

RAPPORTS SCIENTIFIQUES
ET TECHNIQUES

SCIENCES DE LA TERRE

HYDROLOGIE

N° 1

1991

MADAGASCAR

Etude des crues

I - Les données d'observations
et estimation des débits maximums

Joël DANLOUX

Document de travail

**RAPPORTS SCIENTIFIQUES
ET TECHNIQUES**

SCIENCES DE LA TERRE

HYDROLOGIE

N° 1

1991

MADAGASCAR
Etude des crues
1 - Les données d'observations
et estimation des débits maximums

Joël DANLOUX

ORSTOM

**INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION**

CENTRE DE NOUMÉA

© ORSTOM, Nouméa, 1991

Danloux, J.

MADAGASCAR Etude des crues 1 - Les données d'observations et estimation des débits maximums

Nouméa : ORSTOM. 1991, 160 p.

Rapp. sci. tech. : Sci. Terre : Hydrol.; 1

HYDROLOGIE; CRUE; DEBITS; HAUTES EAUX / MADAGASCAR

Imprimé par le Centre ORSTOM
de Nouméa
Juin 1991



AVANT-PROPOS

Le problème des crues intéressant tout particulièrement les projeteurs à MADAGASCAR et les méthodes les plus diverses ayant été proposées, il nous a paru utile de présenter ce travail, élaboré en grande partie pour la monographie ORSTOM sur les régimes hydrologiques, dans un recueil ne rassemblant que ces données.

Bien qu'elle s'appuie sur un assez grand nombre d'observations, cette étude n'a pu utiliser que l'information limnimétrique actuellement saisie des stations du réseau de base et une faible partie de l'information pluviométrique.

Néanmoins, si les aménagistes trouvaient dans ce premier volume les éléments nécessaires au calcul de leurs crues de projet, nous aurions atteint notre objectif.

SOMMAIRE

I - LES DONNEES CRUES	
I.1 - Représentativité des données	1
I.2 - Localisation des stations	1
I.3 - Présentation des données caractéristiques de crue	5
II - DISTRIBUTION DES MAXIMUMS ANNUELS DE CRUE	84
II.1 - Echantillonnage	85
II.2 - Distributions statistiques	85
II.3 - Utilisation de l'information historique	86
II.4 - Estimation des débits	86
II.5 - Période de retour et calcul du risque	86
II.6 - Résultats	87
III - ESTIMATION DES DEBITS MAXIMUMS DE CRUE	112
III.1 - Les formules empiriques	113
III.2 - Estimation des débits décennaux de crue	115
III.3 - Valeurs "extrêmes" des crues - Courbe enveloppe	128
IV - COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT	132
V - TEMPS CARACTERISTIQUES DES CRUES	136
VI - PRECIPITATIONS ET CRUES CYCLONIQUES	142
VI.1 - Généralités	143
VI.2 - Précipitations exceptionnelles	143
VI.2.1- Hauteurs journalières	143
VI.2.2- Types d'averses et répartitions	144
VI.2.3- Intensités	144
VI.3 - Trajectoires et crues cycloniques	145
VI.3.1- Le cyclone tropical d'ANDEVORANTO	145
VI.3.2- Le cyclone tropical de MANANARA Nord	145
VI.3.3- Le cyclone tropical Eugénie	145
VI.3.4- Interprétation des résultats d'observations	151
VI.3.5- Trajectoires et crues anciennes. Essai d'interprétation	151
VI.3.6- Le cyclone tropical Félicie	153

ANNEXES

CHAPITRE I

LES DONNEES CRUES

I. 1 - REPRESENTATIVITE DES DONNEES

Les résultats présentés dans ce chapitre ne sont qu'une synthèse très partielle de l'information crues recueillie de 1948 à 1984, sur les stations du réseau hydrologique de base sous gestion ORSTOM jusqu'en 1975.

Seule l'information hauteurs saisie sous HYDROM (relevés limnimétriques d'un peu plus des 2/3 des stations) ainsi que des relevés de plus hautes eaux et les jaugeages (fiches de station) ont pu faire l'objet d'une exploitation.

