,09	247,4
11	1-11-54	0,52	84,4
12	8- 3-55	3,50	1755
13	11- 7-55	0,75	177,6
14	20- 2-56	1,90	730
15	21- 2-56	2,16	829,6
16	23- 2-56	1,56	572,7
17	25- 2-56	1,47	460
18	27- 2-56	1,69	571,5
19	2- 3-56	1,77	596
20	5- 3-56	2,08	725
21	6- 3-56	2,12	792,5
22	9- 3-56	1,97	683,5
23	11- 3-56	1,55	454,2
24	13- 3-56	1,78	598
25	18- 9-56	0,54	100,4
26	10-11-56	0,58	97
27	23- 3-57	3,30	1468
28	24- 3-57	3,08	3,04 : 1344
29	11-11-57	0,30	79,7
30	25- 3-58	2,02	2,04 : 700
31	26- 3-58	2,02	2,07 : 729
32	27- 3-58	2,17	800
33	28- 3-58	2,20	1,99 : 770,5
34	21- 4-58	1,28	384,2
35	15- 6-58	0,96	202,9
36	9-12-58	0,82	1,02 : 239,5
37	9-12-58	1,22	1,20 : 322,4



(Suite)

n°	Date	Cote (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)	
38	10-12-58	1,98	2,07	658
39	16-12-58	3,39	3,43	1567
40	16-12-58	3,52	3,49	1649
41	17-12-58	3,58		1750
42	13- 3-59	3,85		1935
43	14- 3-59	3,78	3,71	1970
44	14- 3-59	3,70	3,59	1897
45	15- 3-59	3,34	3,22	1697
46	15- 3-59	3,11	2,96	1403
47	16- 3-59	2,73	2,67	1185
48	16- 3-59	2,67	2,62	1108
49a	17- 3-59	2,51	2,48	1039
49b	17- 3-59	2,46	2,44	1008
50	19- 3-59	2,20	2,18	858,5
51	24- 3-59	2,59	2,47	1110
52	24- 3-59	2,42	2,38	1047
53	25- 3-59	3,00	2,84	1402
54	25- 3-59	2,74	2,66	1250
55	26- 3-59	2,54	2,50	1113
56	26- 3-59	2,48	2,43	1082
57	28- 3-59	3,54	3,42	1907
58	28- 3-59	3,38	3,40	1817
59	13- 5-59	1,31		342
60	13- 9-59	0,67		126
61	5-10-59	0,50		116
62	8- 1-60	3,65	3,52	1823
63	9- 1-60	3,52	3,63	1816
64	10- 1-60	3,54	3,45	1610
65	11- 1-60	3,88	3,58	1878
66	4- 2-60	1,70		585
67	5- 2-60	1,60	1,58	540
68	11- 4-60	1,32	1,31	404
69	3- 5-60	1,13	1,12	292
70	5- 5-60	1,10		268
71	14- 6-60	0,90		210
72	8- 7-60	0,80		192,8
73	30- 8-60	0,60		122,2
74	6-10-60	0,465		106,8
75	9-11-60	0,225		60,7
76	23-12-60	1,75	1,55	528,5

La courbe de tarage est donnée sur le graphique Bg.4. Nous avons éliminé le jaugeage N° 6 effectué au flotteur et dont la qualité est très douteuse. Elle présente une assez forte dispersion pour les débits supérieurs à 1000 m<sup>3</sup>/s. Elle est due aux variations assez rapides du plan d'eau au cours des jaugeages, à la lenteur des mesures de débits par téléphérique et aussi à la difficulté qu'il y a à déterminer la profondeur sur chaque verticale.

La plus forte crue observée s'est produite en Décembre 1960, elle a atteint la cote 5,92 m (nouvelle échelle) le 12. Les crues normales dépassent rarement la cote 4,8.

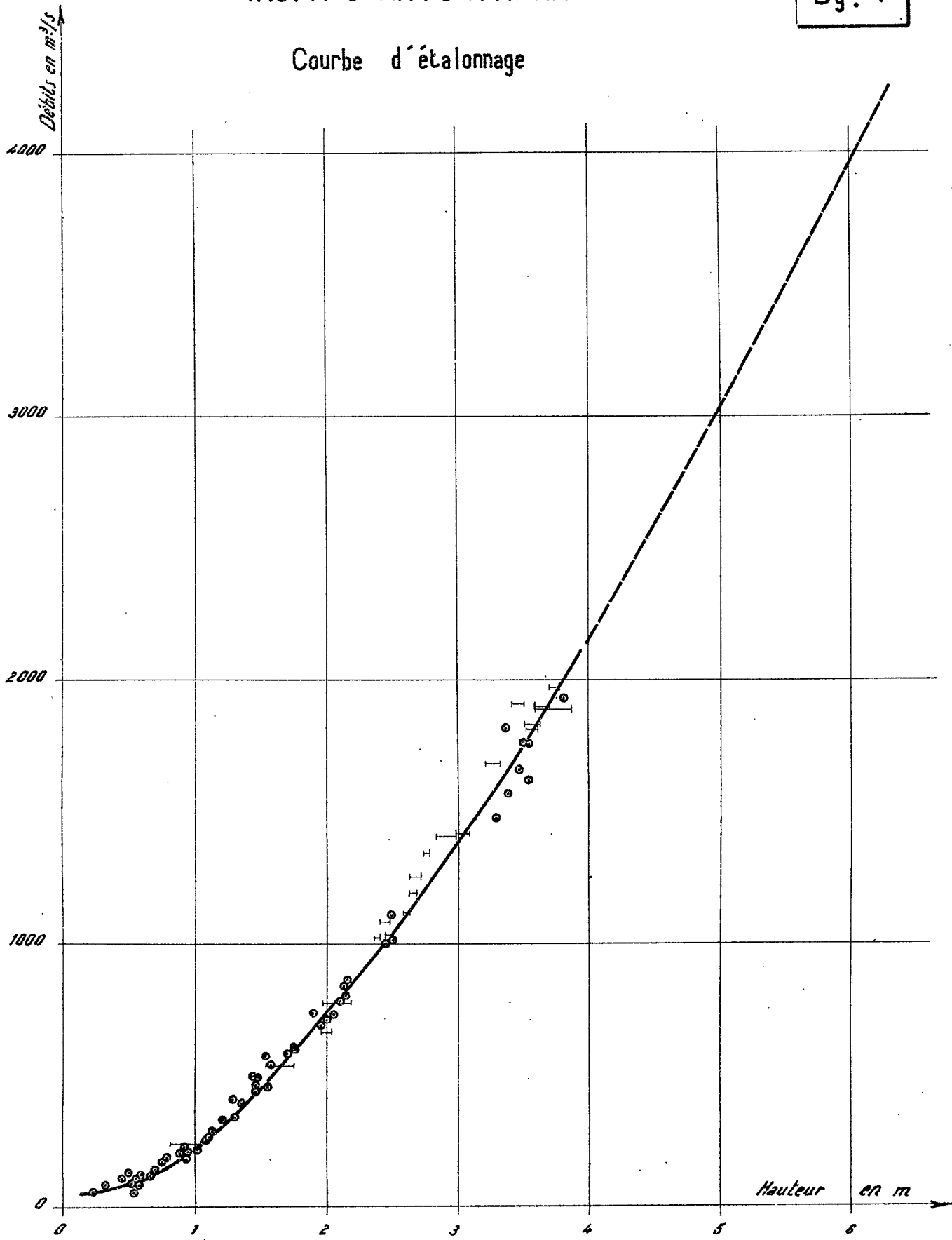
Pour ces crues, l'extrapolation est donc assez faible. Nous l'avons établie en traçant la courbe de variation des débits en fonction de  $S\sqrt{P_m}$  ( $S$  = section mouillée  $P_m$  = profondeur moyenne) et la courbe de variation  $S\sqrt{P_m}$  en fonction de la hauteur de l'échelle. Cette dernière courbe peut être facilement tracée en connaissant la section mouillée pour les différentes hauteurs du plan d'eau. La variation de  $Q$  en fonction de  $S\sqrt{P_m}$  est linéaire pour les forts débits en admettant que la pente motrice est constante. Cette méthode est connue sous le nom de méthode de STEVENS. Connaissant  $H$ , on tire  $S\sqrt{P_m}$  et de là, le débit  $Q$  correspondant (voir graphique Bg.5).

Le barème utilisé pour l'établissement des débits est donné ci-dessous. Les hauteurs sont rapportées à la nouvelle échelle.

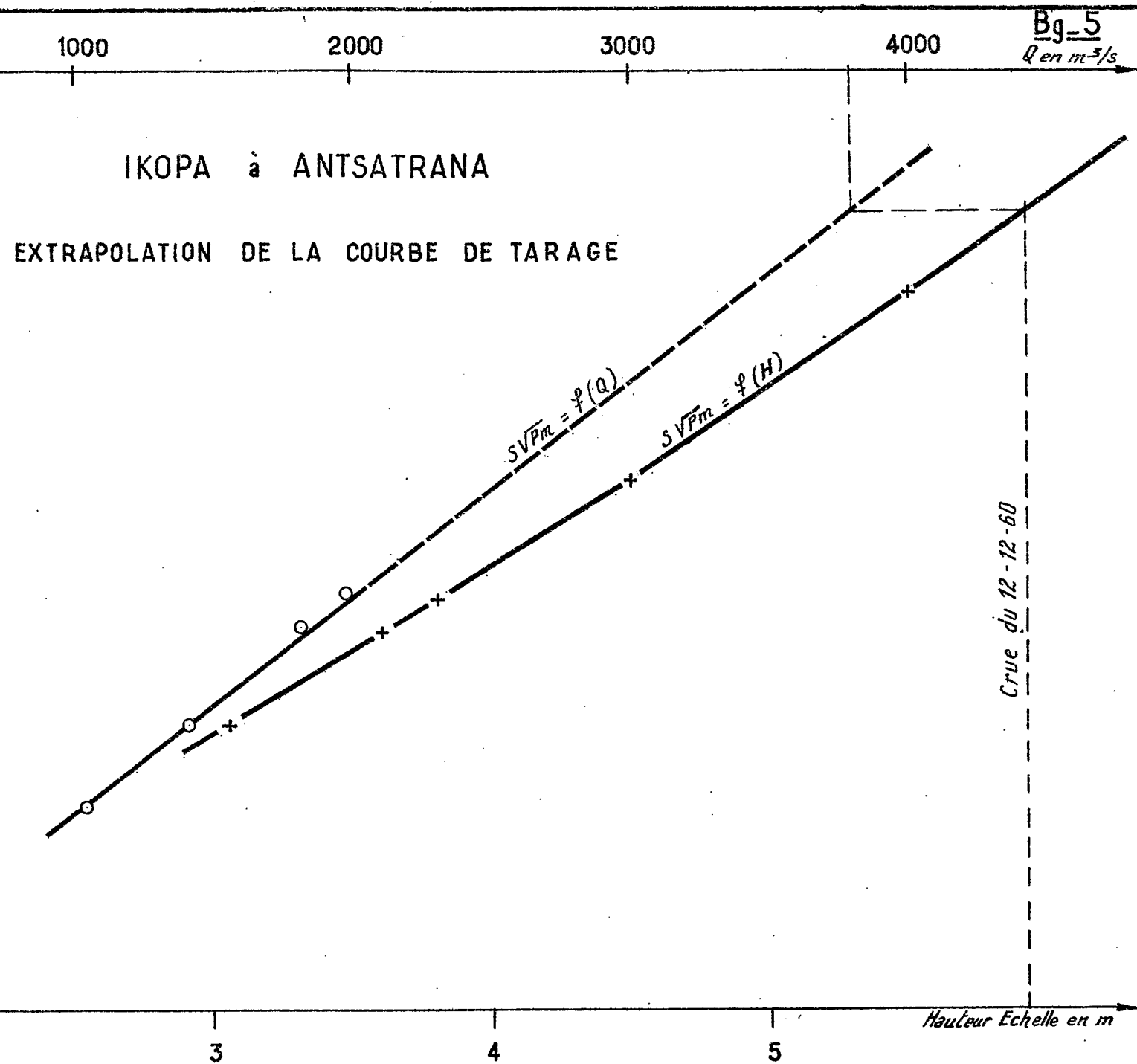
B A R E M E

H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
0,20	66,5	1,20	310	2,20	840
0,30	72,5	1,30	355	2,30	900
0,40	80,0	1,40	407	2,40	960
0,50	92,5	1,50	460	2,50	1025
0,60	110	1,60	513	2,60	1095
0,70	132,5	1,70	576	2,70	1160
0,80	161	1,80	621	2,80	1230
0,90	195	1,90	675	2,90	1293
1,00	230	2,00	730	3,00	1365
1,10	270	2,10	785	3,10	1440

Courbe d'étalonnage



ORSTOM  
Ao  
DATE: 5-8-63  
DESSINÉ: J. Métyer  
MAD 171 026



H (m)	Q (m <sup>3</sup> /S)	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
3,20	1515	3,70	1900	4,20	2290
3,30	1590	3,80	1980	4,30	2370
3,40	1670	3,90	2055	4,40	2450
3,50	1745	4,00	2135	4,50	2530
3,60	1825	4,10	2210	4,60	2610

- Description de la station téléphérique -

Cette station a été mise en place en 1958.

Les travaux d'aménagement et d'installation ont duré deux mois et demi environ depuis la mise en route des terrassements jusqu'à la fixation et la tension des câbles.

- Matériel utilisé -

Le câble porteur est en acier fondu de 22 mm de diamètre. Il est constitué par une âme de 5mm entourée par 18 brins de 4 mm. Il pèse 1,5 kg au m/linéaire. Sa résistance à la rupture est au moins égale à 25 tonnes (les chiffres exacts n'ont pas été fournis par le constructeur). Les câbles tracteurs ont un diamètre de 6 mm.

Les manoeuvres de translation et de descente du saumon sont effectuées avec des treuils doubles DONAU OTT, actionnés par une seule manivelle.

Le saumon est suspendu à un câble électroporteur de 3 mm à un conducteur isolé.

Nous avons utilisé un saumon OTT de 50 kg.

Les mesures de vitesses ont été effectuées avec un moulinet OTT type V ARKANSAS et un moulinet DUMAS NEYRFIC magnétique. Les tops sont comptés à l'aide d'un compteur à impulsion OTT type F 6 GARONNE.

- Implantation de la station

Les berges sont constituées par deux collines arrondies dont l'altitude est d'environ 11 m au-dessus du plan d'eau à l'étiage. Le sol contient des roches très altérées transformées en sable grossier assez compact. La résistance à la compression peut être prise égale à 8.000 kg/m<sup>2</sup>.

Les massifs ont les dimensions suivantes :

1,20 x 3,00 x 2,30

La face frontale a une surface de 6,9 m<sup>2</sup>, elle peut encaisser une poussée de 56 tonnes environ.

Le schéma n° BP.1 donne le profil en travers des berges au droit des ancrages. La vue d'ensemble de la station et du câble est donnée sur le plan n° BP.2.

Les fers, sur lesquels viennent s'articuler les tendeurs, sont noyés dans le béton avec des morceaux de rails pour répartir les efforts.

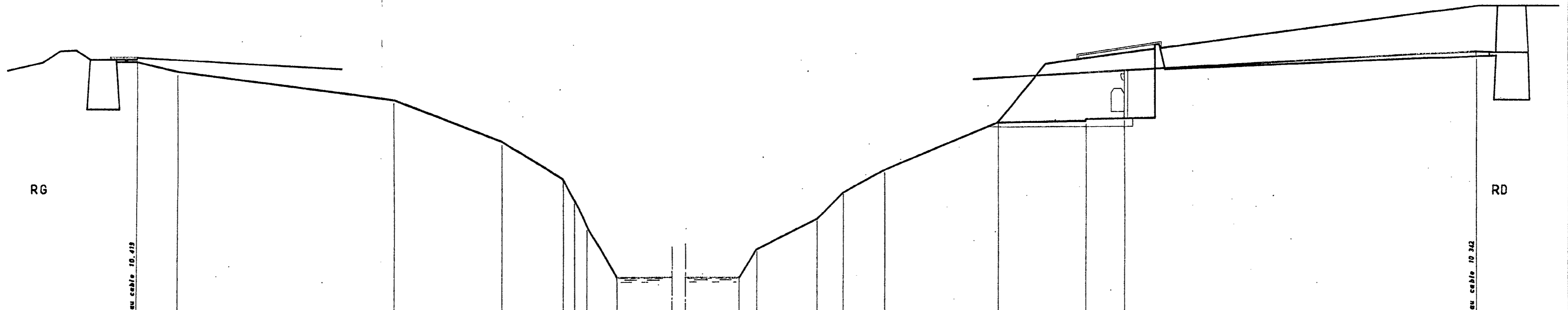
Le câble de 22 mm a été passé en étiage sans trop de difficulté. La mise sous tension provisoire a été réalisée à l'aide d'un treuil amarré à un ancrage.

Les tendeurs livrés avec tout le matériel, ayant une course de réglage de 1 mm avec filetage "With worth 1 1/2 - 2 1/2", ont permis très facilement de donner au câble sa flèche définitive égale en moyenne à 4,10 m avec une charge de 150 kg.

Bp.1

STATION D'ANTSATRANA  
Téléphérique de jaugeage  
Profil en travers

Echelle 1/100<sup>e</sup>



ALTITUDES	10.19	9.749	8.398	6.419	4.371	3.678	2.359	0.000
DISTANCES CUMULEES			22.27					
DISTANCES PARTIELLES	1.90	18.15	5.00	2.00	0.9205	1.35		
NUMÉRO DES PIQUETS	1	2	3	4	5	6	7	8

ALTITUDES	6.000	7.384	2.780	3.971	5.007	7.107	7.353	9.503	10.042
DISTANCES CUMULEES								24.05	
DISTANCES PARTIELLES	0.60	2.00	1.20	1.90	5.20	4.10	1.75	18.30	
NUMÉRO DES PIQUETS	7	8	9	4	3	1	2	8	9

MAD 171 037

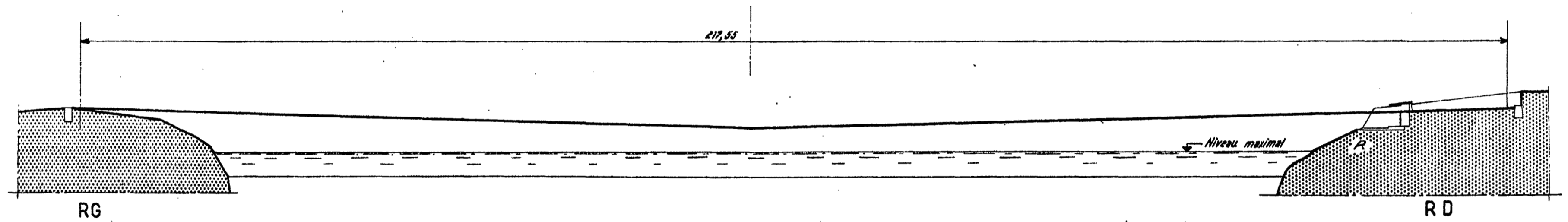
Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGQUVWMNSZXY  
 zsaocmuvnwixr fkhbdpggyjt 7142385690  
 Pour A2 A3 A4: ABERPFTHLJDOCGQUVWMNSZXY  
 zsaocmuvnwixr fkhbdpggyjt 7142385690

Bp.2

# L'IKOPA A ANTSATRANA

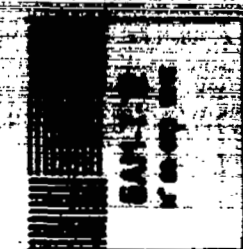
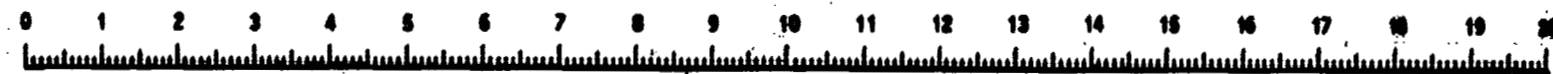
Vue d'ensemble de la station téléphérique

Echelle 1/500<sup>e</sup>



MAD 171 038

Cette mire doit être utilisée dans son intégralité  
Pour A0 et A1 ABERPPTLJDDCBOUWNSZXY  
zsaocmuvnrixr fkhbepqj 142385690  
Pour A2 A3 A4 ABERPPTLJDDCBOUWNSZXY  
zsaocmuvnrixr fkhbepqj 142385690





Une flèche plus faible rendait difficile la manoeuvre du treuil de translation, le câble tracteur étant soumis à une traction trop importante.

Nous avons effectué des essais avec des saumons dont les poids varient de 10 à 175 kg. Nous avons réalisé plusieurs séries de mesures dans le courant de la journée avec des températures différentes. Pour chaque série, la température du câble variait très peu et nous avons admis qu'elle est constante.

Les courbes de variation de la flèche sont données sur le graphique n° Bg.6.

La tension du câble est la résultante de la tension due à la charge répartie (poids du câble seul + effort du vent) et de la tension due au poids du chariot et du saumon.