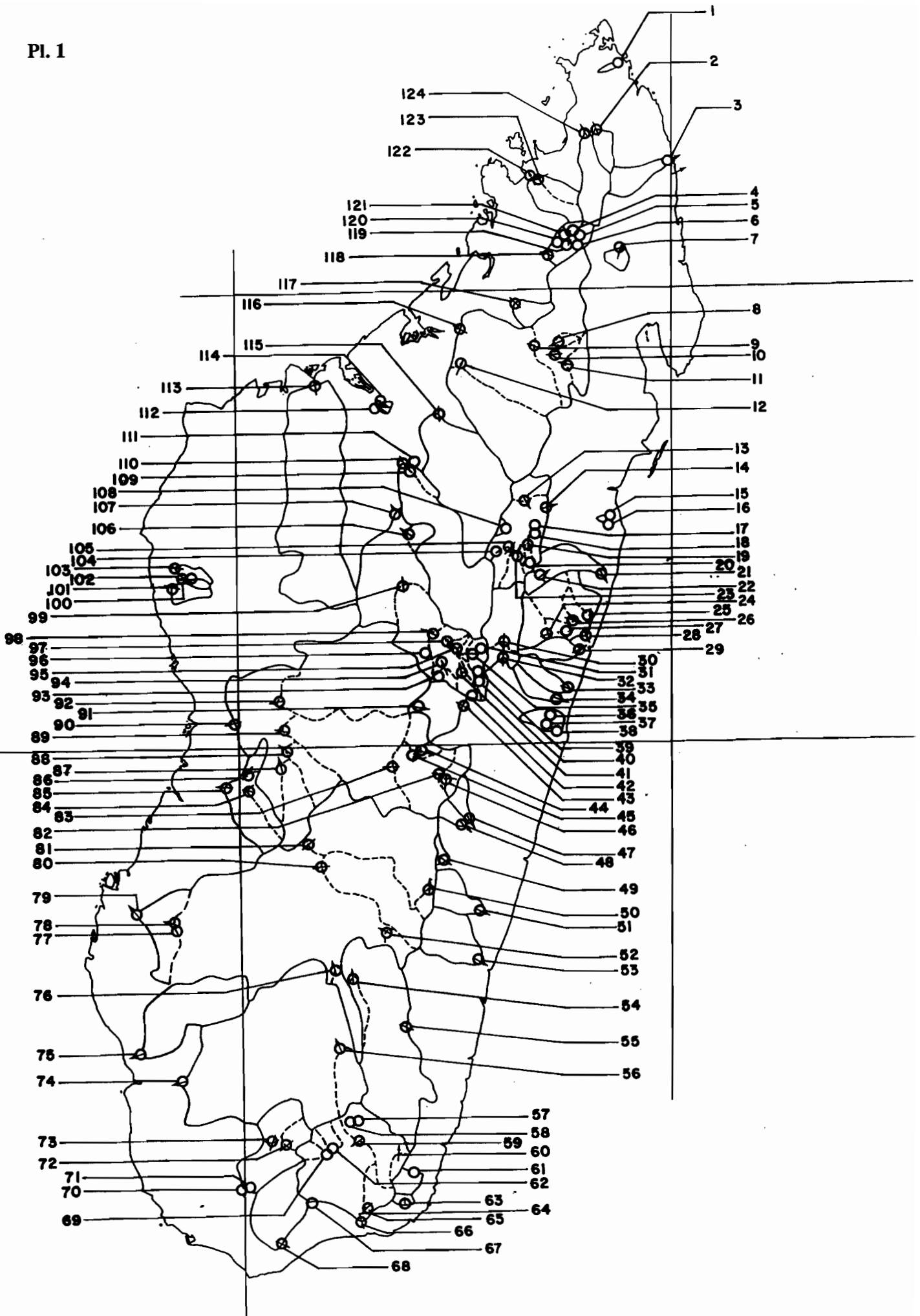
Afin de combler certaines lacunes, les résultats d'études particulières menées par l'ORSTOM dans un cadre contractuel, tout comme certaines données élaborées par d'autres services gestionnaires (Division d'Hydrométéorologie, Eaux et Forêts et CTFT) ont été repris, de même que quelques mesures et relevés d'enquêtes effectués à la faveur d'épisodes cycloniques particuliers (jaugeages sur la SOFIA au pont de la RN6 lors du cyclone Inès, plus hautes eaux atteintes par la SAHARENANA lors du cyclone Isis,...).

Il n'en demeure pas moins vrai qu'un certain manque d'observations fait cruellement défaut. Le réseau de base ayant été surtout développé dans les zones d'intérêt particulier (aménagements hydrauliques à proximité des grands centres), la quasi-totalité des stations contrôle des bassins ne drainant que le socle cristallin. Les bassins des terrains sédimentaires ou volcano-sédimentaires de l'Ouest, peu peuplés et souvent d'accès difficile, n'ont fait l'objet que de très rares travaux.

I.2 - LOCALISATION DES STATIONS

1	Saharenana	Pont Rn6		Ivondro	Volobe
2	Mananjeba	Antakoto	22	Ivondro	Ambodifana
	Mananjeba	Marivorahona	23	Ranofotsy	Andilanatoby
3	Fanambano	Morafeno	24	Vohitra	Rogez
4	Maevarano	Beroitra	25	Rongaronga	Ambinaninony
	Maevarano	Antafiandakana	26	Rianila	Fetraomby
5	Bealanana	Ambinanindrano	27	Vohitra	Andekaleka
6	Maevarano	Antelopolo	28	Rianila	Vohibinany
7	Ankaibe	Betsakotsako	29	Iaroka	Ampitabe
8	Salohy	Andampihely	30	Mangoro	Mangoro
9	Sofia	Antafiatsalana	31	Varahina	Mantasoa
10	Sandrangitra	Kalandy	32	Mangoro	Ambodimanga
11	Mangarahara	Mandritysara	33	Sakanila	Tsarasambo
	Mangarahara	Ambodiaviavy	34	Manampotsy	Ilaka
12	Bemarivo	Andranomiditra	35	Ikopa	Antelomita
	Bemarivo	Ampombitika	36	Ihosa	Ambahasina
13	Anony	Ambohiboanjo	37	Lohariana	Maroambo
14	Maningory	Andromba	38	Sahasaka	Miakara
15	Iazafo	Morafeno	39	Manandriana	Manandriana
16	Mananoka	Rn22	40	Vaharina Sud	Tsiazompaniry
17	Mananontanana	Rn44	41	Sisaony	Andramasina
18	Andragorona	Rn44	42	Ambatomainty	BVR Sud
19	Sasomangana	Marianina	43	Onive	Tsinjoarivo
	Sasomangana	Pont MLA	44	Sahanivotry	PK 197,5
	Sasomangana	Ambohiboromanga	45	Sandrandahy	Sandrandahy
20	Sasomangana	Antanifotsy	46	Mania	Sandrandahy
21	Ivondro	Ringaringa		Mania	Amboromania

Pl. 1



47	Mananjary	Antsindra	89	Mania	Ankotrofotsy
48	Ivoanana	Fatihita	90	Tsiribihina	Betomba
49	Namorona	Vohiparara	91	Amborompotsy	Antsampandrano
50	Matsiatra	Fanoro	92	Mahajilo	Antsakoamadinika
51	Faraony	Sahasinaka		Mahajilo	Miandrivazo
	Faraony	Vohilava	93	Tafaina	Ambohidrano
52	Zomandao	Ankaramena	94	Andromba	Behenjy
53	Matitanana	Mahasoabe		Andromba	Tsinjony
54	Sahambano	Sahambano	95	Ikopa	Ambohimanambola
55	Mananara Sud	Maroangaty	96	Katsoaka	Niakotsoarano
56	Mangoky	Betroka	97	Ikopa	Anosizato
57	Tsivory	Ambia		Ikopa	Mahitsykely
58	Ranomainty	Anivorano	98	Ikopa	Bevomanga aval
59	Mandrare	Andabolava amont		Ikopa	Bevomanga amont
	Mandrare	Andabolava aval		Ikopa	Ambohitrinimerina
60	Mandrare	Andetsy		Ikopa	Anosimparry
61	Manampanihy	Elanary		Ikopa	Farahantsana
62	Andrantina	Marotsiraka	99	Ikopa	Fiadanana
63	Efaho	Fanjahira	100	Kimazimazy	Soatanana
64	Mananara	Bevia	101	Demoka	Bevatry
65	Mananara	Beraketa		Demoka	Rn8
66	Mandrare	Amboasary Sud	102	Tsiombikary	Tsiombikary
67	Ianamolora	BVR	103	Namela	Antanandava
68	Manambovo	Tsihombe	104	Sahamilahy	Maheriara
69	Besaly	Amboasary Est	105	Sahabe	Betambako
70	Menarandra	Tranoroa		Sahabe	Prise PC23
71	Tranoroa	BVR	106	Mamokomita	Maroharana
72	Menakompy	Andriambe	107	Ikopa	Antsatrana
	Menakompy	Ankilimahazo	108	Ivakaka	Vohidiala
73	Menarandra	Bekily	109	Isinko	Ambodiroka
74	Onilahy	Tongobory	110	Betsiboka	Ambodiroka
75	Fiherenana	RN9		Betsiboka	Ancien pont
76	Ihosy	Ihosy	111	Ankaboka	BVR aval
77	Banian	BVR	112	Karambo	Betsirebika
78	Mangoky	Banian	113	Mahavavy Sud	Marovato
	Mangoky	Vondrove		Mahavavy Sud	Sitampiky
79	Mangoky	Bevoay	114	Marovoay	Rn4
80	Mananantanana	Tsitondroina	115	Kamoro	Rn4
81	Matsiatra	Bedray	116	Sofia	Rn6
	Matsiatra	Malakialina	117	Tsinjomorona	Ankobakobaka
82	Manandona	Sahanivotry	118	Maevarano	Ambodivohitra aval
83	Mania	Fasimena		Maevarano	Tetezambato
84	Sakamaly	Migodo	119	Bealanankely	Betainkankana
85	Morondava	Tsiandava	120	Antsamaka	Antsamaka
	Morondava	Dabara	121	Beandrarezona	Beandrarezona
86	Beritsoka	Site barrage	122	Sambirano	Ambanja
	Beritsoka	Rn35	123	Ramena	Ambodimanga
87	Manambola	Ambatolahy	124	Mahavavy Nord	Rn6
88	Sakeny	Andraketa		Mahavavy Nord	Amont prise