Nous calculerons les tensions en appliquant la formule des câbles tendus :

$$T = \frac{L}{4f} \left( P + \frac{Q}{2} \right)$$

dans laquelle P désigne la charge concentrée et Q la charge répartie.

Pour déterminer la portée exacte entre appuis, nous avons adopté la méthode suivante : un câble de 3 mm a été placé à l'aide d'un petit treuil exactement entre les points de fixation du gros câble. Nous avons mesuré successivement la flèche de ce filin lorsqu'il était tendu au maximum eu égard à sa résistance à la rupture. Nous avons repéré la longueur du câble dans cette position. Ensuite, nous avons détendu le câble de façon à lui donner une flèche correspondant à celle du gros câble et noté la longueur déroulée. La même opération a été répétée lorsque le câble de 3 mm touchait l'eau. Le câble de 3 mm a ensuite été mesuré avec précision..

Les résultats de ces essais sont consignés sur le graphique Bg.7 . La variation de longueur avec la flèche est une droite de pente sensiblement égale à 20 %. La portée exacte a été obtenue par extrapolation (partie pointillée des courbes). Elle est égale à 217,30 m.

O R S T O M

A<sub>0</sub>

DATE : 19-11-1944

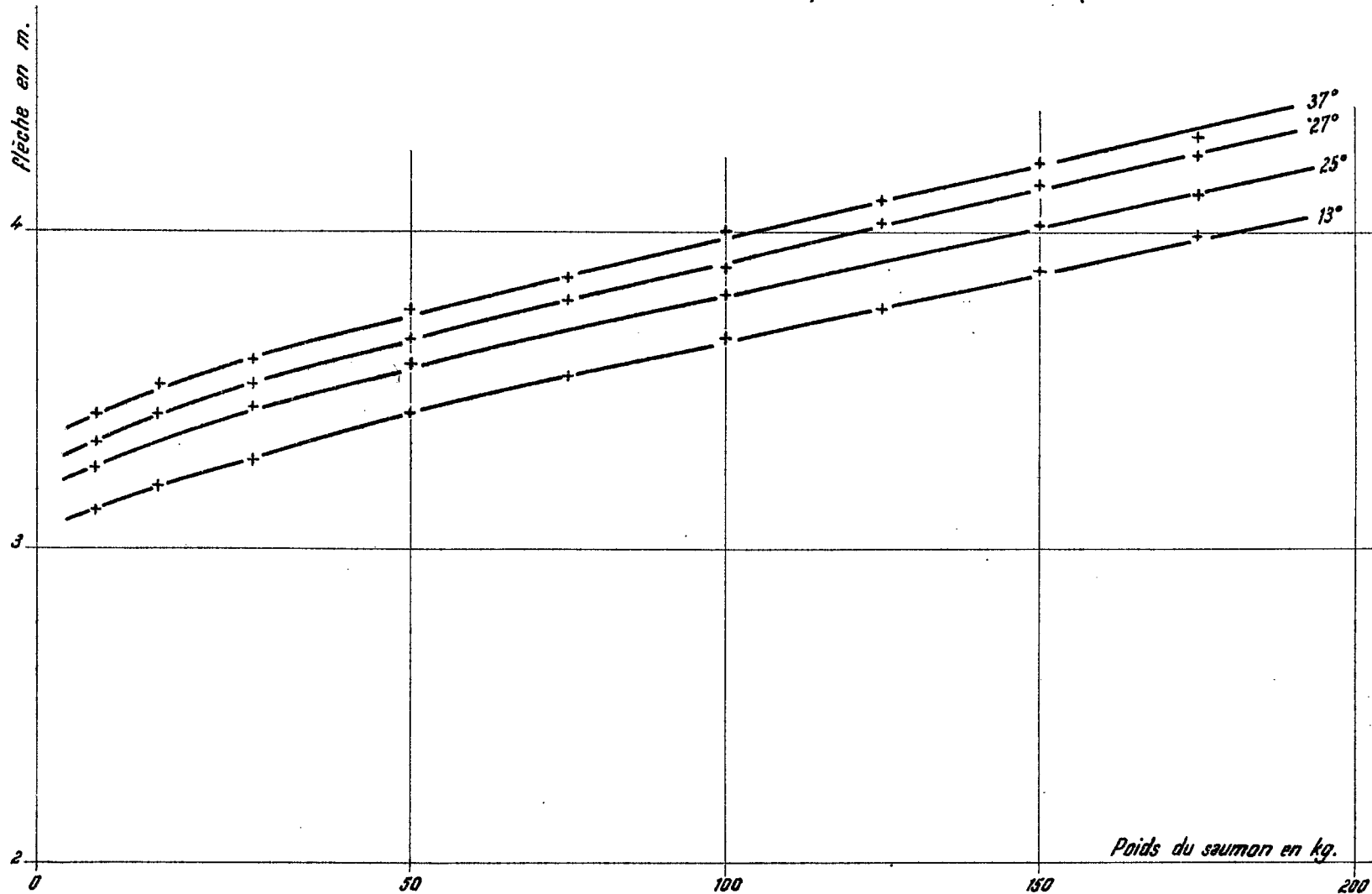
DESSINÉ : J. A. R. S.

MAD 171 027

## STATION D'ANTSATRANA

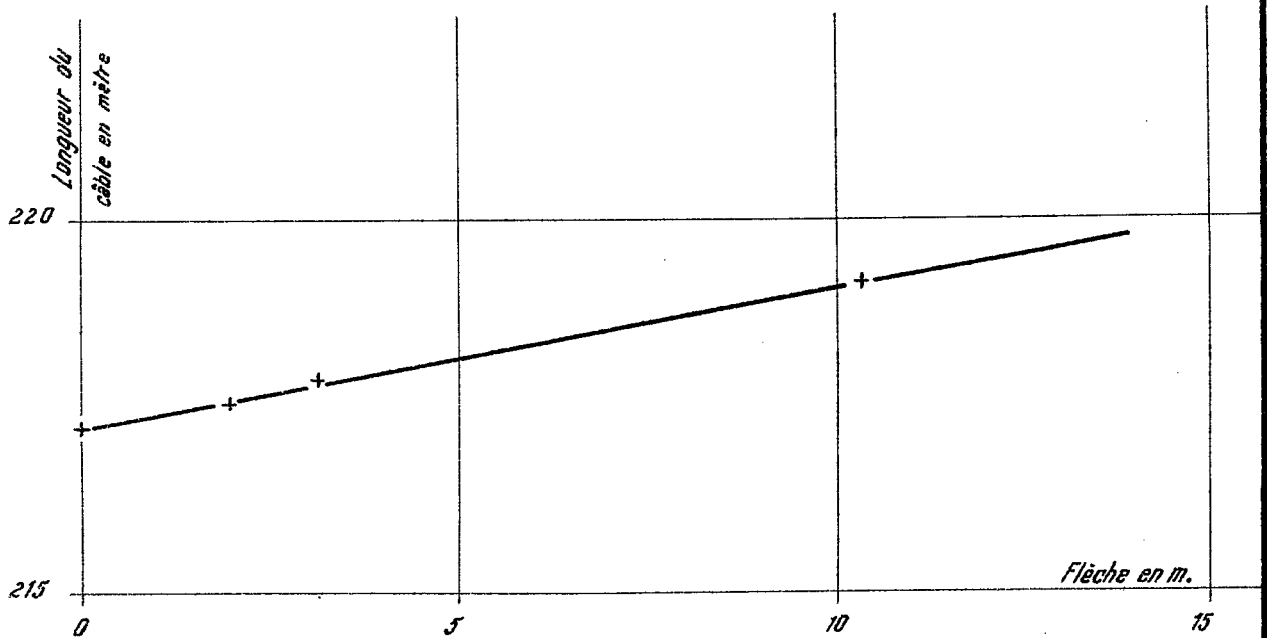
Bg. 6

Variation de la flèche en fonction du poids et de la température



## STATION D'ANTSATRANA

Variation de la longueur du câble en fonction de la flèche



Les valeurs des tensions des câbles ont été calculées avec les données suivantes :

- portée  $L = 217,30$  m
- poids du câble : 326 kg
- effort dû au vent : les essais ont été effectués avec un vent dont la vitesse moyenne était voisine de 30 km/h. La pression exercée sur la surface cylindrique du câble est égale à 25 kg/m<sup>2</sup>

d'où

$$F_v = 25 \times 217,30 \times 0,022 = 115 \text{ kg}$$

- la charge répartie sur le câble ( $Q$  et  $F_v$ ) = 345 kg.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous ;

Charges	Température du câble							
	13°		25°		27°		37°	
	Flèche m	Tension tonnes	Flèche m	Tension Tonnes	Flèche m	Tension Tonnes	Flèche m	Tension Tonnes
chariot seul	3,12	3,52	3,26	3,37	3,34	3,29	3,43	3,20
Poids								
10 Kg	3,20	3,61			3,43	3,36	3,52	3,27
25	3,27	3,78	3,45	3,58	3,52	3,51	3,60	3,43
50	3,43	3,99	3,58	3,83	3,67	3,73	3,75	3,65
75	3,55	4,24			3,79	3,97	3,86	3,91
100	3,66	4,49	3,80	4,32	3,88	4,24	4,01	4,09
125	3,76	4,73			4,04	4,40	4,11	4,33
150	3,88	4,93	4,03	4,75	4,15	4,62	4,23	4,53
175	4,00	5,12	4,12	4,97	4,25	4,82	4,31	4,76

Avec le saumon de 175 kg et pour une température du câble de 37°, nous avons une flèche de 4,31 m.

Les appuis sont à la cote 11,12 m au dessus du zéro de la nouvelle échelle. Le point bas du câble se trouve par suite à la cote 6,81 m.

Le câble tracteur a une flèche plus grande d'environ 80 cm. Le point bas se trouve donc à 6,00 m au-dessus du zéro de l'échelle.

Les conditions ci-dessus sont très défavorables et en pratique le tirant d'air est plus important.

La crue de décembre 1960, qui a atteint la cote 5,92 m, n'a pas touché les câbles.

Nous avons calculé la tension à laquelle sera soumis le câble dans les conditions défavorables suivantes :

- saumon = 175 kg
- vent de 100 km /h

Le câble est soumis à une force concentrée :

$$P = 350 \text{ kg}$$

Le vent exerce une pression sur le câble égale à :

$$80 \times 217,3 \times 0,022 = 380 \text{ kg}$$

La charge répartie sur le câble est égale à :

$$\sqrt{380^2 + 326^2} = 500 \text{ kg}$$

D'après la courbe de variation de la flèche, en fonction du poids, nous trouvons dans ces conditions que la flèche sera sensiblement égale à 4,50 m, à la température de 13° 5.

La tension du câble est donc :

$$T = \frac{L}{4f} \left( P + \frac{Q}{2} \right) = 7,5 \text{ tonnes}$$

Le coefficient de stabilité des massifs est, ici encore, doté d'une large marge de sécurité puisque, dans les plus mauvaises conditions, il est égal à 7.

Les conditions examinées ci-dessus sont difficilement réalisables, car des jaugeages avec des vents de 100 km/h doivent être pratiquement impossibles à exécuter. Mais pendant les cyclones, il arrive fréquemment que le vent atteigne des vitesses supérieures à 180 km/h. Les tensions encaissées par le câble dans ces conditions sont très voisines de celles que nous avons trouvées plus haut.

## 2.- BETSIBOKA

### a) Station d'AMBODIROKA

#### Généralités -

Les coordonnées géographiques sont :

Latitude : 16°56'27" S

Longitude: 46°57'12" E

La superficie du Bassin versant est de 11 800 km<sup>2</sup>.

Les premières études hydrologiques de la BETSIBOKA, ont été effectuées par la mission E.D.F de 1947-48. Elles ont été entreprises au droit de la Concession d'ANDROVA, à 10 km à l'aval des chutes d'AMBODIROKA.

L'exploitation d'une échelle posée en ce point le 15 septembre 1948 a dû être abandonnée par suite de l'instabilité du lit très sableux. Les lectures de cette échelle ont été poursuivies de façon continue jusqu'au 15 mars 1962.

Les trois jaugeages, tous effectués en période de basses eaux :

<u>Date</u>	<u>Débit m<sup>3</sup>/s</u>
15- 9-48	77
8-11-48	79
22- 5-49	143

ne permettent pas le tarage de cette station.

Une nouvelle échelle, placée le 23 mai 1949 à AMBODIROKA, s'est substituée à celle d'ANDROVA.

Cette échelle a été doublée en 1951 par un limnigraphe installé par le Service des Travaux Publics.

Située en rive gauche au pied des chutes d'AMBODIROKA, cette station a dû être abandonnée du fait de l'extrême mobilité du lit. En crue, la vitesse du courant, très grande à la sortie des chutes, provoque un affouillement très rapide et très important du lit au droit de l'échelle et sur quelques centaines de mètres à l'aval. En saison sèche, la mouille ainsi créée se comble lentement à partir du mois d'avril. Le plan d'eau reste à la même cote pendant deux ou trois mois et le fond se remblaise au fur et à mesure de la diminution du débit. Les lectures d'échelles sont donc très difficiles à interpréter.

Le limnigraphe placé dans un creux de la berge était régulièrement ensablé et ses indications sont inutilisables.

Jusqu'en mars 1954, une échelle rive droite était lue en hautes eaux. Cette échelle était placée à proximité de l'endroit où pourrait être construite la future centrale hydroélectrique. Cette échelle a été supprimée et toutes les lectures rapportées au système de rive gauche.

De 1951 à 1957, quatorze jaugeages avaient été effectués, mais il a été impossible de tracer une courbe d'étalonnage. Les essais d'interprétation n'ont pas donné de résultat satisfaisant. Les seuls renseignements que nous pouvons tirer facilement de ces mesures sont les valeurs approchées des étiages absolus pendant cette période.

En plus des difficultés d'interprétation, l'exécution des jaugeages avec le matériel léger présentait un certain danger dû à la violence du courant. A part deux mesures aux flotteurs à 1850 et 1400 m<sup>3</sup>/s, dont la valeur est tout à fait relative, le plus fort débit mesuré était égal à 618 m<sup>3</sup>/s.

A partir de 1957, une campagne d'études de trois ans est entreprise et les installations sont complètement revues et renforcées. L'échelle rive gauche aval et le limnigraphe BAR sont abandonnés et démontés.

Une nouvelle échelle est placée en amont du pont en rive droite. Elle contrôle une section rocheuse. Elle a été installée le 26 novembre 1957. Son zéro est coté 96,170 par rapport à une borne cotée arbitrairement 100.

Le plan Bp.3 donne le profil en travers de la BETSIBOKA au droit de l'échelle.

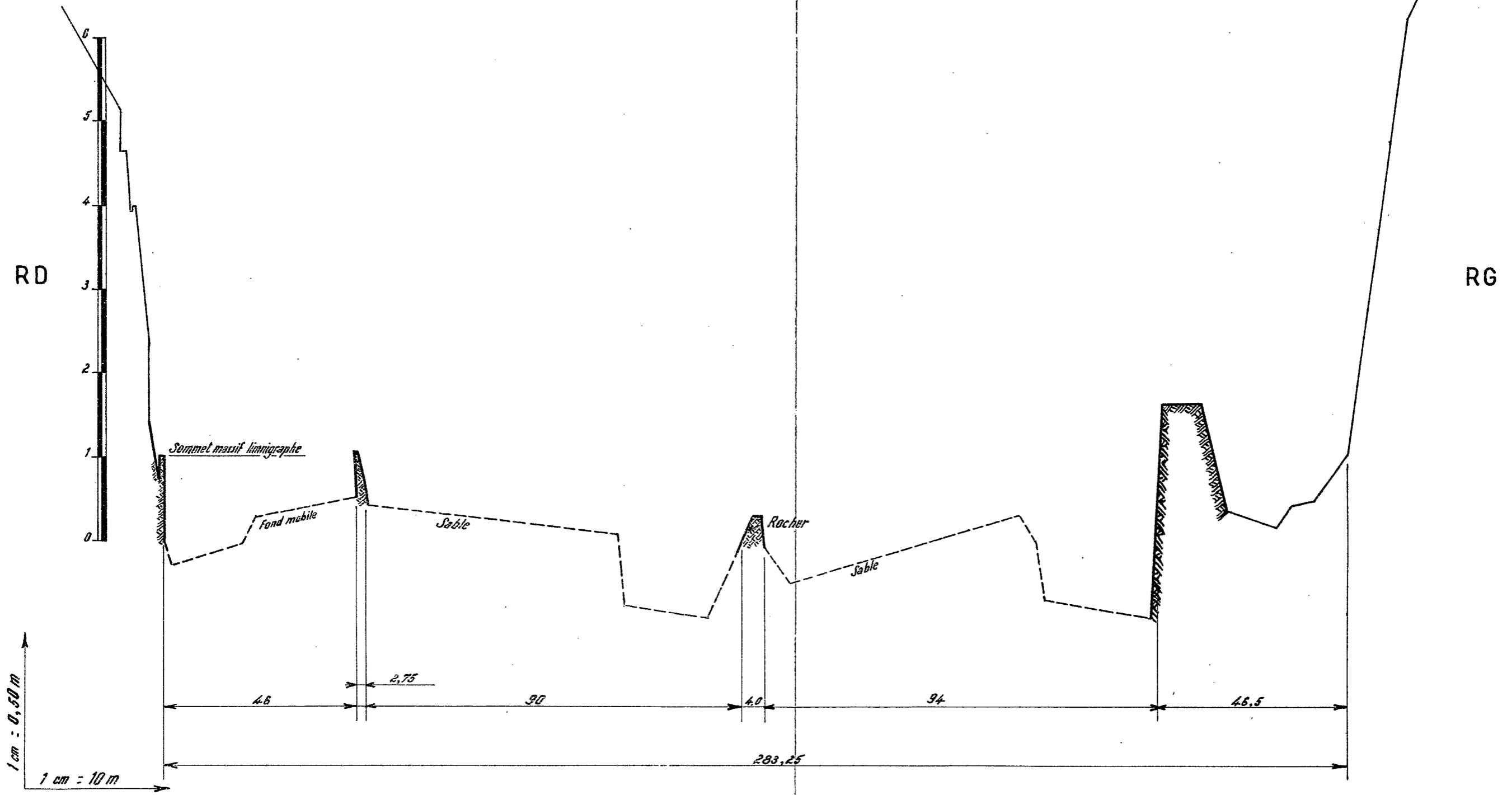
Le 3 octobre 1958, on entreprend la construction d'une pile en béton de 4,50 m de hauteur, pour maintenir le limnigraphe OTT type X. Cet appareil fonctionne à partir du début du mois de novembre. Le 26 mars 1959, une crue extrêmement violente, puisqu'en deux heures le plan d'eau passe de la cote 2 m environ à la cote 5,67 m, renverse la pile et le limnigraphe OTT est perdu.

Le 14 juin 1959, est mis en place un limnigraphe à bulles NEYRPIC, à durée de rotation journalière. Après avoir donné quelques ennuis à la mise en route, dus à des fuites aux différents joints et robinets, cet appareil fonctionne actuellement d'une façon très satisfaisante. La bouteille d'air comprimé (150 kg/cm<sup>2</sup>) assure un fonctionnement continu pendant cinq à six mois.



# LA BETSIBOKA A AMBODIROKA

## PROFIL EN TRAVERS AU DROIT DE L'ÉCHELLE LIMNIMÉTRIQUE



Pour le tarage de cette station, il a été installé en aval des chutes, à environ 2 km du pont, une station téléphérique lourde, dont les caractéristiques sont indiquées plus loin.

Les jaugeages sont effectués à partir de cette station avec un saumon OTT de 100 kg. Du fait du charriage important, le moulinet est très souvent ensablé, ce qui ne simplifie pas les mesures.

Du 13 novembre 1957 au 19 avril 1961, 100 jaugeages ont été réalisés et ont permis le tarage de la station. La dispersion est forte surtout en hautes eaux. Entre 500 et 2854 m<sup>3</sup>/s nous avons trouvé une courbe moyenne.

Cette dispersion est due à la variation très rapide du plan d'eau pendant les crues, à l'ensablement très fréquent du moulinet, à la difficulté de repérer le fond avec précision et aussi à la lenteur des mesures à la station téléphérique.

L'extrapolation est très importante. Nous l'avons, comme pour l'IKOPÀ à ANTSATRANA, établie par la méthode de STEVENS, à partir du profil en travers de la section au droit de l'échelle. Cette extrapolation est indiquée sur le graphique Bg.8.