I.3 - PRESENTATION DES DONNEES CARACTERISTIQUES DE CRUE

Comme pour les résultats des distributions statistiques du chapitre suivant, les données caractéristiques de crue (jaugeages et étalonnages de hautes eaux, débits maximums annuels, crues "historiques",...) sont présentées par station, le regroupement par secteur géographique de ces stations et bassins ne correspondant pas toujours à des régions homogènes.

I - REGION NORD

1251402505 - LA SAHARENANA AU PONT DE LA RN6 (A = 196 Km²)

Sur cette station, suivie avec certaines difficultés entre septembre 1980 et octobre 1983, quelques observations effectuées en 1973 et 1975 ont permis d'obtenir un ordre de grandeur du débit maximum ($Q = 1120 \text{ m}^3/\text{s}$) de l'année 1972-73, atteint le 16 février (cyclone Isis - pont emporté).

II - REGION NORD EST

1252200105 - LA FANAMBANA A MORAFENO (A = 1828 Km²)

Installée en octobre 1980, cette station a été suivie jusqu'en 1983.

L'extrapolation à partir des vitesses moyennes et des sections mouillées a été menée jusqu'à la cote 3,30m (PHE 1982-83 - cyclone Justine).
Au-delà, l'extrapolation a été poursuivie linéairement pour l'évaluation (minimale) du débit le plus important de la période 1972-83.

Année	Hm	Q m ³ /s	Obs.
1972-73	6,43	(2580)	PHE
1980-81	1,54	145	3rel
1981-82	5,70	(2170)	PHE
1982-83	3,30	(815)	3rel

1253101205 - L'ANKAIBE A BETSAKOTSAKO (A = 480 Km²)

Directement en amont du seuil d'ANDOHARIANA (contrôle de la cuvette d'ANDAPA) et de la confluence avec l'ANDRAMONTA, la station de BETSAKOTSAKO suivie entre 1966 et 1968, a été réinstallée en octobre 1980.

L'extrapolation importante (de 51 à 515 m³/s) menée par AGRER en 1968 (à partir des vitesses moyennes et de sections mouillées ?) permet une estimation des débits des plus fortes crues connues de la période 1960-83 (cyclones Justine le 19/03/82, Georgette en 1968 et Hortense (?) en 1973).

Année	Q m ³ /s	Hm*	Obs.
1967-68	515	5,30	PHE 470,16 NGM
1972-73	252	4,30	PHE
1980-81	57	1,95	
1981-82	560	5,70	PHE
1982-83	94	2,50	PHE

* Hauteurs dans le système de la nouvelle échelle

III - REGION CENTRE EST

1255801505 - LA IAZAFO A MORAFENO (A = 103 Km²)

La courbe de tarage est fortement extrapolée (vitesses et surfaces puis extrapolation logarithmique) pour l'évaluation des maximums annuels de cette station, suivie entre septembre 1980 et octobre 1982.

Année	Hm	Q m ³ /s	Obs.
1980-81	5,23	(56)	PHE
1981-82	6,13	(165)	PHE
1982-83	4,95	(33)	PHE

1251003205 - LA MANANONOKA A LA RN22 (A = 84,0 Km²)

L'extrapolation de la courbe de tarage, à partir des vitesses moyennes et des sections mouillées est importante (de 2,28 à 67 m³/s) pour cette station suivie de septembre 1980 à octobre 1983.

Une évaluation du maximum décennal de crue a été établie, à partir de données d'observations et des résultats de l'étude statistique menée sur la station la plus proche (IVONDRO à RINGARINGA).