La liste des jaugeages effectués en 1951-1957 et depuis le 13 Novembre 1957 est donnée ci-après :

JAUGEAGES EFFECTUES du 8-6-51 au 20-3-57

n°	Date	Cote (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
1	8- 6-51	1,72	146
2	2-11-51	1,70	56
3	15- 6-52	1,87	151
4	6-10-53	2,10	83
5	31- 5-54	1,75	142
6	28-10-54	1,635	60
7	1- 3-55	2,97	1850
8	2- 3-55	2,98	1400
9	28- 7-55	1,845	104
10	15- 2-56	2,33	486
11	16- 2-56	2,15	407
12	30- 9-56	1,86	53
13	6-11-56	1,815	33
14	20- 3-57	2,88      2,78	618
		cotes anciennes	
		échelle aval RG	

JAUGEAGES EFFECTUES du 6-11-57 au 19-4-61

n°	Date	Cote (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
1	6-11-57	0,11	77
2	13-11-57	0,03	51
3	23-11-57	0,22	94
4	28- 2-58	1,60	748
5	19- 3-58	1,32      1,28	479
6	20- 3-58	1,44      1,40	584
7	21- 3-58	1,24      1,18	398
8	8- 4-58	0,88	207
9	9- 4-58	0,95	246
10	16- 4-58	0,81	202
11	9- 6-58	0,54	142
12	8- 9-58	0,24	74
12bis	28-10-58	1,25    1,31    1,24	426
13	10-11-58	1,50      1,37	672

(Suite)

n°	Date	Cote (m)		Débit (m <sup>3</sup> /s)
14	14-12-58	1,46	1,36	558
15	18-12-58	1,70	1,66	764
16	20-12-58	1,43	1,40	465
17	2- 1-59	2,26	2,01	1391
18	5- 1-59	2,20	2,30	1920
19	7- 1-59	3,00	2,25	1955
20	14- 1-59	1,58	1,60	654
21	15- 1-59	1,69	1,62	799
22	11- 2-59	2,30	2,15	859
23	27- 2-59	2,35	2,10	1136
24	28- 2-59	2,10	1,90	802
25	2- 3-59	2,15	2,25	917
26	4- 3-59	2,10	2,22	1649
27	5- 3-59	2,61	2,65	2030
28	5- 3-59	2,98	2,60	2792
29	6- 3-59	2,45	2,35 1,95	1329
30	30- 3-59	2,90	3,10	2854
30bis	30- 3-59	2,70	2,50	2075
31	1- 4-59	3,10	2,82	2476
32	1- 4-59	2,58	2,52	1894
33	14- 4-59	1,41	1,40	542
34	17- 4-59	1,43	1,41	496
35	20- 4-59		1,31	448
36	28- 4-59		1,20	467
37	6- 5-59		1,09	338
38	26- 5-59		0,88	226
39	6- 7-59		0,66	180
40	1- 9-59		0,45	119
41	2-10-59		0,30	89
42	21-10-59		0,29	84
43	25-11-59	2,50	2,15	1741
44	15- 1-60	1,13	1,08	415
45	22- 1-60	1,50	1,25	609
46	25- 1-60	2,02	2,05	1350
47	15- 2-60	2,00	1,80	1035
48	5- 3-60	1,40	2,45	753
49	5- 3-60	2,95	2,60	1633
50	9- 3-60		1,09	307
51	12- 3-60		0,98	226
52	22- 3-60		1,15	356
53	24- 3-60		1,30	441
54	25- 3-60	2,07	1,68	1081

(Suite)

n°	Date	Cote (m)		Débit (m <sup>3</sup> /s)
55	25- 3-60	1,68	1,65	773
56	26- 3-60	2,15	2,10	1532
57	27- 3-60	2,20	2,10	1496
58	27- 3-60	2,00	1,93	1066
59	28- 3-60		1,54	608
60	4- 4-60	0,95	0,90	263
61	6- 4-60	0,79	0,78	221
62	20- 5-60		0,49	184
63	31- 5-60		0,47	170
64	6- 7-60		0,37	120
65	18- 8-60		0,22	92
66	14- 9-60		0,15	78
67	4-10-60		0,09	66
68	13-10-60		0,04	57
69	1-11-60		0,04	56
70	14-11-60		-0,07	41
71	19-11-60		-0,09	40
72	11-12-60	2,15	2,05	1370
73	13-12-60	1,35	1,17	445
74	29-12-60	1,85	1,95 1,88	1039
75	29-12-60	2,05	2,10 2,05	1556
76	30-12-60	2,55	2,30	2707
77	1- 1-61	2,00	1,80	1214
78	5- 1-61	2,30	2,40 2,35	2061
79	6- 1-61	2,20	1,98	1525
80	9- 1-61	2,40	2,35	1961
81	11- 1-61	1,65	1,70 1,65	794
82	13- 1-61	1,15	1,22	393
83	17- 1-61	1,08	1,20	389
84	19- 1-61		0,94	276
85	27- 1-61	1,60	1,40	655
86	28- 1-61	1,75	1,65	733
87	8- 3-61	1,85	1,50	778
88	8- 3-61	1,50	1,40	554

(Suite)

n°	Date	Cote (m)		Débit (m <sup>3</sup> /s)
89	9- 3-61	1,70	1,58	873
90	9- 3-61	1,55	1,37	654
91	16- 3-61	1,50	1,25	541
92	17- 3-61	2,05	1,80	1167
93	17- 3-61	2,10	2,00	1450
94	18- 3-61	2,00	1,95	1294
95	24- 3-61	1,10		422
96	13- 4-61	2,15	2,00	1339
97	13- 4-61	2,00	1,95	942
98	19- 4-61	1,70	1,60	662

Le graphique n° Bg.9 donne la courbe de tarage.

Le barème utilisé est consigné dans le tableau ci-dessous :

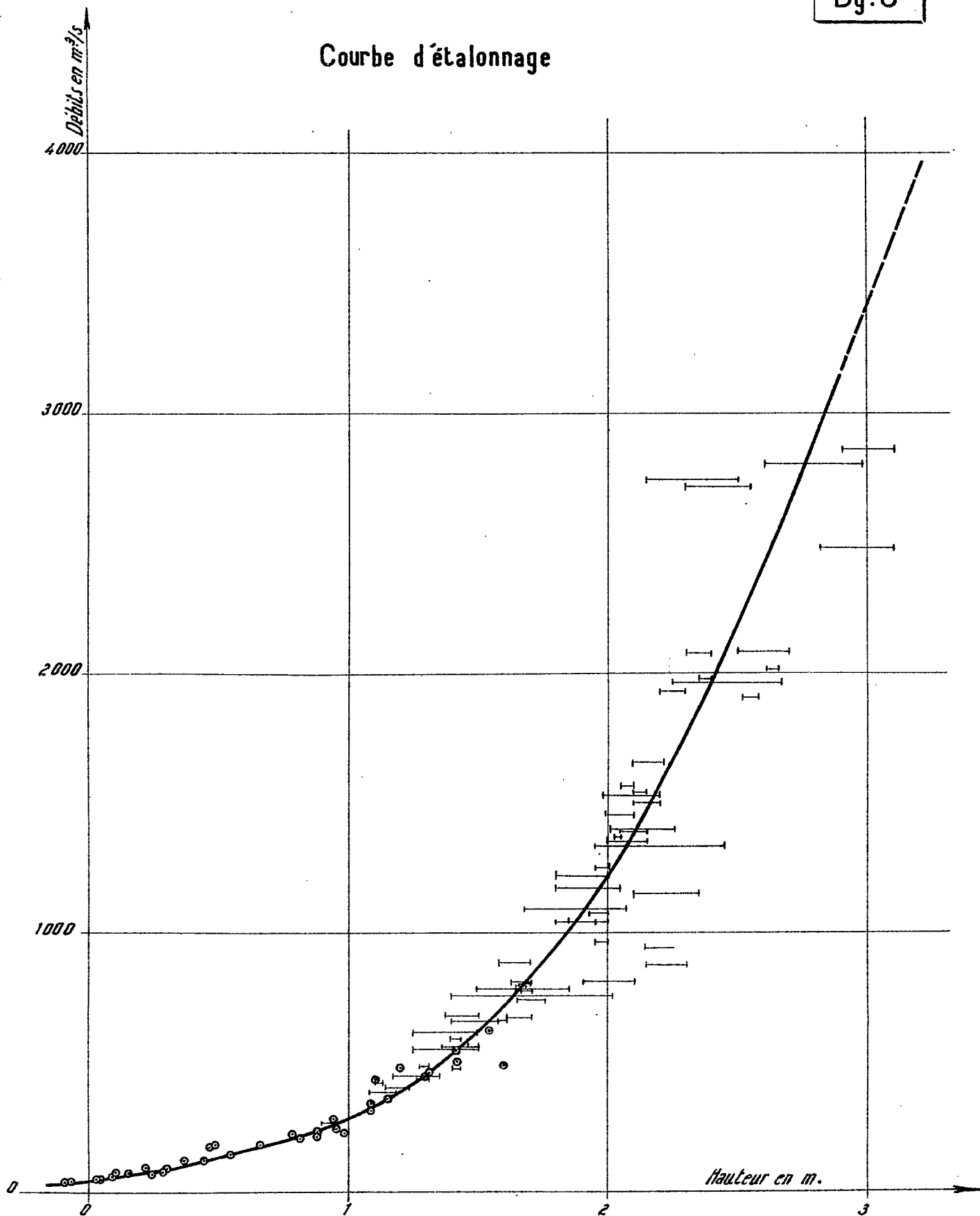
BAREME

H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
-0,15	30	1,40	532	3,20	3950
-0,10	36	1,50	620	3,40	4500
-0,05	43	1,60	715	3,60	5050
0,00	50	1,70	820	3,80	5660
0,10	63	1,80	935	4,00	(6350)
0,20	78	1,90	1070	4,20	(7050)
0,30	95	2,00	1220	4,40	(7750)
0,40	115	2,10	1390	4,60	(8450)
0,50	137	2,20	1560	4,80	(9150)
0,60	160	2,30	1766	5,00	(9850)
0,70	183	2,40	1970	5,20	(10550)
0,80	208	2,50	2180	5,40	(11250)
0,90	240	2,60	2410	5,60	(11950)
1,00	280	2,70	2650	5,80	(12650)
1,10	328	2,80	2900		
1,20	385	Extrapolation			
1,30	455	méthode de STEVENS			
		3,00	3400		

# BETSIBOKA à AMBODIROKA

Bg. 8

## Courbe d'étalonnage



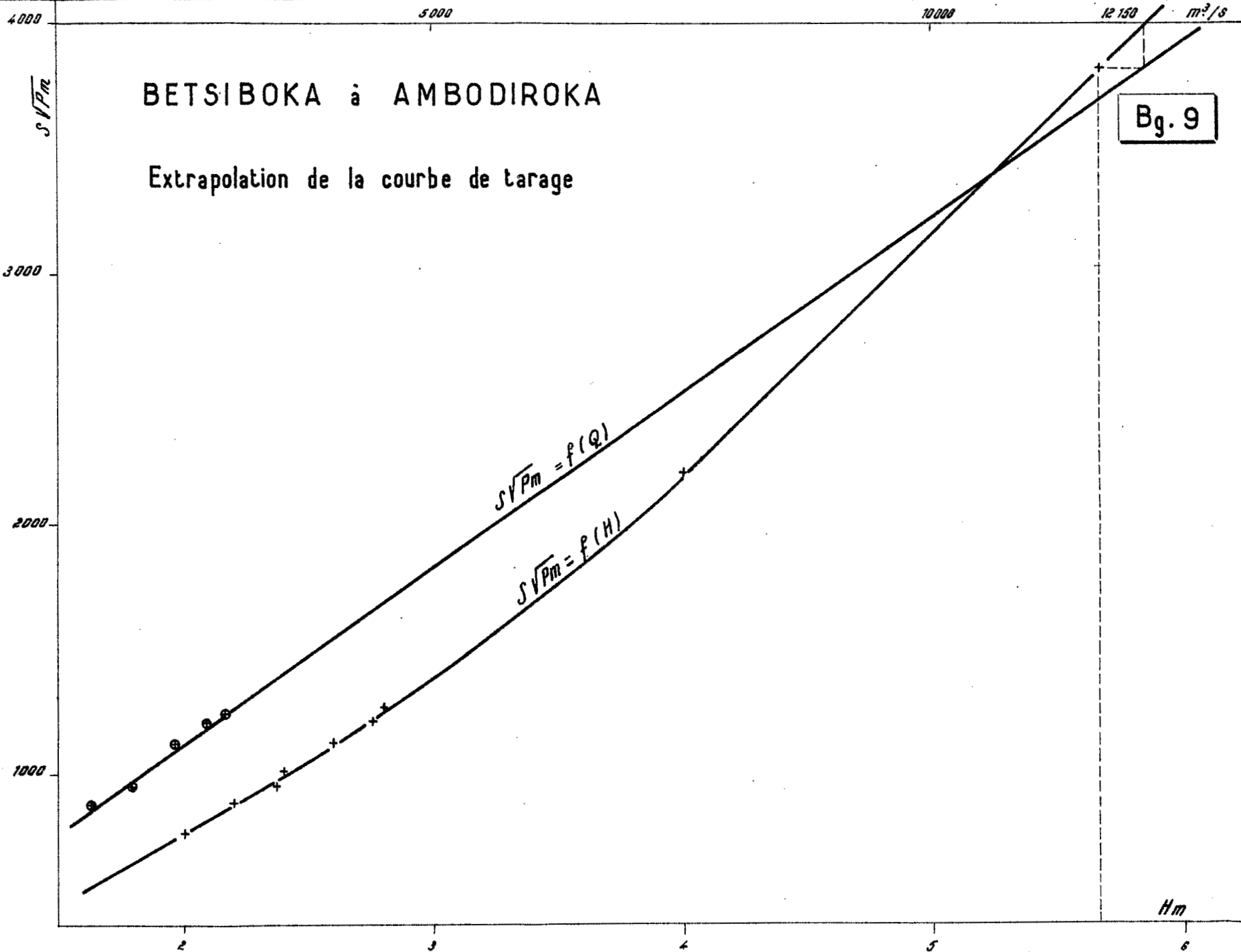
O R S T O M

A 0

DATE : 18-11-1958

DESSINE : J. A. H. J.

MAD 171 030





Description de la station téléphérique

Son installation a été menée à bien au cours de la saison sèche 1958. Il a fallu sensiblement le même temps qu'à ANTSATRANA. Les premières mesures ont été faites en Novembre et Décembre 1958.

Matériel utilisé -

Il est identique à celui d'ANTSATRANA.

- Implantation :

Les berges sont escarpées et constituées en rive gauche par des roches altérées en surface, mais solides en profondeur. En rive droite, la latérite compacte repose sur un socle rocheux situé à environ 15 m au-dessous du sol naturel.

Une plate-forme de 10 m x 10 m a été creusée au flanc de la berge.

Le dessin Bp.4 montre le profil en travers au droit des ancrages. La vue d'ensemble de la station est donnée sur le plan Bp.5.

Le massif rive droite a la forme d'un tronc de pyramide dont les dimensions sont les suivantes :

- Grande base : 2,20 x 3,50
- Petite base : 1,50 x 3,20
- Hauteur moyenne: 2 m.

Il est ancré par l'intermédiaire de fers ronds de 30, scellés dans le socle rocheux.

Rive gauche, nous avons rencontré des roches relativement saines, et le massif n'a pas pu avoir une forme géométrique; ses dimensions moyennes sont les suivantes :

- Longueur perpendiculaire à l'axe du câble ..... : 3,00 m
- Largeur moyenne ..... : 1,85 m
- Profondeur moyenne ..... : 2,00 m

STATION D'AMBODIROKA  
Téléphérique de jaugeage  
Profil en travers  
Echelle: 1/100

Bp. 4

RG

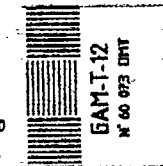
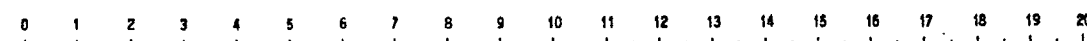
RD

ALTITUDES	13.004	12.640	11.755	10.215	10.157	9.683	7.619	5.239	3.445	1.988	0.000
DISTANCES CUMULÉES			24 15								
DISTANCES PARTIELLES	320	440	245	245	315	315	180	135	220		
NUMÉRO DES PIQUETS	1	2	3	5	6	7	8	10	11	12	13

ALTITUDES	0.000	1.104	3.141	5.703	8.437	11.212	12.433	13.057	13.200
DISTANCES CUMULÉES				40.00					
DISTANCES PARTIELLES	160	420	675	695	800	360	840	280	
NUMÉRO DES PIQUETS	8	6	7	6	5	4	3	1	0

MAD 171 040

Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCQVWVMSZXY  
zsaeocmuvnwixirfkhdpggyjt 7142385690  
Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCQVWVMSZXY  
zsaeocmuvnwixirfkhdpggyjt 7142385690

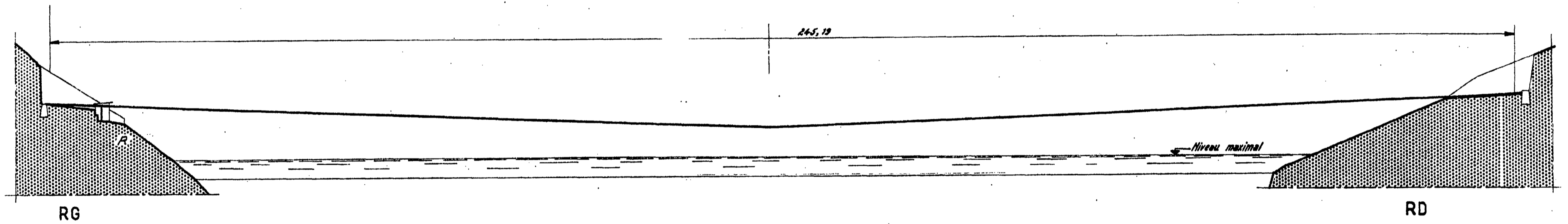


Bp. 5

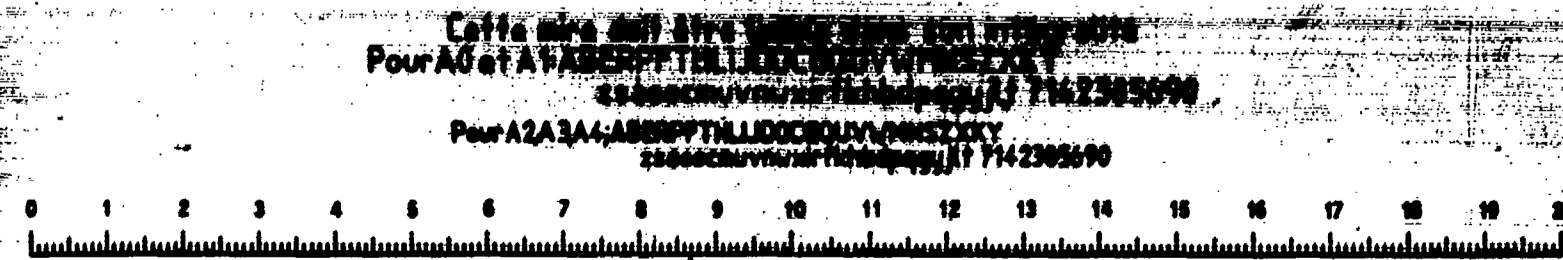
LA BETSIBOKA A AMBODIROKA

Vue d'ensemble de la station téléphérique

Echelle 1/500<sup>e</sup>



MAD 171041



Pour les deux massifs, la face située contre la colline présente un léger fruit destiné à donner une plus grande stabilité en faisant entrer en jeu la poussée des matériaux situés au-dessus.

En admettant une résistance à la compression de la latérite et du rocher égale, respectivement, à 8 000 kg/m<sup>2</sup> et 15 000 kg/m<sup>2</sup>, les faces frontales des massifs peuvent encaisser des tensions de 56 et 90 tonnes.

La mise en place des câbles s'est opérée dans les mêmes conditions qu'à ANTSATRANA. La flèche définitive du câble porteur est égale à 5,50 m sous une charge de 120 kg.

Les mêmes essais ont été effectués. Les courbes de variation de la flèche en fonction du poids et de la température sont donnés sur le graphique Bg.10.

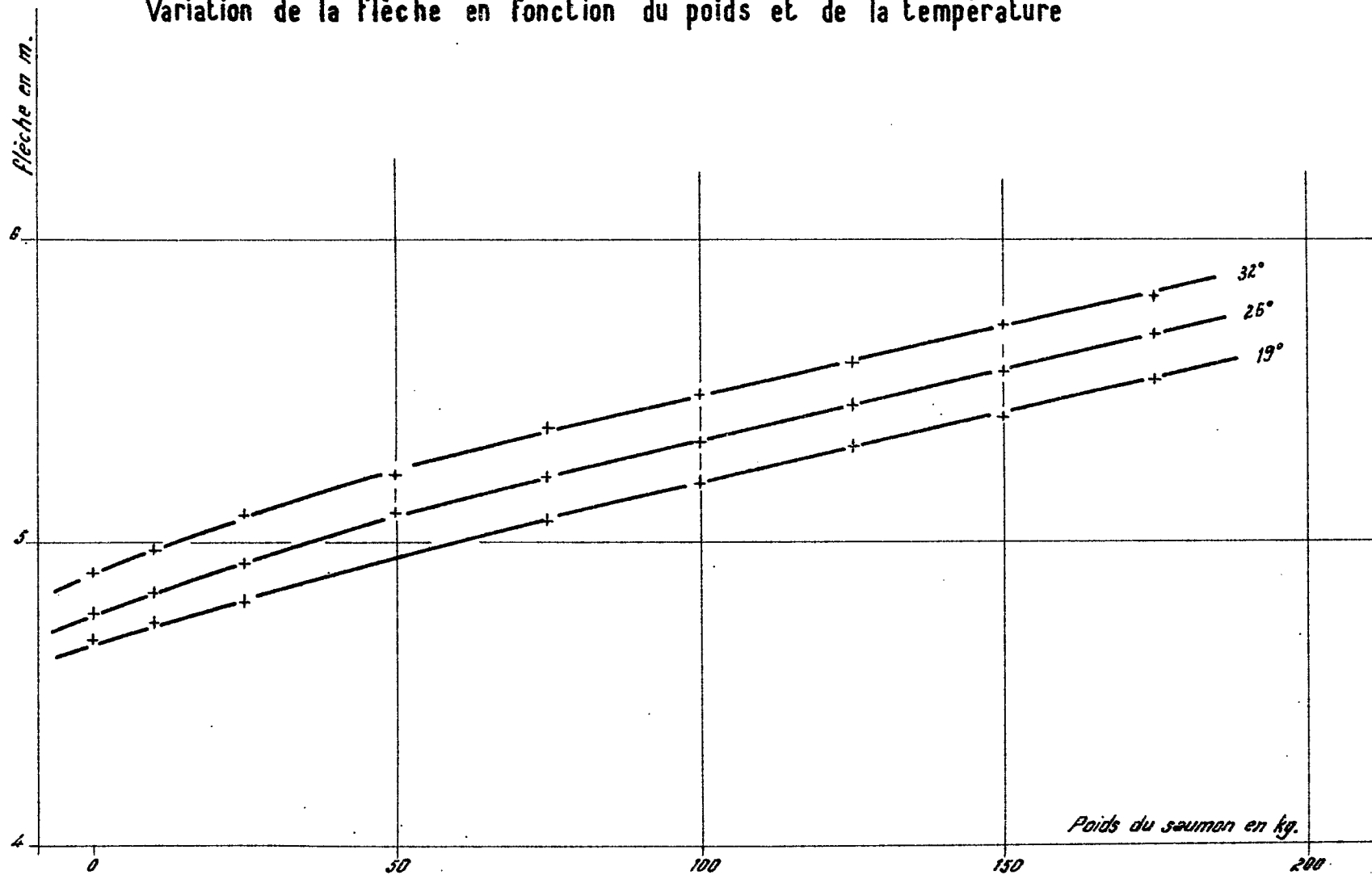
Le graphique Bg.11 a permis la détermination de la portée exacte entre appuis. Elle est égale à 244,50 m.

Le tableau ci-dessous donne la tension et les flèches en fonction des températures et des poids calculés comme pour Antsatrana à partir de la formule des câbles tendus :

	Température du câble					
	19°		26°		32°	
	Flèche	Tension	Flèche	Tension	Flèche	Tension
	m	Tonnes	m	Tonnes	m	Tonnes
Chariot						
seul..	4,68	3,09	4,77	3,08	4,90	2,98
10 kg	4,73	3,18	4,83	3,11	4,98	3,03
25....	4,80	3,24	4,92	3,25	5,09	3,14
50....			5,10	3,43	5,22	3,35
75....	5,06	3,76	5,21	3,65	5,38	3,54
100....	5,19	3,96	5,33	3,85	5,48	3,74
125....	5,31	9,16	5,44	4,06	5,59	3,94
150....	5,41	4,33	5,56	4,25	5,72	4,13
175....	5,33	4,56	5,68	4,42	5,81	4,32

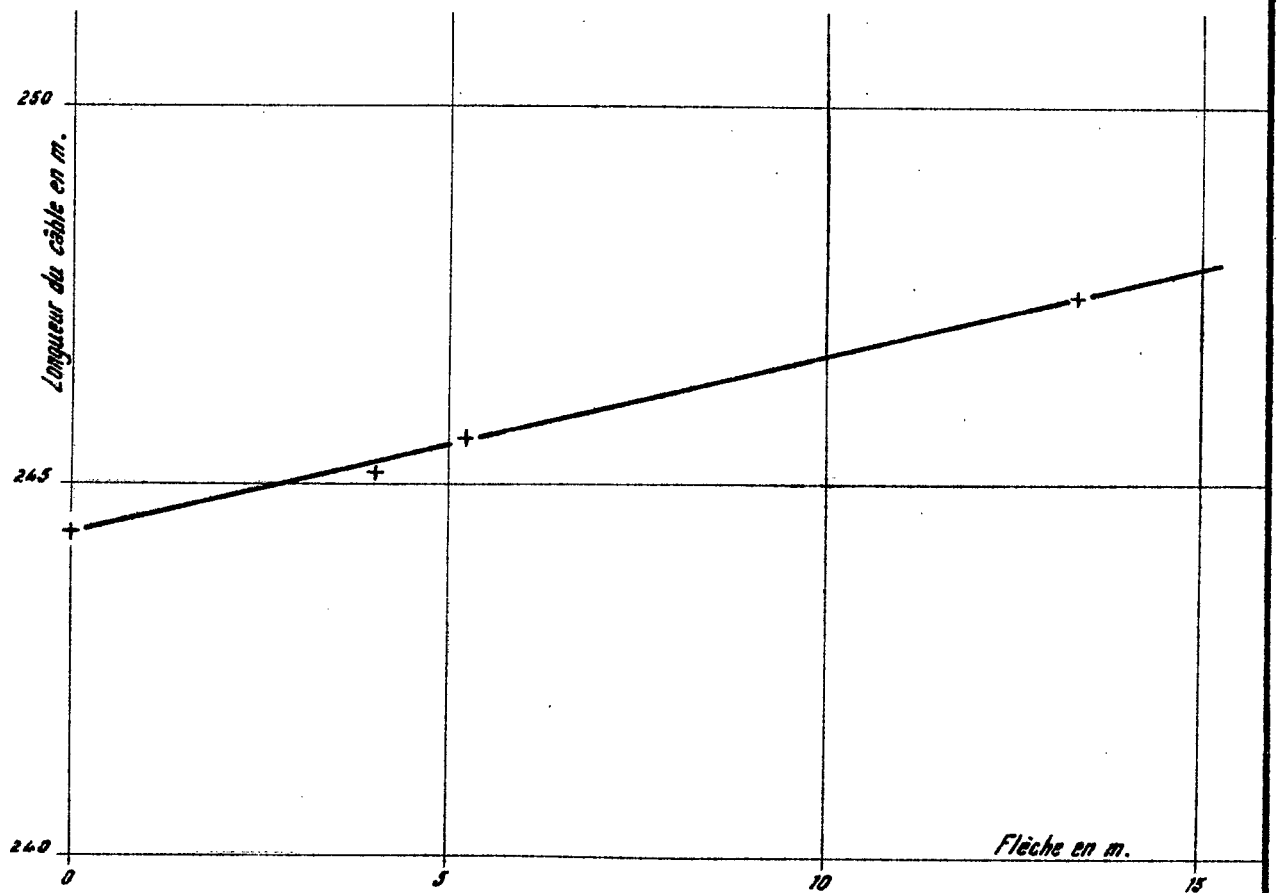
## STATION D'AMBODIROKA

Variation de la flèche en fonction du poids et de la température



## STATION D'AMBODIROKA

Variation de la longueur du câble en fonction de la flèche



Les appuis du câble sont à la cote 13,30 par rapport au repère P 13 du plan Bp.4.

La cote maximale atteinte au-dessus de ce même repère au cours du cyclone de mars 1959 a été à peu près égale à 4 m.

Le câble tracteur a son point le plus bas à 1 m au-dessous du câble porteur. Il se situe donc environ, dans le cas le plus défavorable ( $T 32^\circ P = 175 \text{ kg}$ ), à 2,50 m au-dessus du niveau des plus hautes eaux.

Sur la BETSIBOKA, les arbres charriés en crue ne sont jamais très importants et cette garde est suffisante.

Au moment des jaugeages, le saumon immergé reçoit une poussée assez forte due au courant et aux herbes qui peuvent s'accrocher au câble.

La composante horizontale de la poussée est égale au produit du poids du saumon par la tangente de l'angle du câble avec la verticale. Cet angle a été au maximum égal à  $30^\circ$ . Cependant, exceptionnellement (souches heurtant le câble), il peut atteindre  $50^\circ$ .

Dans ce cas, avec un saumon de 175 kg et en admettant qu'on puisse effectuer un jaugeage par un vent de 100 km/h exerçant, sur une surface cylindrique, une pression de 80 Kg/m<sup>2</sup> environ, quelle sera la tension du câble porteur ?

Le câble est soumis aux efforts suivants :

- force horizontale due à la poussée du courant

$$p = 175 \times 1,992 = 350 \text{ kg}$$

- force verticale poids du chariot et du saumon = 205 kg

Le résultante de ces forces est égale à 400 kg

- le vent exerce sur le câble une pression de :

$$80 \times 244,5 \times 0,022 = 440 \text{ kg}$$

La charge répartie sur le câble est égale à 570 kg.

Dans ces conditions, nous estimons, d'après les courbes du graphique Bg.10 que le câble aura une flèche de 6,30 m. Il sera donc soumis à une tension :

$$T = 7 \text{ tonnes}$$

Le coefficient de stabilité des ancrages dans les circonstances les plus défavorables sera donc égal à :

$$\frac{56}{7} = 8$$

b) Station d'AMBODIROKA sur l'ISINKO

Cette station est située sur un seuil rocheux à environ 1 km en amont du confluent de la BETSIBOKA. Des chutes et rapides entre la station et le confluent mettent l'échelle au-dessus du remous des crues de la BETSIBOKA.

Les coordonnées de la station sont les suivantes :

- Latitude : 16°56'56" S
- Longitude : 46°57'39" E

Le bassin versant a une surface de 600 km<sup>2</sup>.

La première échelle a été posée en Novembre 1957. Son zéro est calé à 99,170. Elle a été doublée le 3 mars 1959 d'un limnigraphe OTT type X à durée de rotation mensuelle. Ce limnigraphe est fixé à un tube galvanisé de 400 mm de diamètre, ancré à un arbre voisin de la berge rive droite.

Le 19 octobre 1959, une nouvelle échelle est fixée sur le tube du limnigraphe et remplace celle de novembre 1957; la cote du zéro est égale à 99,100.



Les relevés sont effectués régulièrement depuis 1957. Nous n'avons eu que quelques lacunes dues à des défaillances passagères de l'observateur en février et mars 1963. Cependant, les observations sont parfois sujettes à caution.

Les enregistrements ne sont pas tous utilisables du fait de l'ensablement du bas du tube. Malgré les consignes données pour l'exploitation, le sable n'est pas toujours enlevé à temps.

Une station téléphérique sommaire est montée à environ 100 m en aval de l'échelle dans un bief où l'écoulement est relativement uniforme.

Le câble porteur en acier de 8 mm de diamètre est ancré en rive droite à un massif de béton et en rive gauche à un gros arbre. Le câble tracteur est du câble type aviation de 4 mm. Le treuil a été fabriqué sur place à l'aide des pièces récupérées sur des vieux treuils de chantier. L'ensemble a fonctionné d'une manière satisfaisante.

Le tarage est assuré par 32 jaugeages, effectués entre le 14 novembre 1957 et le 17 avril 1961, pour des débits variant de 1,81 à 285 m<sup>3</sup>/s.

La liste de ces mesures est donnée ci-dessous, les hauteurs sont rapportées à l'échelle calée à 99,100 :

N°	Date	Cote (m)		Débit (m <sup>3</sup> /s)
1	14-11-57	0,29		2,53
2	6- 9-58	0,45		3,87
3	4-11-58	0,43		5,25
4	5- 1-59	1,22	1,15	60
5	27- 1-59	0,90		26,4
6	4- 3-59	2,20	1,97 1,80	205,4
7	5- 1-60	0,90	0,87	23,3
8	28- 1-60	1,09	1,08	40,35
9	29- 2-60	1,32	1,14	69,95
10	4- 3-60	1,93	1,58	195,6
11	4- 3-60	1,58	1,48	133,4
12	19- 3-60	1,12	1,06	43,1

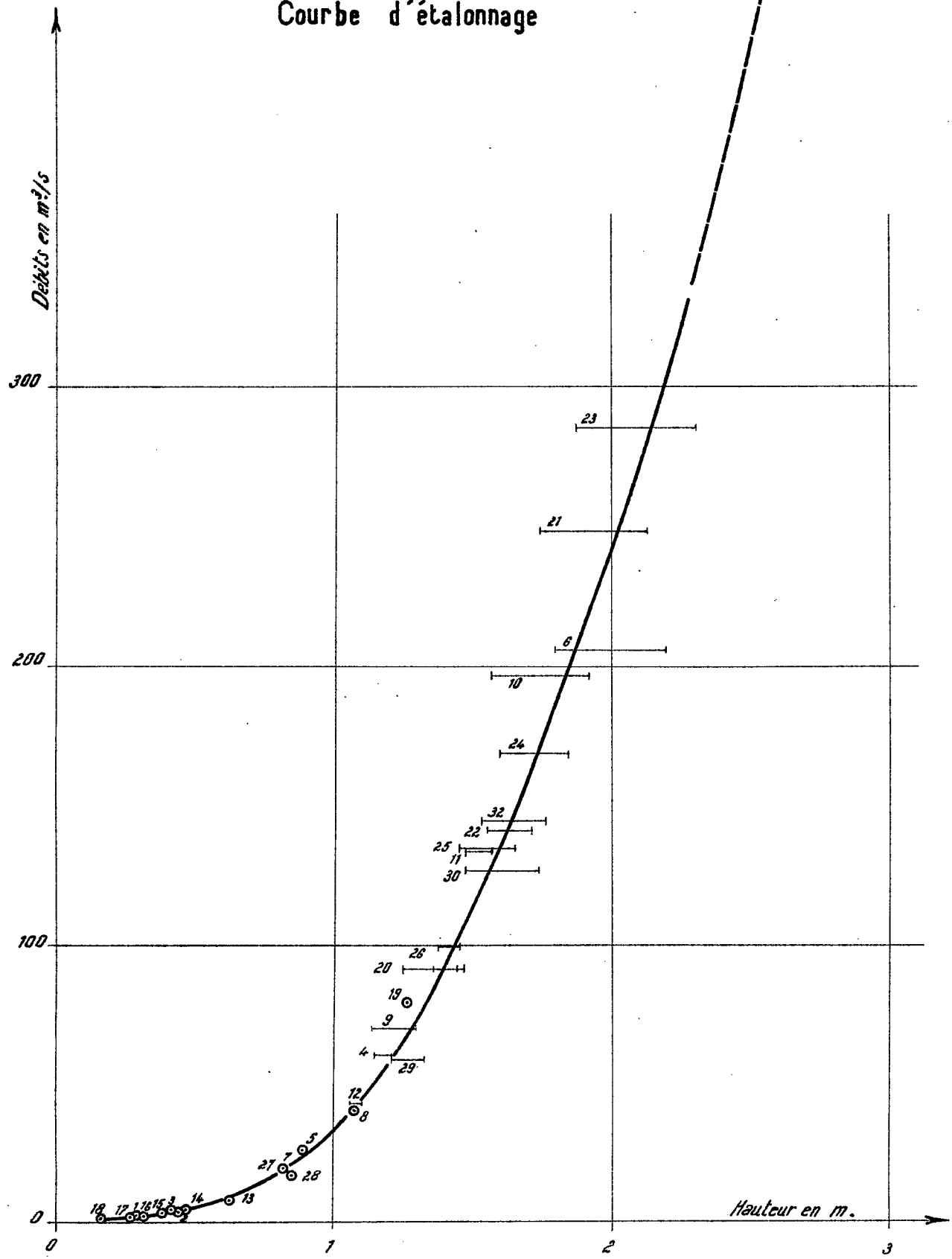
N°	Date	Cote ( m )		Débit(m <sup>3</sup> /s)
13	19- 5-60	0,63	0,62	8,87
14	11- 7-60		0,47	5,12
15	26- 8-60		0,39	3,89
16	24- 9-60		0,32	2,86
17	21-10-60		0,29	2,13
18	14-11-60		0,17	1,81
19	10-12-60	1,20	1,35	79,8
20	14-12-60	1,45		91,4
21	2- 1-61	2,13		248
22	2- 1-61	1,72		141,8
23	3- 1-61	2,30		285,2
24	3- 1-61	1,85		168,8
25	7- 1-61	1,65		134,6
26	7- 1-61	1,46		98,2
27	14- 1-61		0,82	20,3
28	20- 1-61		0,85	17,9
29	26- 1-61	1,33		58,7
30	4- 3-61	1,74		126,00
31	5- 3-61	1,47		91
32	17- 4-61	1,77		144

La plus forte cote observée a été égale à 4,53 m lors du cyclone de Mars 1959. L'extrapolation est très forte puisqu'elle s'étend sur plus de 2,00 m.

L'étalonnage de cette station est rendu très difficile du fait de l'extrême rapidité des crues qui ne durent que quelques heures et qui se produisent généralement la nuit.

# ISINKO à AMBODIROKA

## Courbe d'étalonnage



La connaissance des débits est, lorsqu'il y a eu enregistrement, assez bonne. Quand le limnigraphe n'a pas fonctionné; les lectures, même effectuées trois fois par jour, donnent des débits trop faibles du fait que les pointes de crue ne sont pas observées. Dans ces conditions, la courbe de tarage obtenue a une précision équivalente à celle des hauteurs moyennes établies en faisant la moyenne des trois lectures journalières.

Cette courbe est représentée sur le graphique Bg.12.

Nous avons utilisé le barème suivant :

B A R E M E

H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Q (M <sup>3</sup> /s)
0,10	1	1,00	32	2,00	244
0,20	2	1,10	41	2,20	304
0,30	3	1,20	54	2,40	385
0,40	4	1,30	71	2,60	465
0,50	5,5	1,40	90	2,80	560
0,60	8,0	1,50	112	3,00	660
0,70	12,5	1,60	135	3,40	890
0,80	18,0	1,70	160	3,80	1180
0,90	24,0	1,80	186	4,20	1520
		1,90	214	4,50	1800

3- Bassins versants expérimentaux -

a) BASSIN D'ANDROVAKELY

La carte Bc.2 donne la situation du bassin et l'emplacement de la section de mesures et des différents pluviomètres.

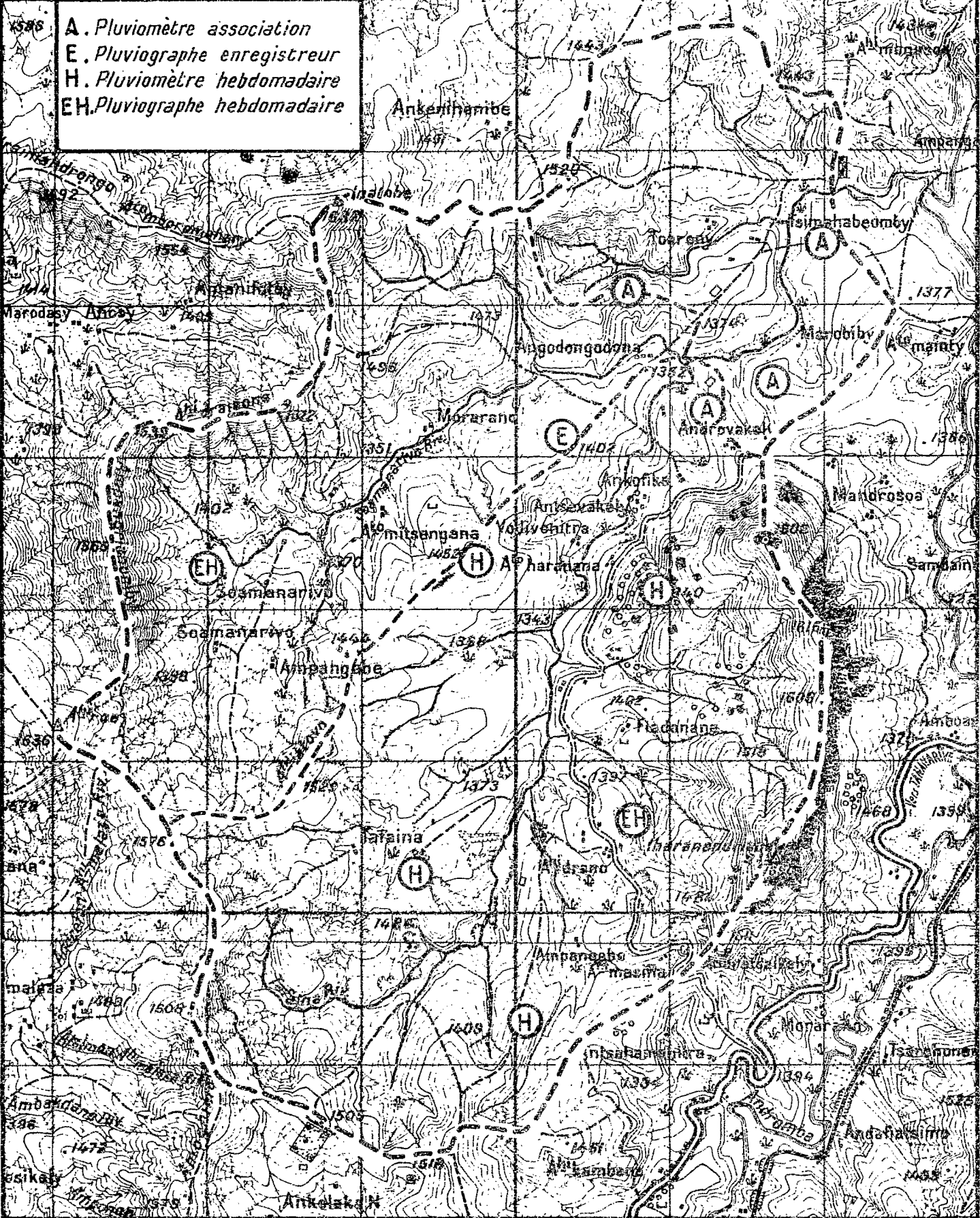
Les premières mesures ont débuté en 1953, mais, jusqu'en 1955, elles ont été médiocres. Des résultats plus satisfaisants ont été obtenus pendant les saisons des pluies 1955-1956, 1956-1957, et 1957-1958.