1252800112 - L'IVONDRO A VOLOBE (A = 2460 Km²)

Entre AMBODILAZANA (station secondaire peu suivie) et RINGARINGA plus aval, quelques relevés de plus hautes eaux ont pu être effectués à l'aval immédiat de l'usine hydro-électrique de VOLOBE (canal de fuite - échelle EEM).

RINGARINGA

Année	Hm*	Hm	Q m ³ /s
1971-72	70,51	9,60	1870
1972-73	71,10	10,16	2070
1973-74	68,20	7,10	1110
1974-75	71,45	11,40	2560

* Hauteurs dans le système de l'ancienne échelle EEM.

1252800109 - L'IVONDRO A RINGARINGA (A = 2560 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

Si les détarages sont encore sensibles en moyennes eaux, la station peut être considérée comme assez stable en hautes eaux et la courbe d'étalonnage peut être tracée sans grande extrapolation jusqu'à 12,40m, grâce à la série de jaugeages réalisée le 22/01/1971 (de 912 à 2050 m³/s pour des hauteurs allant de 6,38 à 10,05m).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1952-53	429	13/08/53 18h00	4,00	Min
1953-54	1820	14/01/54 18h00	9,50	PHE
1954-55	398	18/03/55 06h00	3,75	3rel
1955-56	2970	06/02/56 12h00	12,40	PHE
1956-57	293	04/02/57 06h00	2,80	3rel
1957-58	410	10/03/58 18h00	3,85	3rel
1958-59	2790	25/03/59 18h00	12,00	PHE
1959-60	1230	04/11/59 06h00	7,50	3rel
1960-61	180	26/07/61 12h00	1,98	3rel
1961-62	1030	04/12/61 06h00	6,80	3rel
1962-63	(1370)	14/03/63 18h00		
1963-64	1830	09/03/64 06h00	9,50	PHE
1964-65	(1680)	21/03/65 12h00		
1965-66	825	15/02/66 12h00	6,00	3rel
1966-67	360	17/01/67 12h00	3,50	3rel
1967-68	714	16/01/68 12h00	5,53	3rel
1968-69	914	04/01/69 06h00	6,35	3rel
1969-70	1520	07/04/70 21h00	8,50	3rel
1970-71	2980	21/01/71 18h00	12,40	PHE
1971-72	1870	07/03/72 12h00	9,60	3rel
1972-73	2070	29/01/73 12h00	10,16	3rel
1973-74	1110	21/01/74 06h00	7,10	3rel
1974-75	2560	13/03/75 06h00	11,40	3rel
1975-76	476	26/12/75 12h00	4,30	3rel

1976-77	1740	25/02/77 17h00	9,20	3rel
1977-78	314	18/03/78 06h00	3,15	3rel
1978-79	427	01/04/79 06h00	4,00	3rel
1979-80	1070	21/01/80 17h00	6,90	3rel
1980-81	269	25/12/80 12h00	2,85	3rel
1981-82	857	03/02/82 12h00	6,12	3rel
1982-83	455	22/01/83 06h00	4,17	3rel
1983-84	349	29/12/83 06h00	3,45	Min

1256602509 - LA VOHITRA A ANDEKALEKA - ROGEZ (A = 1910 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

Les conditions hydrauliques (chute de MERENA) permettent l'évaluation correcte des débits de très hautes eaux.

L'extrapolation de type logarithmique est importante (de 902 à 6090 m³/s pour des cotes allant de 5,65 à 13,46m) et s'appuie essentiellement sur les résultats de jaugeages de la campagne 1971-72.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1952-53	410	21/03/53 18h00	2,97	3rel
1953-54	2190	14/01/54 18h00	7,40	PHE
1954-55	211	08/01/55 12h00	1,80	3rel
1955-56	1990	06/02/56 12h00	7,07	PHE
1956-57	168	03/02/57 18h00	1,50	3rel
1957-58	665	10/03/58 12h00	3,95	3rel
1958-59	6090	26/03/59 21h00	12,46	PHE
1959-60	275	16/01/60 12h00	2,20	3rel
1960-61	146	01/12/60 12h00	1,33	3rel
1961-62	546	10/02/62 06h00	3,55	3rel
1962-63	859	16/02/63 16h00	4,51	3rel
1963-64	(2850)			
1964-65	715	21/01/65 15h00	4,10	3rel
1965-66	268	27/12/66 12h00	2,16	3rel
1966-67	261	17/01/67 06h00	2,12	3rel
1967-68	761	15/01/68 06h00	4,23	3rel
1968-69	240	16/04/69 06h00	2,00	3rel
1969-70	810	07/04/70 12h00	5,37	Lim
1970-71	1190	25/01/71 19h40	6,38	Lim
1971-72	2010	14/02/72 11h15	8,10	Lim
1972-73	1730	19/02/73 21h40	7,55	Lim
1973-74	722		4,12	Lim
1974-75	3400	13/03/75	9,25	Lim
1975-76	698	22/01/76 18h00	5,05	Min
1976-77	1080	27/02/77 12h00	6,13	3rel
1977-78	166	07/03/78 12h00	2,48	3rel
1978-79	211	07/02/79 12h00	2,80	Min