# BASSIN VERSANT EXPÉRIMENTAL D'ANDROVAKELY

Bc 2

Extrait de la carte I.G.N au 1/50 000 (feuille P-47 III ANTSAHADINTA) Echelle  $\approx 1/33\,333$

A. Pluviomètre association  
 E. Pluviographe enregistreur  
 H. Pluviomètre hebdomadaire  
 EH. Pluviographe hebdomadaire



- Mesure de précipitations -

Le bassin comportait :

- 4 pluviomètres Association
- 4 pluviomètres hebdomadaires
- 1 pluviographe Richard à siphon quotidien
- 1 pluviographe à siphon Casella quotidien
- 1 pluviographe d'intensité Casella
- 2 pluviographes à siphon hebdomadaires

La densité de pluviomètres est très faible pour un bassin de cette superficie. Cette étude a été la première de ce genre effectuée à MADAGASCAR et les méthodes n'étaient pas encore parfaitement au point. Sur les bassins installés actuellement, la densité des pluviomètres est beaucoup plus grande.

Nous rappelons que les renseignements provenant de ce bassin, obtenus avant le début des études hydrologiques entreprises sur la moyenne IKOPA et la moyenne BETSIBOKA, ont été présentés dans la présente Monographie, uniquement en vue de donner un aperçu sur les caractéristiques du ruissellement sur les sols latéritiques des hauts plateaux.

- Mesures de débits -

A TSIMAHABEOMBY, les hauteurs d'eau étaient enregistrées à l'aide de limnigraphes à rotation journalière.

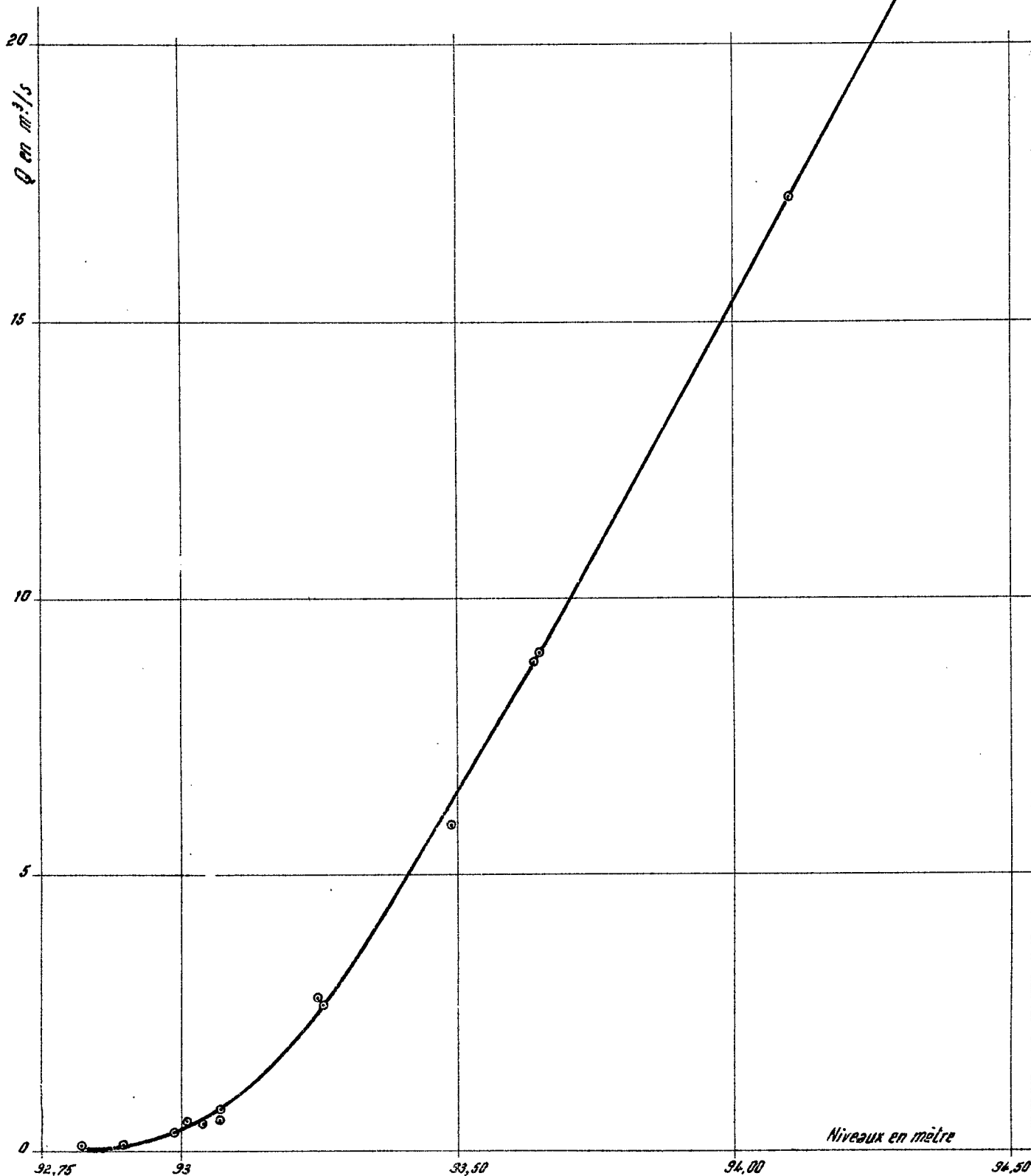
Les débits étaient mesurés à partir d'une station téléphérique.

Vingt jaugeages ont été effectués de 1954 à 1957 et ont donné la courbe de tarage reproduite sur le graphique Bg.13.

# BASSIN VERSANT EXPÉRIMENTAL D'ANDROVAKELY

Bg.13

## Courbe d'étalonnage à TSIMAHABEOMBY



b) BASSIN d'AMBODIROKA -

La carte Bc.3 donne la situation des 2 bassins et l'emplacement des différents appareils.

Ce bassin a été choisi en bordure de la route N.4, dans le but de faciliter les observations.

Nous avons délimité deux bassins : un bassin amont ayant une surface de 1,60 km<sup>2</sup> et un bassin aval englobant le précédent dont la superficie est égale à 4,10 km<sup>2</sup>.

Les études ont débuté en février 1959 d'abord sur le bassin aval. Le bassin amont a commencé à fonctionner le 12 mars 1959. Durant ces premiers mois, les observations ne sont pas très satisfaisantes. Elles correspondent à la période de "rodage". De plus, la station aval était équipée d'un limnigraphe à bulle dont la précision en hauteurs n'était pas adaptée à ce genre de mesures.

Les observations valables ont débuté en novembre 1959. A partir de cette date, les hauteurs d'eau sont contrôlées par des limnigraphes OTT type X.

Les deux saisons des pluies suivantes ont été correctement observées.

- Novembre 1959 à Mars 1960
- Novembre 1960 à Mars 1961.

En 1961-62, nous avons essayé de poursuivre les observations avec l'observateur seul, sans agent technique. Les résultats ont été assez décevants.

- Mesure des précipitations -

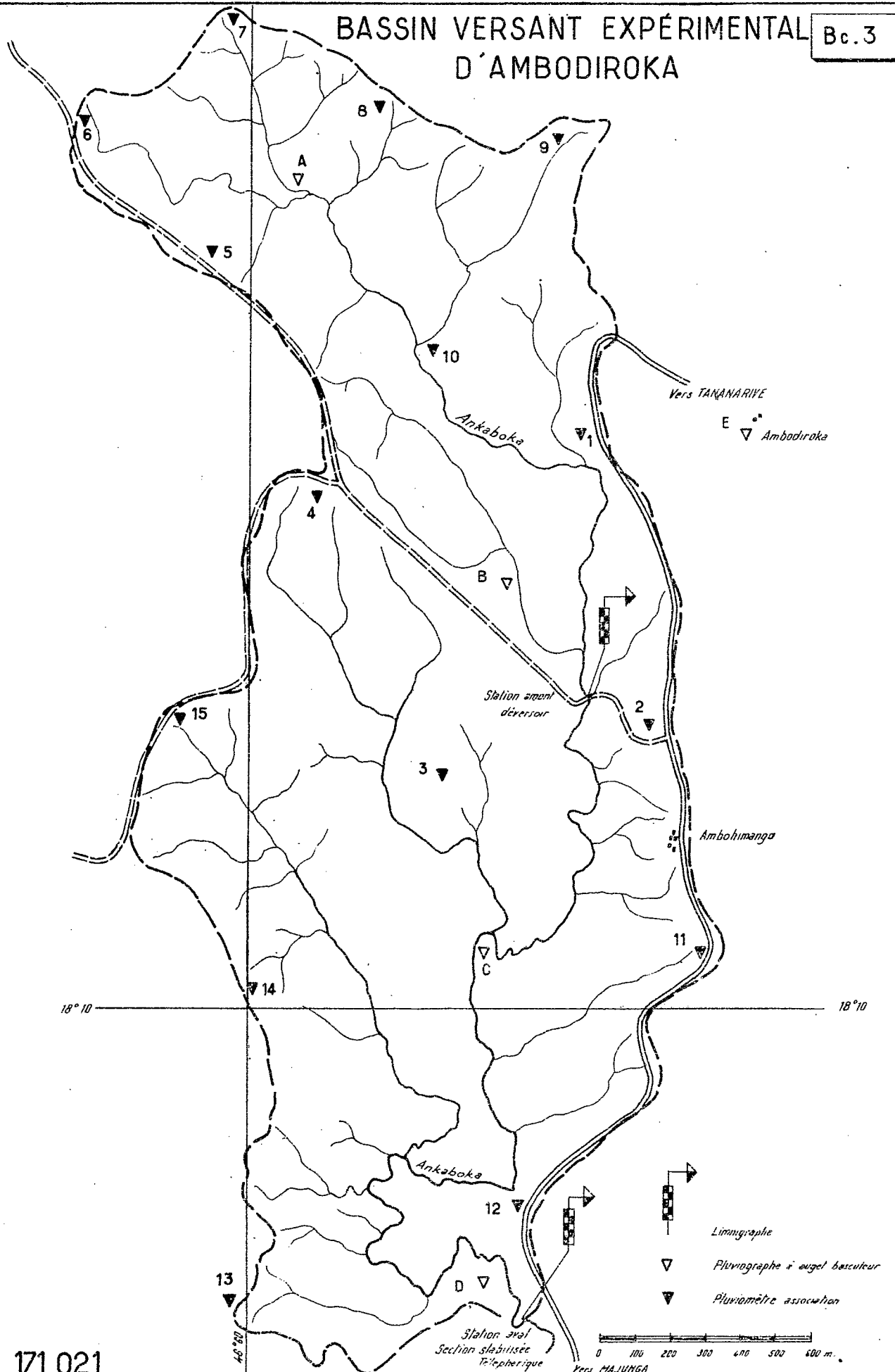
Quinze pluviomètres Association, répartis sur le bassin, et 4 pluviographes à augets basculeurs à durée de rotation journalière permettant une mesure précise des précipitations.




Nous avons adopté une densité d'appareils assez forte dans le but de simplifier les dépouillements en calculant la hauteur de pluie moyenne par la moyenne arithmétique des relevés des pluviomètres.

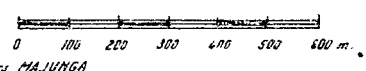


# BASSIN VERSANT EXPÉRIMENTAL D'AMBODIROKA

Bc. 3



-  Limnigraph
-  Pluviographe à angle basculeur
-  Pluviomètre association



MAD 171 021

- Mesure des débits -

A la station aval, nous avons stabilisé la section naturelle par un radier comme indiqué sur le plan Bp.6. En rive gauche, la berge était verticale. En rive droite, nous avons utilisé les pierres plates de trouvant dans le lit pour fixer la berge.

Un limnigraphe OTT assure l'enregistrement journalier des crues.

Les débits sont mesurés à partir d'une station téléphérique sommaire, le treuil de manoeuvre a été fabriqué sur place à partir de treuils de récupération. L'ensemble a donné entière satisfaction.

La station amont a été aménagée sur un seuil rocheux, avec déversoir à large seuil en forme de V, comme indiqué sur le plan Bp.7.

Le premier seuil avait une largeur dans le sens du courant de 1 m et les côtés du V, une pente de 8%. Sa faible largeur rendait les mesures au moulinet difficiles, la longueur de l'écoulement uniforme n'étant pas suffisante.

Pendant la saison sèche 1960 l'ouvrage a été légèrement modifié : sa largeur a été portée à 2 m et la pente des deux côtés à 25 %.

Les variations du plan d'eau sont enregistrées par un limnigraphe OTT type X à durée de rotation journalière. Comme sur le bassin aval, le rapport de démultiplication pour les hauteurs a été pris égal au 1/10.

Les jaugeages sont effectués depuis une passerelle à l'aide d'un moulinet sur perche fixée à un chariot sommaire, se déplaçant sur un U.P.N. En hautes eaux, ces mesures sont assez difficiles, la perche n'étant pas suffisamment amarrée.

Le 25 janvier 1962, une crue importante a atteint et dépassé le sommet des murs et a contourné l'ouvrage en démolissant la digue rive gauche. Le déversoir n'est plus utilisable depuis cette date. Cette crue a dépassé les 2,60 m à l'échelle et le débit correspondant est supérieur à 45 m<sup>3</sup>/s.

Il n'est pas possible de déterminer sa valeur exacte.

Les courbes de tarage des sections aval et amont sont données sur les graphiques Bg 14 et Bg. 15.

Nous avons adopté les barèmes suivants pour la détermination des débits.

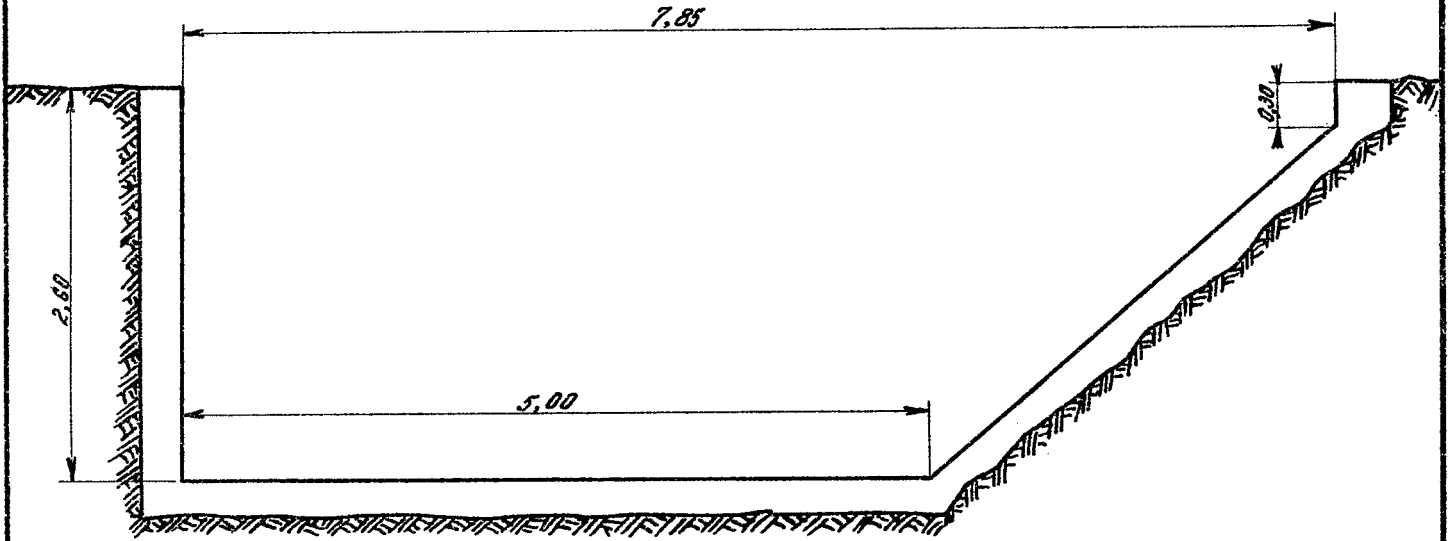
Section aval -

H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
0,10	0,25	1,50	18,0
0,20	0,50	1,60	21,1
0,30	0,80	1,70	24,2
0,40	1,15	1,80	27,3
0,50	1,60	1,90	30,5
0,60	2,20	2,00	33,7
0,70	3,0	2,10	38,4
0,80	4,1	2,20	43
0,90	5,4	2,30	48
1,00	6,8	2,40	53
1,10	8,4	2,50	59
1,20	10,2	2,60	65
1,30	12,4	2,70	72
1,40	15,0		

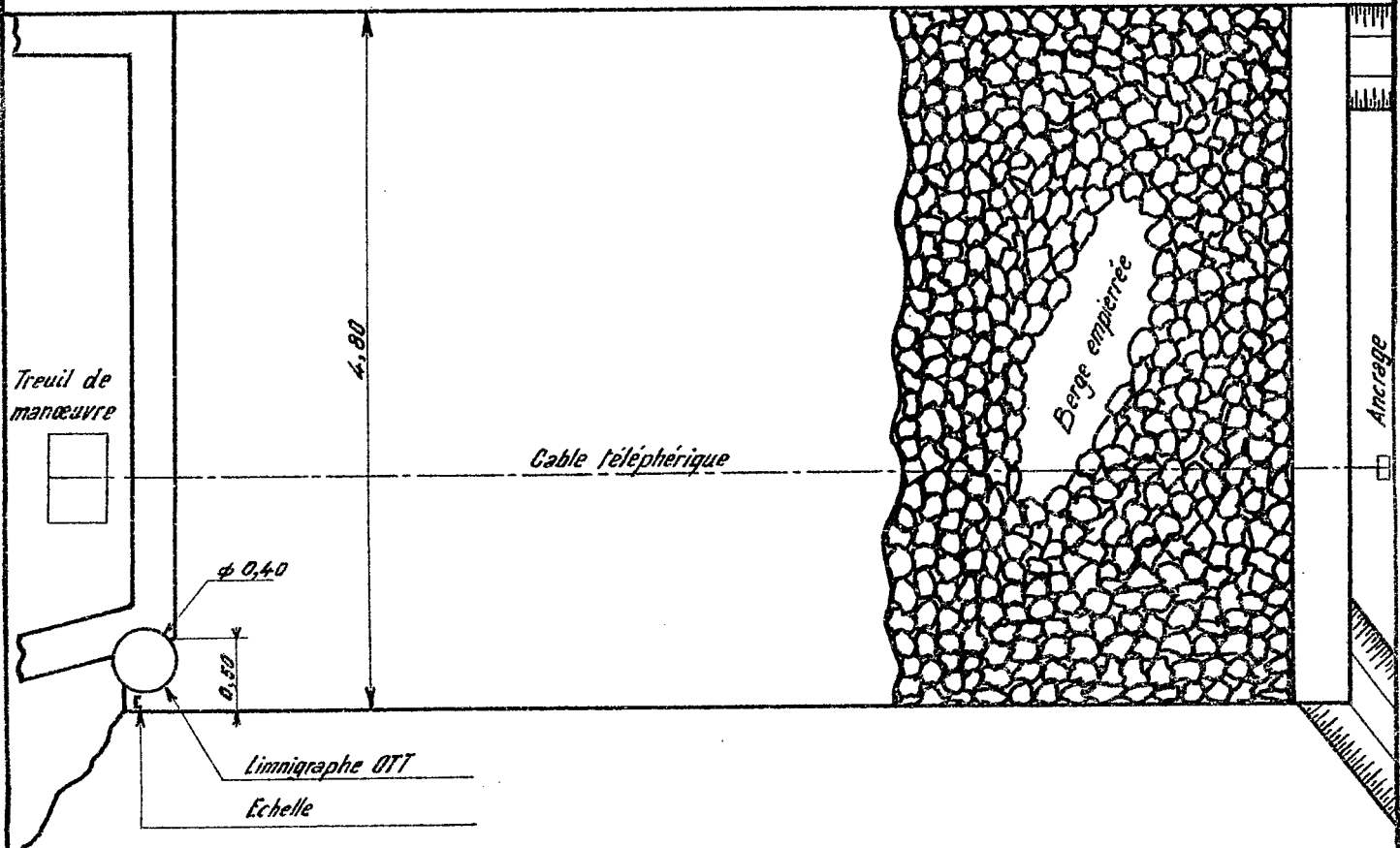
La plus haute cote ayant été jaugée est égale à 1,85. Le niveau maximum observé en janvier 1962 a atteint 2,70 m.

BASSIN VERSANT D'AMBODIROKA  
STATION AVAL  
PROFIL EN TRAVERS

Bp. 6



VUE EN PLAN



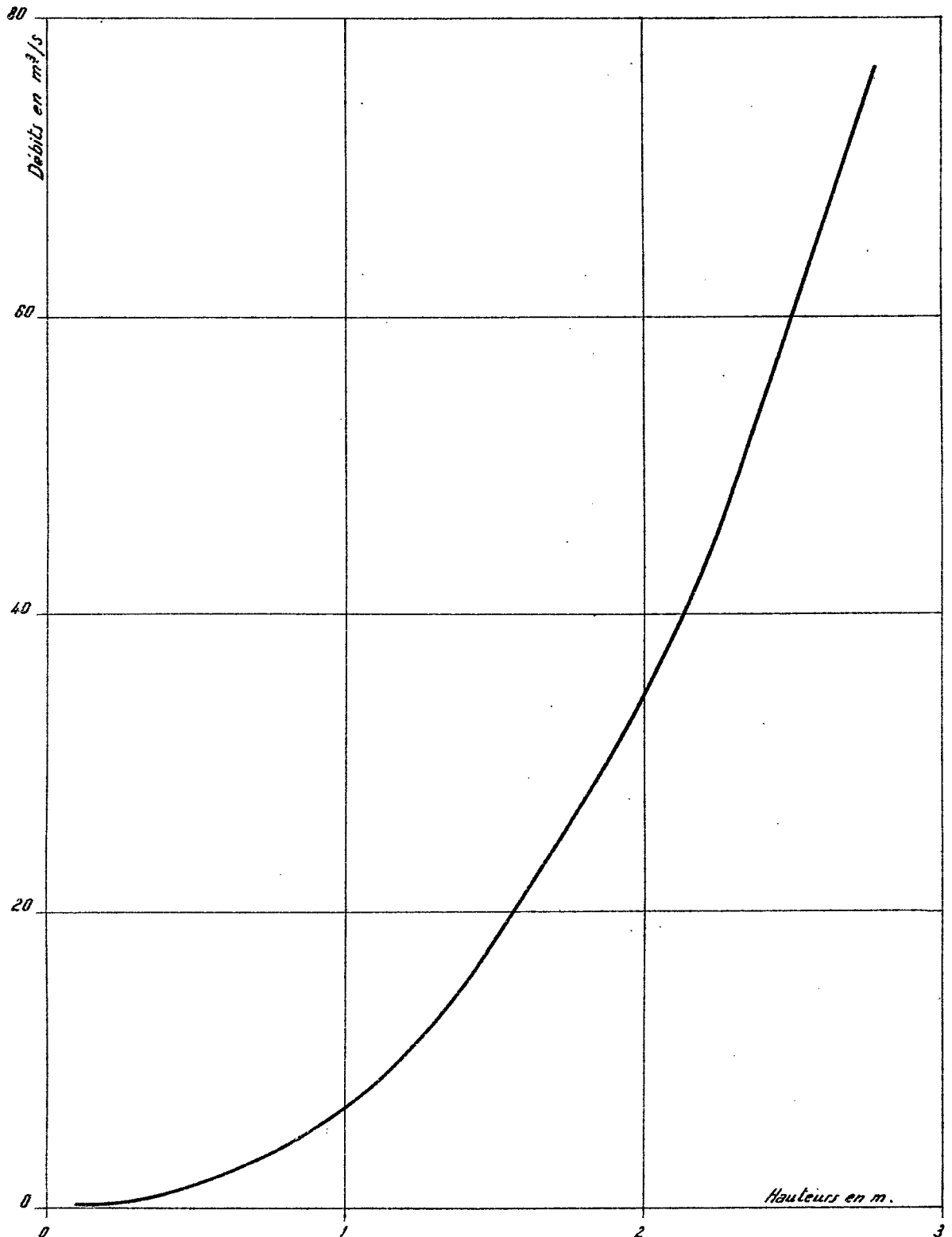
ÉCHELLE : 1/50<sup>e</sup>

# BASSIN VERSANT D'AMBODIROKA

Bg.14

## STATION AVAL

### Courbe d'étalonnage



L'extrapolation a été réalisée en appliquant à la section la formule des seuils épais.

$$Q = mS \sqrt{2gH}$$

Nous avons calculé m pour différentes valeurs de H et déterminé le coefficient pour la cote maximale atteinte.

Section amont -

Les hauteurs sont rapportées au niveau le plus bas du seuil.

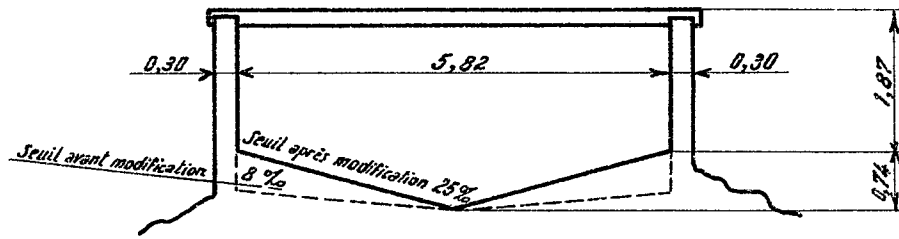
Les hauteurs des limnigrammes ont été diminuées de 34 cm avant d'être traduites en débits. Ces 34 cm représentent le décalage existant entre le point le plus bas du seuil et le zéro de l'échelle.

Jusqu'en Mars 1960, le bassin amont a été adopté :

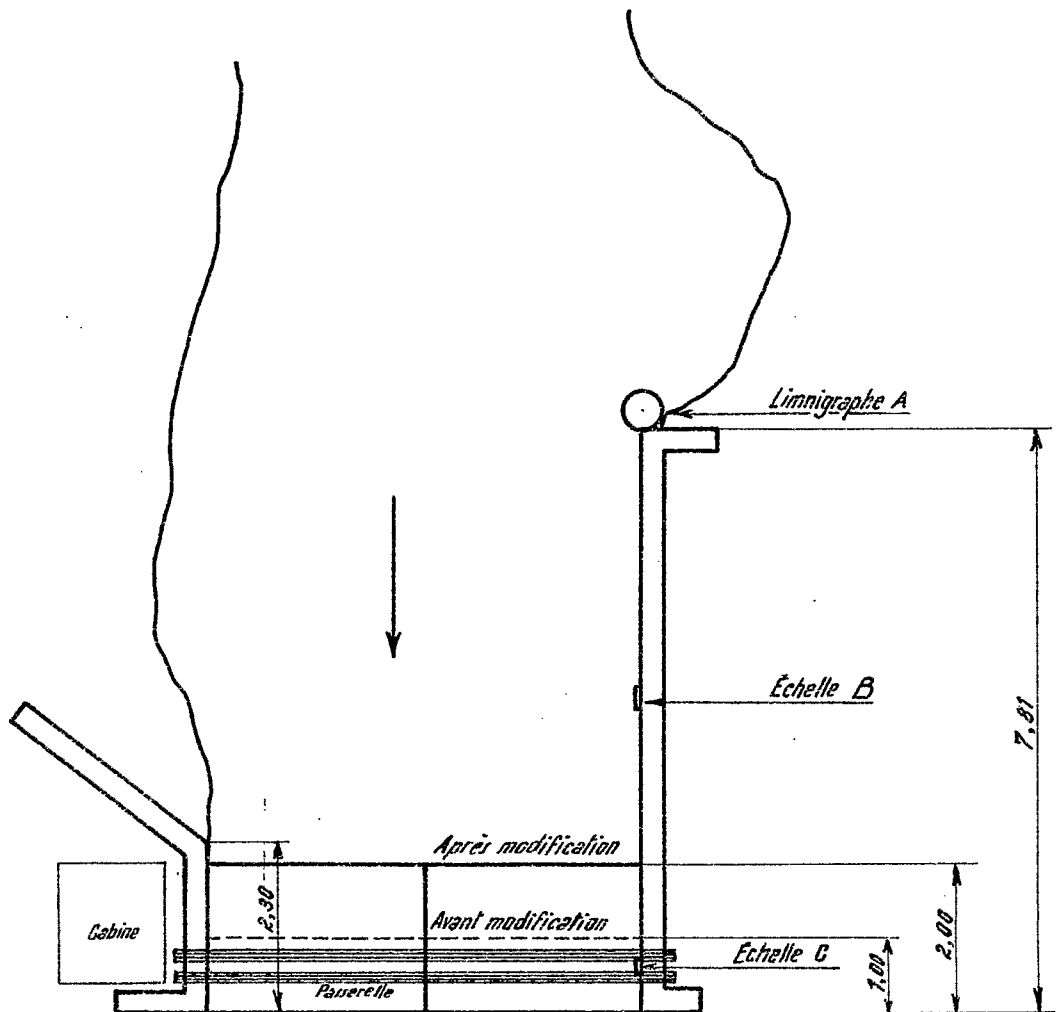
H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
0,10	0,037	1,30	13,70
0,20	0,250	1,40	15,60
0,30	0,80	1,50	17,60
0,40	1,55	1,60	19,60
0,50	2,45	1,70	21,70
0,60	3,45	1,80	23,90
0,70	4,55	1,90	26,20
0,80	5,75	2,00	28,80
0,90	7,00	2,10	31,6
1,00	8,30	2,20	34,40
1,10	10,00	2,30	37,20
1,20	11,85		

# BASSIN VERSANT D'AMBODIROKA STATION AMONT

## PROFIL EN TRAVERS DU DÉVERSOIR DE MESURE



## VUE EN PLAN



ÉCHELLE: 1/100

ORSTOM

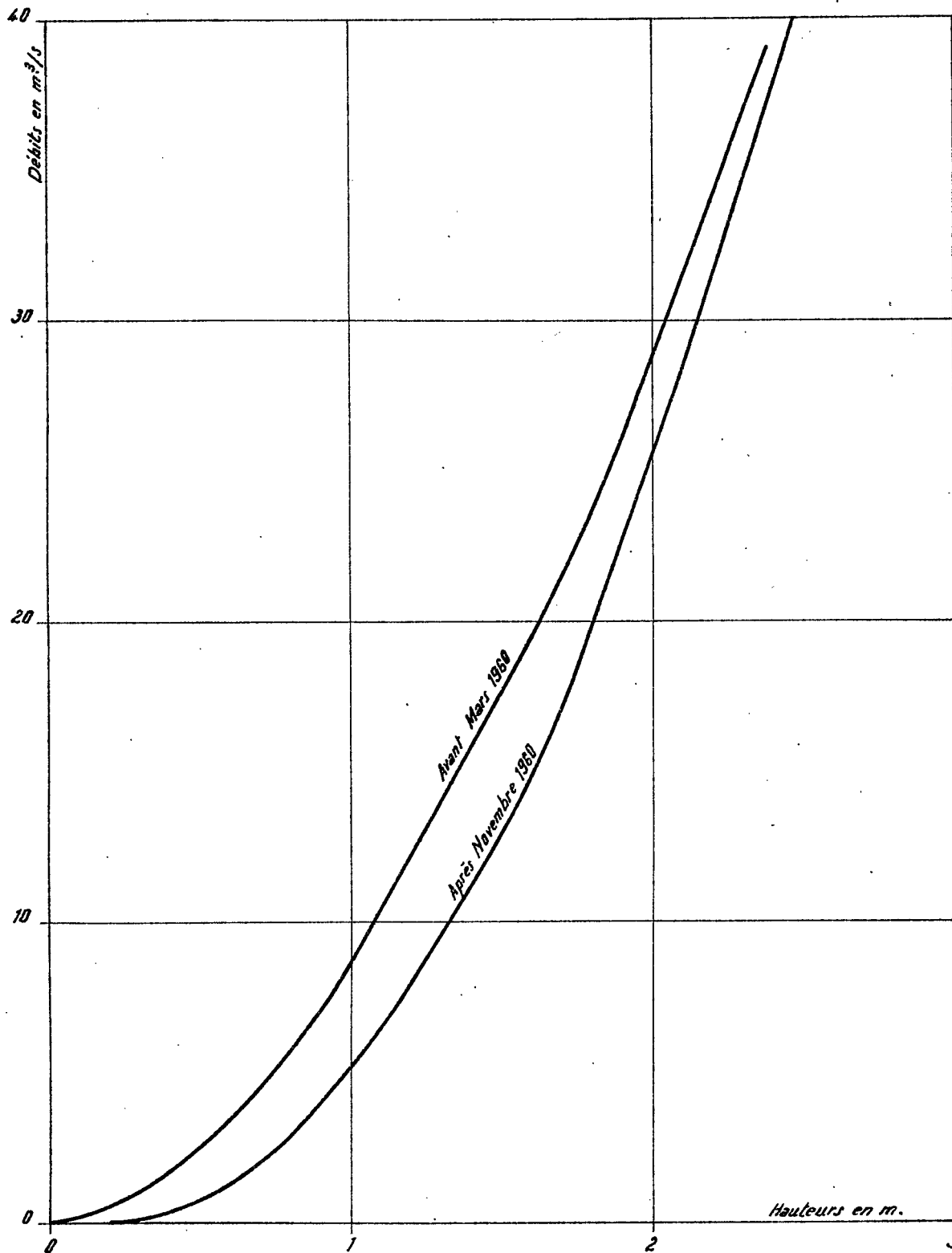
A0

DATE: IV - X - MCMLXIII

DESSINÉ: J. Paëfflich

MAD 171 043

BASSIN VERSANT D'AMBODIROKA  
STATION AMONT  
Courbe d'étalonnage





A partir de novembre 1960, par suite de la modification du seuil dont il a été question plus haut, nous avons adopté le barème ci-dessous :

H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
0,10	0,012	1,40	11,3
0,20	0,045	1,50	13,0
0,30	0,150	1,60	15
0,40	0,360	1,70	17,5
0,50	0,70	1,80	20
0,60	1,22	1,90	22,5
0,70	1,92	2,00	25,5
0,80	3,0	2,10	28,5
0,90	4,05	2,20	31,6
1,00	5,15	2,30	34,6
1,10	6,5	2,40	38
1,20	8,00		
1,30	9,60		

La plus grande cote jaugée est 1,40 m . L'extrapolation a été obtenue commè pour le déversoir aval en calculant un coefficient de débit m pour les débits connus.

## C H A P I T R E II

### DEBITS OBSERVES

Ce chapitre est consacré à l'exposé des résultats déduits de l'exploitation des stations de jaugeage. Afin d'alléger le texte, les débits journaliers ont été reportés en annexe. Les données que nous étudions ici sont donc des données réduites, d'ailleurs classiques, permettant de résoudre la plupart des problèmes hydrologiques qui peuvent se poser à propos d'un aménagement et suffisent presque à caractériser, dans de nombreux cas, le régime des rivières étudiées. C'est à partir des éléments de ce chapitre que l'on pourra effectuer l'interprétation et dégager toutes les valeurs statistiques. On trouvera ci-après, pour chaque année d'observations :

- les débits moyens mensuels
- les modules annuels
- les crues maximales
- les étiages absolus
- les débits dits "caractéristiques" :

débit caractéristique d'étiage	DCE
débit caractéristique de 9 mois	C9
débit caractéristique de 6 mois	
ou "débit médian"	DC6
débit caractéristique de 3 mois	DC3
débit caractéristique de crue	DCC

On trouvera tous commentaires utiles sur ces données de base dans le volume C, qui contient également les données statistiques relatives aux diverses stations et l'interprétation générale de ces résultats.

L'année hydrologique adoptée commence le 1er Novembre et se termine le 31 octobre. L'étiage absolu se produit généralement dans le courant du mois de Novembre.

I - I K O P A -

1 - IKOPA à BEVOMANGA : Période 1948-1962

Les débits moyens journaliers ont été déterminés à partir des hauteurs journalières calculées à l'aide de la formule :

$$H_m = \frac{1}{8} \left( H_{18}^{J-1} + 2H_{06}^J + 2H_{12}^J + 2H_{18}^J + H_{06}^{J+1} \right)$$

Les débits moyens mensuels et les modules sont portés dans le tableau I.

Les modules spécifiques sont présentés sur le tableau suivant :

MODULES SPECIFIQUES et LAMES d'EAU  
durant la PERIODE 1948-1963  
 (surface du bassin 4 247 km<sup>2</sup>)

Année	Modules spécifiques l/s.km <sup>2</sup>	Lames d'eau mm
1949-50	14,6	459
1950-51	17,0	535
1951-52	19,9	626
1952-53	17,2	542
1953-54	16,7	526
1954-55	18,2	573
1955-56	18,7	589
1956-57	21,7	683
1957-58	16,2	510
1958-59	28,8	907
1959-60	17,8	560
1960-61	16,8	529
1961-62	15,2	479

Le module moyen de la période est de  $77 \text{ m}^3/\text{s}$ , soit un module spécifique moyen de  $18,2 \text{ l/s.km}^2$ , et une lame d'eau moyenne annuelle de 573 mm.

T A B L E A U I  
 IKOPA à BEVOMANGA  
 Débits moyens mensuels (m<sup>3</sup>/s)

Années	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	MODULE
1949-50	33,6	37,7	124,9	134,4	113,7	69,1	37,8	29,4	28,2	17,0	10,1	10,1	53,8
1950-51	48,3	76,0	222,8	97,0	161,2	81,2	52,7	37,2	30,9	27,7	16,5	17,3	72,4
1951-52	58,0	46,1	189,3	251,8	145,1	91,0	56,7	55,3	38,8	35,3	26,4	19,2	84,4
1952-53	51,8	85,9	78,1	78,3	218,3	139,7	58,6	44,7	35,3	35,8	31,2	22,4	73,3
1953-54	33,8	85,2	157,0	136,7	159,0	69,1	42,2	34,9	32,0	25,3	20,8	14,0	67,5
1954-55	31,3	128,5	165,2	90,2	146,8	129,3	52,3	37,4	33,7	32,1	21,5	19,6	73,9
1955-56	29,0	155,4	187,2	217,6	95,7	66,7	46,9	39,7	36,9	31,1	25,0	22,1	79,4
1956-57	45,9	126,2	94,0	189,5	235,0	182,4	66,1	45,8	42,8	35,0	22,6	19,8	92,0
1957-58	21,9	63,3	143,2	166,8	144,3	62,5	40,8	38,2	39,5	32,0	40,4	35,2	69,0
1958-59	47,8	124,4	208,2	136,9	324,4	285,9	107,2	69,6	56,2	48,9	32,3	26,6	122,3
1959-60	59,6	90,1	181,3	155,2	136,3	77,1	47,7	43,4	38,7	31,1	26,8	20,1	75,6
1960-61	17,6	86,7	193,0	63,3	158,0	108,5	58,9	42,0	40,3	35,2	28,4	27,0	71,5
1961-62	32,4	149,3	68,7	87,2	127,0	102,8	58,5	35,8	24,8	30,5	28,9	32,6	64,8
Moyenne	39,3	99,4	40,2	138,8	166,5	112,7	55,8	42,5	36,7	32,0	25,4	22,0	76,9

Les crues annuelles figurent dans le tableau ci-dessous :

CRUES ANNUELLES

Année	Date	Débits (m <sup>3</sup> /s)	Débits spécifiques (l/s.km <sup>2</sup> )
1949-50	20 Janvier	189	44,6
	10 Février	202	47,7
	28 Mars	247	58,3
1950-51	21 Janvier	322	76,0
	23 Mars	241	56,9
1951-52	7 Février	398	93,9
1952-53	14 Mars	306	72,2
1953-54	18 Janvier	303	73,2
	15 Janvier	300	70,8
1954-55	30 Mars	297	70,1
	1er Avril	299	70,6
	22 Décembre	284	67,0
	17 Janvier	296	69,7
1955-56	11 Février	323	76,2
	10 Février	286	67,5
	29 & 30 Mars	396	93,5
1956-57	29 & 30 Janvier	384	90,6
	11 Mars	250	59,0
1957-58	25 Décembre	250	59,0
	8 Janvier	323	76,2
	14 Mars	361	85,2
	1er Avril	550	129,8
1958-59	11 Janvier	260	61,4
	26 Janvier	300	70,8
	26 Mars	219	51,7
1959-60	10 & 11 Janvier	341	80,5
	22 Mars	320	75,5
1960-61	18 Décembre	205	48,4
	15 Mars	194	45,8

En ce qui concerne les étiages, certains ont été calculés à partir des relevés effectués à MAHITSY. Une corrélation établie entre les deux échelles a permis de retrouver les valeurs des débits à BEVOMANGA lorsque le zéro de l'échelle était dénoyé.