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Les premières mesures remontent à 1926 (jaugeages de la mission CANDELIER et de la SHD), mais à part le nivellement des plus hautes eaux de l'année 1928-29, aucun relevé de 1928 à 1937 n'a été retrouvé.

L'extension de l'échantillon de crues a toutefois été permis après
 -recalage des relevés anciens des périodes 1936-45 et 1948-52
 -évaluation des maximums de la période 1945-48 (relation entre pluies maximales de 48h à ROGEZ et débits maximums).

Année	Hm*	Q m ³ /s	Obs.
1928-29	6,40	1650	PHE
1936-37	5,97	1440	rel
1937-38	4,60	890	rel
1938-39	2,39	308	rel
1939-40	4,50	855	rel
1939-40	4,50	855	rel
1940-41	2,28	289	rel
1941-42	1,57	178	rel
1942-43	5,00	1030	rel
1943-44	3,02	420	rel
1944-45	5,23	1130	rel
1945-46		((900))	
1946-47		((3100))	
1947-48		((200))	
1948-49	7,60	2310	rel
1949-50	6,40	1650	Lim
1950-51	5,10	1070	Lim
1951-52	2,04	247	rel

* Hauteurs dans le système de l'ancienne échelle.

1256602005 - LA RONGARONGA A AMBINANINONY (A = 1000 Km²)

A l'entrée de la plaine côtière, zone inondable où les pentes hydrauliques peuvent varier suivant l'état de remplissage (crues de la RONGARONGA et du RIANILA), cette station a été suivie de juin 1964 à octobre 1975.

Le nombre de mesures ne permettant pas de préciser l'allure de chaque crue ou décrue, une courbe moyenne pour une pente "normale" a été admise pour l'évaluation des débits maximums annuels.

Année	Hm	Q m ³ /s	Obs.
1955-56	15,25	1620	PHE
1958-59	15,70	1570	PHE
1963-64	7,55	670	PHE
1964-65	8,00	720	Min
1965-66	6,95	602	3rel

1966-67	3,90	277	Min
1967-68	7,56	672	3rel
1968-69	7,14	624	3rel
1969-70	8,00	720	Min
1970-71	11,30	1120	PHE
1971-72	10,84	1060	3rel
1972-73	14,25	1500	3rel
1973-74	5,89	484	3rel
1974-75	13,10	1335	3rel

En l'absence d'autres renseignements, les maximums des années 1955-56 et 1958-59 ont été retenus comme les plus importants de la période 1954-75.

1256600110 - LE RIANILA A FETRAOMBY (A = 1863 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

L'extrapolation logarithmique menée de 4,91 (cote du plus fort jaugeage) à 11,94m dans le système de l'ancienne échelle, s'appuie sur les mesures réalisées du 19 au 26/03/1965.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1963-64	3260		8,77	PHE
1964-65	1770	21/03/65 06h00	6,13	3rel
1965-66	1050	10/02/66 06h00	4,54	3rel
1966-67	777	17/01/67 06h00	4,41	3rel
1967-68	1830	23/02/68 06h00	6,85	3rel
1968-69	1050	04/01/69 06h00	5,14	3rel
1969-70	3030	31/01/70 12h00	9,00	3rel
1970-71	4550	21/01/71 21h00	11,50	PHE
1971-72	4570	14/02/72 12h00	11,53	3rel
1972-73	4040	28/01/73 18h00	10,65	3rel
1973-74	1580	21/01/74	6,35	Min
1974-75	4760	13/03/75 06h00	11,85	3rel

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Les seuls renseignements (maximum de l'année 1958-59) ont été obtenus lors de l'installation de l'échelle en 1964.
 Evaluée à 5180 m³/s, cette crue peut être considérée comme la plus importante de la période 1956-80.