DEBITS d'ETIAGE ABSOLUS

Surface du bassin versant 4297 km<sup>2</sup>

Année	Date	Débits (m <sup>3</sup> /s)	Débits spécifiques (l/s.km <sup>2</sup> )
1949	24 & 16 Octobre	8,3	1,9
1950	2 Octobre	8,1	1,9
1951	24 Septembre	8,5	2,0
1952	1er, 2 & 3-11	11,2	2,6
1953	23-10 & 12-11	19,6	4,6
1954	11, 12, 30, 31-10	9,8	2,3
1955	17 Octobre	12,9	3,0
1956	29 Octobre	17,8	4,2
1957	12 Novembre	12,0	2,8
1958	5 Décembre	17,8	4,2
1959	1er & 2 Novembre	20,6	4,7
1960	2, 5, 6, 9, 10-11	11,7	2,8
1961	31 Octobre	20,1	4,7
1962	8 Octobre	22,0	5,2

DEBITS CARACTERISTIQUES

IKOPA à BEVOMANGA

Surface du bassin versant : 4 247 km<sup>2</sup>

Années	Valeurs absolues (m <sup>3</sup> /s)					Valeurs spécifiques (l/s.km <sup>2</sup> )				
	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC
1949-50	8,5	18,2	33	66,2	187	1,98	4,07	7,68	15,4	43,6
1950-51	11,2	28,0	43,5	98,4	250	2,60	6,51	10,12	22,9	58,25
1951-52	16,3	33,0	51,8	110	351	3,79	7,68	12,05	25,65	81,7
1952-53	20,6	35,2	47,3	88,5	260	4,79	8,18	11,0	20,6	59,5
1953-54	12,5	25,5	38,1	94,8	219	2,91	5,93	8,86	22,1	50,9
1954-55	16,3	29,1	42,3	96,6	263	3,79	6,76	9,84	22,5	61,2
1955-56	20,1	28,6	41,7	102	283	4,67	6,65	9,69	23,7	65,8
1956-57	18,2	33,5	53,8	123	331	4,23	7,78	12,5	28,6	77,0
1957-58	15,5	33,0	43,5	75,0	253	3,61	7,68	10,12	17,45	58,8
1958-59	22,0	42,3	72,1	184	405	5,11	9,83	16,75	43,7	94,2
1959-60	17,8	33,0	46	103	254	4,14	7,68	10,07	23,95	59,10
1960-61	12,5	33,0	45,4	87,6	285	2,91	7,68	10,06	20,4	66,25
1961-62	23,5	30,2	46,0	84,0	182	5,46	7,02	10,07	19,55	42,3

Pour la période de 1949 à 1962, nous avons établi le tableau des débits moyens mensuels classés d'après leur fréquence au dépassement. Nous obtenons le tableau II, ci-contre, d'après lequel nous avons tracé le graphique Bg.16.

T A B L E A U II

IKOPA à BEVOMANGA

Débits moyens mensuels classés (fréquence de dépassement)

B.V. : 4 247 km<sup>2</sup>

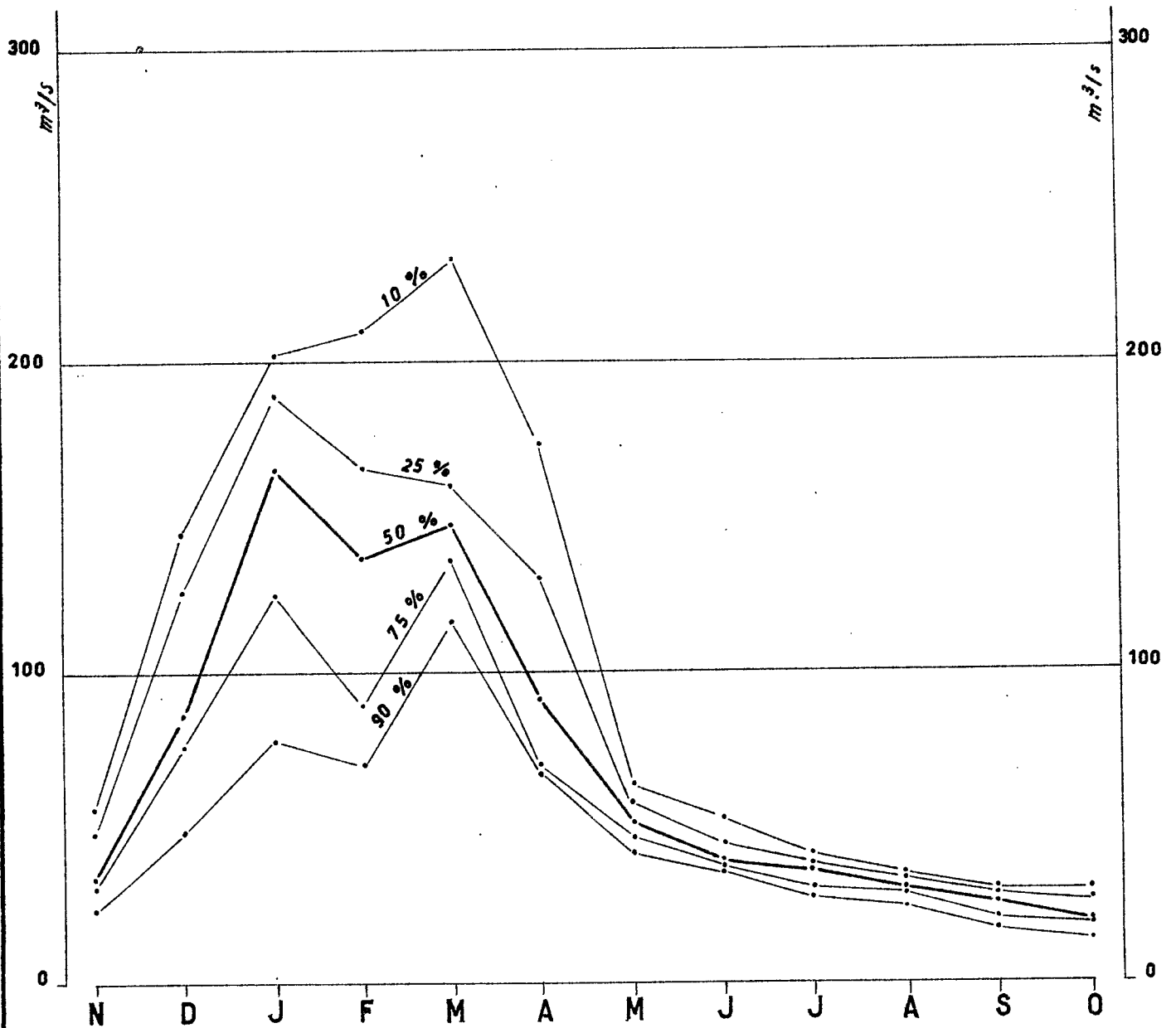
Fréquences	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
0,10	57	145	202	211	232	174	64	53	42	36	31	31
0,25	48	126	189	167	160	130	58	45	39	35	29	27
0,50	34	86	165	137	147	90	52	40	37	31	26	20
0,75	31	76	126	90	135	69	47	37	32	30	21	19
0,90	23	49	78	70	116	67	41	35	28	25	17	14



# IKOPA A BÉVOMANGA

## Débits moyens mensuels classés

### Fréquences de dépassement



2 - IKOPA au Bac de FIADANANA : Période 1958-1962

A cette station les hauteurs moyennes sont tirées des limnigrammes. Quand ceux-ci ne sont pas utilisables (ensablement, blocage du cylindre) nous avons pris les hauteurs d'eau. Ceci a eu lieu en moyenne deux à trois mois par an et la plupart du temps en saison sèche.

Les débits moyens mensuels et les modules sont portés dans le tableau III.

Les modules spécifiques sont donnés ci-dessous :

MODULES SPECIFIQUES et LAMES d'EAU  
durant la PERIODE 1958-1962  
(Surface du bassin 9450 km<sup>2</sup>)

Année	Modules spécifiques (l/s.km <sup>2</sup> )	Lames d'eau (mm)
1958-59	30,1	948
1959-60	18,1	570
1960-61	17,0	535
1961-62	18,3	576

Le module moyen de la période de quatre ans considérée est de : 197 m<sup>3</sup>/s, soit un module spécifique moyen de 20,8 l/s.km<sup>2</sup> et une lame d'eau moyenne annuelle de 655 mm.

T A B L E A U III

IKOPA au BAC de FIADANANA

Débits moyens mensuels

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

Année	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Module:
1958-59	99	339	478	343	794	692	227	159	127	100	65	50	285
1959-60	141	200	445	334	396	160	94	81	69	56	43	36	171
1960-61	34	258	533	173	369	219	101	67	63	50	37	32	161
1961-62	35	460	265	280	422	231	118	74	55	52	43	44	173
Moyenne	77	314	430	282	495	325	135	95	78	64	47	40	197

Les crues sont les suivantes :

CRUES ANNUELLES

Année	Date	Débits (m <sup>3</sup> /s)	Débits spécifiques (l/s.km <sup>2</sup> )
1958-59	5 Janvier	1094	115,8
	1 <sup>er</sup> Mars	1340	141,8
	29 Mars	1382	146,2
	13 Mai	1370	143,0
1959-60	26 Janvier	1094	115,8
	24 Mars	865	91,5
1960-61	11 Janvier	1382	146,2
	20 Mars	1102	116,6
1961-62	18 Décembre	936	99,0
	1 <sup>er</sup> Février	907	96,0
	25 Février	1078	114,1
1962-63	3 Mars	1086	114,9
	2 Janvier	1246	131,9
	19 Février	1246	131,9

Les débits d'étiage absolus sont présentés dans le tableau ci-dessous :

DEBITS d'ETIAGE ABSOLUS

Surface du bassin versant 9450 km<sup>2</sup>

Année	Date	Débits (m <sup>3</sup> /s)	Débits spécifiques (l/s.km <sup>2</sup> )
1958	20 Octobre	33,6	3,5
1959	3 Novembre	37,0	3,9
1960	17 Novembre	23,6	2,5
1961	2 Novembre	24,8	2,6
1962	10 Octobre	32,2	3,4

L'étiage le plus faible a été observé en Novembre 1961, après l'année dont l'hydraulicité est la plus faible, module : 161 m<sup>3</sup>/s. Le plus fort étiage absolu s'est produit en Novembre 1959. Il est dû aux fortes précipitations de Mars 1959 qui ont contribué à recharger complètement les nappes. L'année 1958-59 est l'année présentant la plus forte hydraulicité, module : 284 m<sup>3</sup>/s.

DEBITS CARACTERISTIQUES

IKOPA à FIADANANA

Surface du bassin versant = 9450 km<sup>2</sup>

Années	Valeurs absolues (m <sup>3</sup> /s)					Valeurs spécifiques (l/s.km <sup>2</sup> )				
	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC
1958-59	34,3	91	165	372	1070	3,63	9,64	17,25	36,5	113,2
1959-60	31,5	60,7	95,8	234	655	3,33	6,42	10,15	24,75	69,3
1960-61	24,8	43	82,0	188	708	2,63	4,55	8,68	19,9	74,9
1961-62	27,6	50	86,5	223	692	2,92	5,29	9,16	23,61	73,2

3.- IKOPA à ANTSATRANA : Période 1948-1962

Les relevés présentent quelques lacunes principalement en 1948-49 (Juillet, Août, Septembre, Octobre, et une partie de Novembre).

- 1949- 50 : (Juillet à Décembre) -

Ces deux années, ainsi que 1950-51, paraissent douteuses ; nous obtenons, en effet, l'étiage absolu en décembre avec 76 m<sup>3</sup> le 25 décembre 1948 et 92 m<sup>3</sup> le 24 décembre 1950. Ces étiages se produisent après des crues assez importantes puisque, en 1948, il y avait 960 m<sup>3</sup>/s le 4 et le 5 décembre, et en 1950, 650 m<sup>3</sup>/s le 17 décembre. Ces anomalies sont certainement dues au fait que le lecteur ne savait pas inscrire correctement les chiffres lus sur l'échelle.

- 1951-52 : (du 28 novembre au 14 décembre)
- 1952-53 ; (du 11 septembre au 4 novembre)
- 1953-54 ; (du 13 septembre au 27 octobre et du 21 Décembre au 9 janvier)
- 1955-56 : (relevés intermittents en saison des pluies, pas de relevés du 8 au 23 avril).

Pour récupérer ces années, nous avons porté sur un diagramme les débits moyens mensuels observés à BEVOMANGA de 1949 à 1962 et ceux existant à ANTSATRANA, durant la même période. Un graphique a été tracé pour chaque mois.

Les valeurs manquantes ou douteuses à ANTSATRANA ont été extrapolées à partir des courbes de BEVOMANGA. Les chiffres ainsi obtenus sont inscrits entre parenthèses.

Les débits moyens mensuels et les modules annuels sont portés sur le tableau IV:

TABLEAU IV

IKOPA à ANTSATRANA  
Débits moyens mensuels  
(m<sup>3</sup>/s)

Année	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Module
1948-49	(194)	373	(955)	1040	854	405	289	168	147	118	97	97	394
1949-50	(136)	(478)	(900)	901	(860)	(470)	159	110	114	163	(114)	(100)	377
1950-51	167	(540)	1124	627	1042	(556)	341	229	182	148	121	(105)	431
1951-52	298	441	(1000)	1314	1083	672	401	341	210	179	(134)	(111)	515
1952-53	323	708	(750)	(900)	1682	689	411	288	235	(176)	(150)	112	534
1953-54	176	(500)	(980)	(1000)	1314	520	365	272	211	161	115	110	477
1954-55	153	580	910	1037	1396	576	261	189	156	139	107	98	462
1955-56	(145)	(640)	(880)	(1260)	462	(480)	184	148	183	123	100	87	391
1956-57	155	560	666	1137	1357	661	279	221	194	136	104	107	464
1957-58	149	400	961	832	1037	402	240	220	174	140	161	160	410
1958-59	252	633	1184	795	1406	764	367	269	229	178	123	102	525
1959-60	377	472	1053	828	944	373	235	190	153	126	101	87	411
1960-61	81	617	1082	337	722	553	271	165	152	124	93	91	357
1961-62	114	1536	934	997	1174	708	368	249	192	158	127	118	556
Moyenne	194	607	955	932	1095	559	297	218	180	147	119	106	450

Nous relevons sur ce tableau IV trois années ayant eu des modules abondants et supérieurs à 500 m<sup>3</sup>/s. Ce sont :

1951-52	avec	515 m <sup>3</sup> /s	soit	27,8 l/s.km <sup>2</sup>
1958-59	avec	525 m <sup>3</sup> /s	soit	28,3 l/s.km <sup>2</sup>
1961-62	avec	556 m <sup>3</sup> /s	soit	29,9 l/s.km <sup>2</sup>

De ces trois années, l'année 1958-59 vient en dernière position, bien qu'il y ait eu, en 1959, une très forte pluviosité avec les cyclones des 17 et 24 Mars. Nous avons d'ailleurs constaté que les crues de l'IKOPA à ANTSATRANA n'avaient pas eu en Mars une ampleur exceptionnelle mais étaient restées voisines de la normale.

MODULES SPECIFIQUES et LAMES d'EAU

durant la PERIODE 1948-63

(Surface du bassin 18 550 km<sup>2</sup>)

Année	Modules spécifiques l/s.km <sup>2</sup>	Lames d'eau mm
1948-49	21,2	668
1949-50	20,3	639
1950-51	23,2	731
1951-52	27,8	876
1952-53	28,8	907
1953-54	25,7	809
1955-56	24,9	784
1956-57	21,0	661
1957-58	25,0	787
1958-59	22,1	696
1959-60	28,3	891
1960-61	22,1	696
1961-62	19,2	605
1962-63	30,0	945

Le module moyen de la période de 14 ans considérée est de 450 m<sup>3</sup>/s, soit un module spécifique moyen de 24,2 l/s.km<sup>2</sup> et une lame d'eau de 762 mm.



CRUES ANNUELLES

Lorsque nous possédons les limnigrammes, les valeurs indiquées sont les pointes de crues instantanées. Quand les enregistrements n'existent pas, le débit de crue est déterminé à partir de la hauteur la plus forte lue.

Année	Date	Débits m <sup>3</sup> /s	Débits spécifiques l/s.km <sup>2</sup>
1948-49	26 Février	1670	90,0
1949-50	16 Janvier	2530	136,4
1950-51	16 Janvier	2530	136,4
	26 Janvier	2530	136,4
1951-52	24 Janvier	2210	119,1
	17 Février	2135	115,1
	30 Mars	2150	115,9
1952-53	22 Janvier	2370	127,7
	17 Février	2370	127,7
	11 Mars	2498	134,7
1953-54	17 Janvier	2119	114,3
	22 Février	2055	110,8
	11 Mars	1840	99,2
	24 Avril	960	51,7
1954-55	19 Janvier	1388	74,8
	7 Février	2103	113,4
	17 Mars	2562	138,1
	24 Mars	2394	129,1
1955-56	Pas de relevés	-	-
1956-57	5,6 Février	2218	119,6
	11 Février	2226	120,0
	29 Mars	2150	115,9
1957-58	25 Janvier	2290	123,4
1958-59	16 Décembre	1900	102,4
	10 Janvier	2306	124,3
	5 Mars	2071	111,6
	29 Mars	1863	100,4
1959-60	11 Janvier	2180	117,5
	25 Mars	2290	123,4
1960-61	9 Janvier	2418	130,3
	21 Mars	1964	105,8
1961-62	17 Décembre	1980	106,7
	29 Décembre	2674	144,1
	31 Janvier	2626	141,5
	1er Février	2626	141,5
1962-63	3 Mars	2770	149,3
	25 Novembre	1980	106,7
	2 Janvier	2322	125,2
	19 Février	2658	143,3

DEBITS d'ETIAGE ABSOLUS

Surface du bassin versant 18 550 km<sup>2</sup>

Année	Date	Débits m <sup>3</sup> /s	Débits spécifiques l/s.km <sup>2</sup>
1951	15, 16, 17 Octobre	106,6	5,7
1952	"	"	"
1953	"	"	"
1954	15, 16, 17, 18 Octobre	104,8	5,6
1955	20 Novembre	96,0	5,2
1956	12 Oct. & 3 Nov.	85,0	4,6
1957	11 & 12 Novembre	72,5	3,9
1958	3 Décembre	78,5	4,2
1959	1, 2, 3 Novembre	82,5	4,4
1960	14 Novembre	66,8	3,6
1961	2, 3, 4 Novembre	75,5	4,1
1962	11 Octobre	87,5	4,7

Comme à la station du Bac de FIADANANA, le plus faible étiage se produit en 1960-61. C'est aussi l'année ayant la plus faible hydraulicité : module 357 m<sup>3</sup>/s.

DEBITS CARACTERISTIQUES

IKOPA à ANTSATRANA

Surface du bassin versant = 18 550 km<sup>2</sup>

Années	Valeurs absolues (m <sup>3</sup> /s)					Valeurs spécifiques (l/s.km <sup>2</sup> )				
	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC
1948-49	92,5	-	-	-	1289	4,98	-	-	-	69,55
1950-51	≤ 110	≥ 149,6	-	529	1478	≤ 5,93	≥ 8,1	-	28,6	79,7
1951-52	< 138	≠ 185	-	-	≥ 1500	≠ 7,45	≠ 10	-	-	80,9
1952-53	106,6	195	≥ 365	-	≥ 1964	5,75	10,51	≥ 19,7	-	105,8
1953-54	106,6	≥ 158,2	≠ 302	≤ 675	≥ 1745	5,75	≥ 8,52	≠ 16,28	≤ 36,4	≥ 94
1954-55	97,8	141,1	206	686	1685	5,28	7,6	11,10	37	90,8
1955-56	86,3	-	≤ 164	-	> 1309	4,66	-	≤ 8,84	-	> 70,6
1956-57	87,5	132,5	223	703	1777	4,72	7,14	12,0	37,9	95,8
1957-58	82,5	149,6	234	460	1878	4,45	8,06	12,61	24,8	100,1
1958-59	86,3	164	310	807	1840	4,66	8,84	16,72	43,5	99,2
1959-60	82,5	132,5	230	605	1463	4,45	7,14	12,39	32,63	78,8
1960-61	67,7	108,3	195	449	1515	3,65	5,84	10,52	24,21	81,7
1961-62	90	155,3	282	840	2055	4,86	8,37	15,21	45,3	110,6

Nous donnons dans le tableau V ci-après, pour la période de 1948 à 1962, les débits moyens mensuels classés d'après leur fréquence au dépassement.

A partir de ce tableau a été tracé le graphique Bg.17.

TABLEAU V

IKOPA à ANTSATRANA

Débits moyens mensuels classés

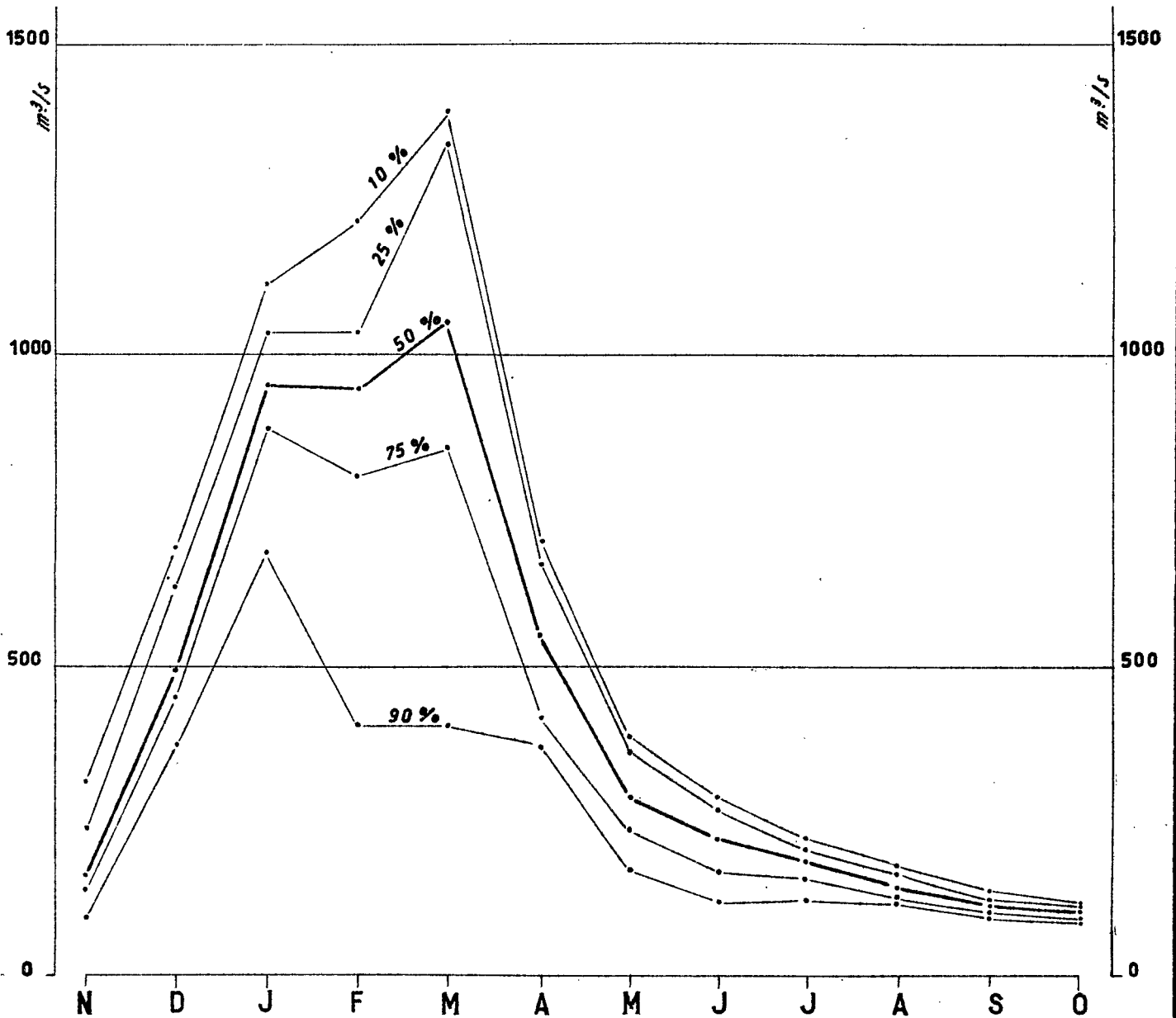
(Fréquences de dépassement)

Fréquences	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
0,10	315	686	1115	1218	1392	702	390	288	222	178	137	116
0,25	236	630	1038	1038	1340	670	366	269	206	162	124	110
0,50	160	498	955	948	1058	553	284	220	182	144	114	103
0,75	138	444	885	804	854	416	236	164	152	124	100	92
0,90	90	378	684	402	402	377	163	116	120	118	94	87

# IKOPA A ANTSATRANA

Débits moyens mensuels classés

Fréquences de dépassement



4 - BETSIBOKA à AMBODIROKA

Les relevés effectués de 1948 à 1957 sont difficilement exploitables pour les raisons qui ont déjà été exposées plus haut. Nous donnons dans une annexe ce qu'il a été possible de déduire au stade actuel des études.

Les débits moyens mensuels et les modules à partir de Novembre 1957 sont portés sur le tableau VI.

Les observations ont été assez régulières depuis 1957 et nous n'avons eu que quelques lacunes de très courte durée au cours des saisons sèches et un trou important en Février, Mars, Avril 1962.

MODULES SPECIFIQUES et LAMES d'EAU

durant la PERIODE 1957-62

(Surface du bassin 11 800 km<sup>2</sup>)

Années	Modules spécifiques: l/s.km <sup>2</sup>	Lames d'eau mm
1957-58	24,8	781
1958-59	37,4	1178
1959-60	20,5	645
1960-61	18,2	573
1961-62	25,5	803

Au cours de la période de cinq ans considérée, le module moyen est égal à : 298 m<sup>3</sup>/s, soit un débit moyen spécifique de : 25,2 l/s.km<sup>2</sup> et une lame d'eau de 793,0 mm.

TABLEAU VI

BETSIBOKA à AMBODIROKA

Débits moyens mensuels

(m<sup>3</sup>/s)

Année	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Module
1957-58	(120)	341	666	676	763	228	156	143	124	107	100	89	293
1958-59	145	442	1162	561	1402	610	272	195	170	142	114	94	442
1959-60	294	292	562	506	465	203	147	126	102	85	70	59	242
1960-61	72	386	643	211	429	318	133	102	93	77	63	53	215
1962-62	78	694	539	(640)	(620)	(313)	178	153	133	112	89	73	(301)
Moyenne	142	431	714	518	735	334	177	143	124	104	87	75	298

CRUES ANNUELLES

Nous donnons, dans le tableau ci-dessous, la valeur des maximums instantanés de toutes les crues au-dessus de 1000 m<sup>3</sup>/s environ pour les observations postérieures à 1957.

De 1957 à 1960, les chiffres indiqués sont les maximums notés par l'observateur. A partir de 1960, les valeurs sont relevées sur les limnigrammes.

Année	Date	Débits (m <sup>3</sup> /s)	Débits spécifiques (l/s.km <sup>2</sup> )
1957	14 Décembre	1526	129
1958	16 Janvier	962	81
	22 "	4005	330
	28 "	3325	282
	30 "	1543	131
	2 Février	2180	185
	8 "	1543	130
	25 "	1160	98
	7 "	3978	337
	16 Décembre	2850	241
29 "	1356	103	
1959	1er Janvier	3200	271
	7 "	3510	297
	9 "	3375	286
	20 "	1560	132
	11 Février	2033	172
	27 "	1868	158
	4 Mars	3950	334
	10 "	1765	149
	12 "	3375	286
	21 "	1765	149
24 "	2180	184	
28 "	(12000)	(1016)	
25 Novembre	2180	184	
1960	2 Janvier	1220	103
	5 "	1305	110
	8 "	1475	125



CRUES ANNUELLES (suite)

Année	Date	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Débits spécifiques (l/s.km)
1960	9 Janvier	1704	144
	10 "	1929	163
	11 "	1560	132
	13 "	1373	116
	23 "	1765	149
	24 "	2180	184
	29 "	1622	137
	13 Février	2226	188
	14 "	1663	140
	21 "	1560	132
	4 Mars	2900	245
	5 "	3350	283
	25 "	1339	113
	26 "	1424	120
	27 "	1806	153
	10 Décembre	1390	117
	11 "	1868	158
	12 "	1373	116
	29 "	1475	125
30 "	2530	214	
1961	1er Janvier	2226	188
	2 "	1560	132
	3 "	1475	125
	4 "	2650	224
	5 "	3675	311
	6 "	2554	216
	7 "	2458	208
	8 "	1390	117
	9 "	2075	175
	10 "	1560	132
	11 "	1220	103
	8 "	2530	214
	17 "	2602	220
	18 "	2138	181
13 Avril	1868	158	

CRUES ANNUELLES (Suite)

Année	Date	Débits (m <sup>3</sup> /s)	Débits spécifiques (l/s.km <sup>2</sup> )
1961	3 Décembre	1560	132
	4 "	1580	133
	9 "	2800	237
	11 "	1288	109
	17 "	2341	198
	18 "	1970	166
	19 "	1827	154
	21 "	2530	214
	26 "	1424	120
	28 "	1407	119
	29 "	1991	168
1962	7 Janvier	1305	110
	8 "	1271	107
	9 "	1220	103
	10 "	1560	132
	12 "	2410	204
	25 "	1475	125
	26 "	3400	288
	27 "	2650	224
	29 "	2530	214
	31 "	3593	304
	Pas de relevés en Février		
	28 Mars	1663	140
	29 "	1765	149

Le tableau ci-dessous donne la liste des débits moyens journaliers estimés à plus de 2000 m<sup>3</sup>/s, pour la période 1950-1956.

Ces résultats n'ont qu'une valeur indicative pour les raisons suivantes :

- les lectures d'échelle ont été faites à la section aval, très instable ;
- le rapport entre débit maximal instantané et débit moyen journalier varie le plus souvent autour de 2 et parfois jusqu'à 3.

Cependant, grâce à des lectures d'échelle aval sérieuses et à quelques mois de relevés communs des échelles amont et aval, nous avançons les chiffres ci-dessous.

Les relevés manquent pour la saison des pluies 1956-1957. Pour 1953-1954, ils sont douteux. On peut cependant conclure de ces derniers que, pendant le cyclone de Janvier 1954, les débits sont restés très inférieurs à ceux du 29 Mars 1959 (pointe instantanée maximale grossièrement évaluée à 12 000 m<sup>3</sup>/s).

Année	Date	Hauteur (Echelle aval) (cm)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
1950	28 Décembre	340	2300
	31 "	400	3500
1951	6 Janvier	360	2700
	17 "	380	3100
1952	10 Janvier	387	3250
	21 "	355	2600
	24 "	334	2200
	25 "	332	2200
	7 Février	325	2050
	29 Novembre	342	2350
	6 Décembre	350	2500
	7 "	390	3450
	16 "	350	2500
18 "	350	2500	
	19 "	360	2700

(Suite)

Année	Date	Hauteur (Echelle aval) (cm)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
1953	16 Janvier	350	2500
	17 "	360	2700
1954	6 Décembre	360	2700
	15 "	335	2250
	17 "	330	2150
	18 "	335	2250
	19 "	350	2500
	20 "	335	2250
1955	10 Janvier	325	2050
	21 Février	335	2250
	22 "	325	2050
	28 "	330	2150
	8 Mars	325	2050
	11 "	335	2250
	17 "	330	2150
	10 Décembre	365	2800
	15 "	400	3750
16 "	365	2800	
17 "	350	2500	
1956	9 Janvier	345	2400

DEBITS d'ETIAGE ABSOLUS

Surface du bassin versant 11 800 km<sup>2</sup>

Année	Date	Débits m <sup>3</sup> /s	Débits spécifiques l/s.km <sup>2</sup>
1957	(13 Novembre)	51	4,3
1958	7 Décembre	59	5,0
1959	1er au 4 Novembre	86	7,3
1960	30 Oct. au 2 Nov.	50	4,2
1961	2 au 4 Novembre	43,0	3,6
1962	7 Octobre	60,4	5,1

De 1948 à 1957, les étiages suivants ont été mesurés :

- <u>1948</u>	le 15 Septembre	77 m <sup>3</sup> /s
	le 8 Novembre	79 "
- <u>1951</u>	le 2 Novembre	56 "
- <u>1953</u>	le 6 Octobre	83 "
- <u>1954</u>	le 28 Octobre	60 "
- <u>1956</u>	le 30 Septembre	53 "

Ces valeurs doivent être très voisines de l'étiage absolu mais ne lui sont pas forcément égales.

Ce sont les résultats des jaugeages effectués aux dates indiquées. Il n'est pas possible, d'après les relevés de hauteurs d'eau, de déterminer la valeur de l'étiage absolu. Ces chiffres donnent, malgré cela, une bonne approximation.

DEBITS CARACTERISTIQUES

BETSIBOKA à AMBODIROKA

Surface du bassin versant = 11 800 km<sup>2</sup>

	Valeurs absolues (m <sup>3</sup> /s)					Valeurs spécifiques (l/s.km <sup>2</sup> )				
	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC
1957-58	≤ 72	-	#151	268	1160	≤ 6,1	-	#12,8	22,7	98,3
1958-59	70,5	132,6	205	486	2578	5,98	11,23	17,04	41,2	218
1959-60	55,2	91,6	144	334	924	4,68	7,76	12,2	28,3	78,3
1960-61	51,3	72,0	109	248	1057	4,35	6,1	9,24	21	88,9
1961-62	52,6	109	160	-	-	4,46	9,24	13,56	-	-

5 - ISINKO à AMBODIROKA

Les observations sont régulières depuis Décembre 1957. Nous avons un trou en Février et Mars 1962, du fait de l'absence de l'observateur.

Les débits moyens mensuels et les modules sont portés sur le tableau VII.

MODULES SPECIFIQUES et LAMES d'EAU

durant la PERIODE 1957-62

(Surface du bassin 600 km<sup>2</sup>)

Année	Modules spécifiques l/s.km <sup>2</sup>	Lames d'eau mm
1957-58	37,5	1181
1958-59	47,6	1499
1959-60	32,0	1008
1960-61	26,2	825
1961-62	43,3	1364

Le module moyen pour les années étudiées est égal à 22,4 m<sup>3</sup>/s, soit un module moyen spécifique de 37,3 l/s.km<sup>2</sup>, et une lame d'eau de 1174 mm.

TABLEAU VII

TSINKO à AMBODIROKA

Débits moyens mensuels

(m<sup>3</sup>/s)

Année	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	J	O	Module
1957-58	(6,0)	11,4	55,5	54,1	85,2	21,1	11,4	8,1	6,0	4,4	4,1	3,5	22,5
1953-59	11,7	34,1	78,2	37,0	77,6	46,9	18,4	12,6	10,9	7,4	5,2	4,0	28,6
1959-60	24,1	19,2	64,5	33,5	40,5	17,5	10,3	6,5	5,0	4,1	3,4	2,7	19,2
1960-61	4,6	30,5	42,5	19,6	38,5	25,3	10	5,8	4,3	3,5	2,7	1,7	15,7
1961-62	2,8	45,7	66,8	44	70	34,6	17,7	10,8	7,3	5,6	4,2	3,4	26,0
Moyenne	9,8	28,1	61,5	37,6	62,3	29,0	13,5	8,7	6,7	5,0	3,9	3,0	22,4



CRUES ANNUELLES

Ce tableau donne la valeur instantanée des crues de chaque année au-dessus de la cote 1,40, soit 90 m<sup>3</sup>/s. Il se produit, pendant la saison des pluies, une crue par jour. Nous avons adopté la limite indiquée pour ne pas avoir une liste trop longue. Ces valeurs instantanées sont fortement écrêtées dans le calcul des moyennes journalières du fait de la brièveté des crues. Elles ont été relevées sur les limnigrammes.

Année	Date	Débit m <sup>3</sup> /s	Débit spéc. l/s.km <sup>2</sup>
1959	21 novembre	103	171
	25 "	121	201
1960	15 janvier	289	481
	21 "	336	560
	22 "	145	241
	27 "	112	186
	30 "	90	150
	14 février	160	266
	10 "	150	250
	29 "	112	186
	3 mars	700	1166
	24 "	155	258
	26 "	158	263
	27 "	99	164
	23 novembre	117,0	195
1 <sup>o</sup> décembre	150	250	
2 "	155	258	
10 "	392	653	

Année	Date	Débits m <sup>3</sup> /s	Débits spécifiques l/s.km <sup>2</sup>
1960	13 Décembre	150	250
	27 "	140	233
	28 "	126	210
	30 "	176	293
1961	2 Janvier	165	275
	2 "	150	250
	3 "	384	640
	5 "	150	250
	6 "	121	201
	7 "	262	436
	7 "	121	201
	9 "	135	225
	9 "	165	275
	16 "	108	180
	24 "	140	233
	25 "	135	225
	30 "	138	230
	15 Février	155	258
	17 "	99	164
	3 Mars	220	366
	4 "	186	310
	5 "	117	195
	7 "	280	466
	10 "	103	171
	15 "	145	241
	16 "	145	241
16 "	328	546	
17 "	155	258	
19 "	154	256	
11 Avril	103	171	
17 "	232	420	
19 "	88	146	

Année	Date	Débits $m^3/s$	Débits spécifiques $l/s.km^2$	
1961	19 Novembre	64	107	
	4 Décembre	160	266	
	8 "	512	853	
	9 "	746	1243	
	11 "	99	164	
	16 "	186	310	
	17 "	336	560	
	19 "	90	150	
	21 "	416	693	
	24 "	90	150	
	26 "	186	310	
	27 "	94	157	
	28 "	512	853	
	31 "	99	164	
1962	5 Janvier	90	150	
	6 "	384	640	
	8 "	176	293	
	9 "	344	573	
	10 "	192	320	
	12 "	220	366	
	13 "	99	164	
	20 "	244	406	
	24 "	404	673	
	25 "	660	1100	
	30 "	734	1223	
	31 "	352	586	
	1er Février	404	673	
	Pas d'enregistrement du 8 Février au 17 Mars			
	23 Mars	108	180	
	24 "	117	195	
	25 "	103	171	
27 "	155	258		
29 "	336	560		
30 "	155	258		
31 "	214	356		
1er Avril	502	830		

De 1957 à 1959, nous avons noté les débits maximaux suivants pris sur les relevés de hauteurs d'eau. Ces valeurs sont certainement faibles, le lecteur faisant les observations à heures fixes ne correspondant jamais avec le maximum des crues.

Année	Date	Débits m <sup>3</sup> /s	Débits spécifiques l/s.km <sup>2</sup>
1958	22 Janvier	295	492
	25 "	226	376
	28 "	550	916
	2 Février	173	288
	26 "	200	333
	5 Mars	143	238
	6 "	121	201
	7 "	360	600
	8 "	298	496
	9 "	173	288
	10 "	170	283
	11 "	160	266
	12 "	153	255
	10 Novembre	200	333
21 "	153	255	
1959	16 Décembre	128	213
	21 "	153	255
	1er Janvier	203	338
	2 "	235	391
	5 "	126	210
	6 "	105	175
	7 "	324	540
	8 "	108	180
9 "	128	213	
11 "	145	241	
15 "	101	168	

Année	Date	Débits m <sup>3</sup> /s	Débits spécifiques l/s.km <sup>2</sup>
1959	11 Février	197	328
	23 "	112	186
	4 Mars	384	640
	5 "	135	225
	6 "	135	225
	9 "	112	186
	12 "	135	225
	13 "	384	640
	14 "	135	225
	21 "	101	168
	24 "	90	150
	28 "	820	1366
	2 Avril	239	398
	3 "	135	225
	4 "	101	168

DEBITS d'ETIAGE ABSOLUS

Surface du bassin versant 600 km<sup>2</sup>

Année	Date	Débits m <sup>3</sup> /s	Débits spécifiques l/s.km <sup>2</sup>
1957	1 <sup>er</sup> Décembre	2,2	3,7
1958	6 & 7 Décembre	2,0	3,3
1959	30 Oct. & 2 Nov.	3,5	5,8
1960	19 Novembre	1,6	2,7
1961	10 Novembre	1,1	1,8
1962	30 Oct. au 2 Nov.	3,1	5,2

Le plus faible débit d'étiage se produit en 1961 avec 1,1 m<sup>3</sup>/s, soit 1,8 l/s.km<sup>2</sup>. Cet étiage vient à la suite d'une année de très faible hydraulicité (1960-61) ; module 15,7 m<sup>3</sup>/s, soit 26,2 l/s.km<sup>2</sup>.

DEBITS CARACTERISTIQUES

ISINKO à AMBODIROKA

Surface du bassin versant : 600 km<sup>2</sup>

Années	Valeurs absolues (m <sup>3</sup> /s)					Valeurs spécifiques (l/s.km <sup>2</sup> )				
	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC
1957-58	≤ 2,9	-	-	22,2	160	≤ 4,83	-	-	36,5	266,5
1958-59	2,7	6,3	13,6	34,7	(135)	4,5	10,05	22,7	57,8	(225,3)
1959-60	2,2	4,3	8,9	24,0	98,8	3,67	7,17	14,85	40	164,2
1960-61	1,5	3,4	7,0	19,8	76,7	2,5	5,66	11,65	33,0	128
1961-62	1,5	5,1	13,1	-	-	2,5	8,5	21,8	-	-