1256602503 - LA VOHITRA A ANDEKALEKA (A = 2615 Km²)**MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX**

L'extrapolation de type logarithmique est relativement faible (de 6,30 à 8,70m) et s'appuie sur les jaugeages réalisés du 21 au 25/03/1965 (de 388 à 944 m³/s pour des hauteurs à l'échelle de 3,49 à 6,30m).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1964-65	1110	21/01/65 18h00	6,90	3rel
1965-66	528	14/02/66 12h00	4,28	3rel
1966-67	474	24/12/66 12h00	3,96	3rel
1967-68	1230	15/01/68 18h00	7,28	3rel
1968-69	725	04/01/69 06h00	5,35	3rel
1969-70	1580	08/04/70 06h00	8,36	3rel
1970-71	1700	22/01/71	8,70	PHE
1971-72	1450	15/02/72 18h00	7,98	3rel
1972-73	1190	05/01/73 12h00	6,76	Min

EXTENSION DE L'ECHANTILLON DE CRUES

Les plus hautes eaux de 1963-64, relevées lors de l'installation de l'échelle, ont été données vers 7,34m, soit la quatrième valeur en 10 ans, alors que cette crue est la plus importante de la période 1963-73, tant en amont (VOHITRA à ROGEZ - T = 13 ans), qu'en aval (RIANILA à VOHIBINANY - T = 19 ans) d'ANDEKALEKA.

1256601505 - LA IAROKA A AMPITABE (A = 1275 Km²)

Suivie de juin 1964 à octobre 1975, cette station est installée en amont de la plaine et des marais côtiers inondés par les crues du RIANILA et de la IAROKA.

Le nombre et la qualité des jaugeages ne permettant pas de juger des conditions d'écoulement en crue et en décrue, un tarage moyen pour une pente "normale" a été admis, comme pour la RONGARONGA à AMBINANINONY, pour l'estimation des débits maximums annuels.

Année	Hm	Q m ³ /s	Obs.
1944-45	11,50	3900	PHE
1958-59	(12,95)	4400	PHE
1963-64	6,95	1500	3rel
1964-65	8,10	2000	3rel
1965-66	4,29	577	3rel
1966-67	5,27	860	3rel
1967-68	6,95	1500	3rel

1968-69	4,65	642	3rel
1969-70	8,00	1930	Min
1970-71	8,40	2100	phe
1971-72	(8,60)	2200	3rel
1972-73	7,98	1920	3rel
1973-74	(1,36)	125	3rel
1974-75	11,50	3900	PHE
1975-76			
1976-77	8,41	2100	

Les maximums de crues des années 1958-59, 1944-45 et 1974-75 ont été considérés comme les plus importants de la période 1940-80.

1256600105 - LE RIANILA A VOHIBINANY - BRICKAVILLE (A = 5996 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

Si la station présente en basses eaux une certaine instabilité (nature du lit, influence possible de la marée plus aval), bien des dispersions signalées antérieurement étaient dues à de mauvais recalages des échelles,

0,89 NGM du 8/10/1951 au -/11/1955
 -0,05 NGM du -/11/1955 au 21/06/1956 (échelle SNTF)
 0,87 NGM du 22/06/1956 au 29/06/1959
 0,41 NGM à compter du 30/06/1959

le seul repère à considérer étant la borne TCE cotée 9,58 NGM.

L'extrapolation de type logarithmique a été menée à partir des jaugeages réalisés entre 3,08 et 4,21 NGM (correspondant respectivement à des débits de 662 et de 1270 m³/s).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1951-52	4550	25/05/52 18h00	7,00	3rel
1952-53	1620	13/08/53 12h00	3,80	Min
1953-54	5150	14/01/54 12h00	7,50	PHE
1954-55	1280	06/03/55 12h00	3,30	3rel
1955-56	6120	27/01/56	9,20	PHE
1956-57	2210	07/04/57 18h00	4,61	3rel
1957-58	2410	10/03/58 18h00	4,86	3rel
1958-59	8200	19/03/59	9,66	PHE
1959-60	2640	16/01/60 12h00	5,50	3rel
1960-61	986	27/07/61 18h00	3,18	3rel
1961-62	2500	10/02/62 12h00	5,33	3rel
1962-63	3090	27/03/63 06h00	5,96	3rel
1963-64	7710	11/03/64 12h00	9,82	3rel
1964-65	3420	23/03/65 06h00	6,41	3rel

1965-66	1430	16/02/66 06h00	4,00	3rel
1966-67	991	25/12/66 12h00	3,30	3rel
1967-68	2910	15/01/68 18h00	5,89	3rel
1968-69				
1969-70				
1970-71	4570	22/01/71	7,50	PHE
1971-72				
1972-73	5010		7,87	PHE
1973-74				
1974-75	6320		8,88	PHE

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Il y a peu d'éléments sur la crue qui en 1949 a provoqué la destruction de l'ancien pont, mais il semblerait que la ruine de cet ouvrage soit plutôt due à des obstructions importantes qu'à une très forte crue.

1256900101 - LE SAKANILA A TSARASAMBO (A = 1700 Km²)

Les mesures à TSARASAMBO et l'enquête menée dans la basse vallée du SAKANILA (de MAINTINANDRY à AMPAHO) en 1979 ont permis une évaluation (formule de Manning-Strickler) des débits des plus hautes eaux connues des périodes 1920-79 et 1970-79.

Année	Q m ³ /s	TSARASAMBO	AMPAHO
1958-59	(4500)	8,57 NGM	7,31 NGM
1925-26	(4500)		
1971-72	(2160)	5,77 NGM	5,41 NGM

1254200101 - LE MANAMPOTSY A ILAKA (A = 1280 Km²)

Poursuivie sur la MANAMPOTSY, l'enquête de 1979 a permis l'évaluation des débits maximums les plus importants des périodes 1900-79 et 1970-79.

Année	Q m ³ /s	H NGM
1958-59	(4400)	7,58
1925-26	(4400)	
1905-06	(4400)	
1974-75	(3300)	6,73

1255803301 - L'IHOSY A AMBAHASINA (A = 65,0 Km²)

Le maximum connu (enquête de 1979) est celui de l'année 1958-59 avec une cote de 7,94 NGM et un débit de l'ordre de 520 m³/s (évaluation suivant la formule de Manning-Strickler).

1255803401 - LA LOHARIANA A MAROAMBO (A = 158 Km²)

Le maximum donné (enquête de 1979) est bien identifié (années 1958-59) pour ce second tributaire du lac IHOSY, tant à MAROAMBO (6,70 NGM) qu'à MAROAHITRA (7,67 NGM), mais aucune évaluation du débit n'a été permise en raison de l'important débordement rive droite.

1255803410 - LA SAHASAKA A MIAKARA (A = 485 Km²)

Les mesures et l'enquête menée en 1979 sur le lac IHOSY et son exutoire principal la SAHASAKA (les déversements vers le canal des Pangalanes ne doivent pas excéder 50 m³/s en très hautes eaux) ont permis le rattachement des plus hautes eaux et l'évaluation (formule de Manning-Strickler) du débit maximum connu (année 1958-59 - inondation de MAHANORO).

Année	Q m ³ /s	MAHATSARA	AMBILABE
1974-75	(750)		6,01 NGM
1958-59	(1000)	5,29 NGM	6,60 NGM

IV - REGION SUD-EST**1254500105 - LA MANANJARY A ANTSINDRA (A = 2260 Km²)****MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX**

Les deux échelles (aval puis amont rapides) étant situées dans des biefs différents, la courbe de tarage de moyennes et hautes eaux de l'échelle amont n'a pu être déduite et deux extrapolations de type logarithmique ont dû être menées à partir des plus forts jaugeages réalisés pour chaque échelle.

-mesures de 0,99m (Q = 79,0 m³/s) à 3,22m (Q = 361 m³/s). Extrapolation assez importante de 3,22 à 10,80m (Q = 1670 m³/s).

-mesures de 0,60m (Q = 64,5 m³/s) à 1,32m (Q = 142 m³/s). Forte extrapolation de 1,32 à 8,00m (Q = 1030 m³/s).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1955-56	799	27/01/56 06h00	6,10	3rel
1956-57	614	05/02/57 12h00	4,99	3rel
1957-58	782	07/03/58 12h00	6,00	3rel
1958-59	1670		10,80	PHE
1959-60				
1960-61	390	02/01/61 06h00	3,28	3rel
1961-62	526	12/03/62 06h00	4,32	3rel
1962-63	868	17/02/63 12h00	6,83	3rel
1963-64	625	09/03/64 12h00	5,07	3rel
1964-65	621	23/01/65 18h00	5,04	3rel
1965-66	346	02/01/66 06h00	3,10	3rel
1966-67	366	01/01/67 00h00	3,10	3rel
1967-68	327	23/02/68 18h00	2,80	3rel
1968-69	(1030)	05/02/69 06h00	8,00	PHE
1969-70	1030	23/02/70 06h00	8,00	PHE
1970-71	346	06/02/71 06h00	2,95	3rel
1971-72	809	15/02/72 18h00	6,40	3rel
1972-73	510	16/01/73 18h00	4,20	3rel
1973-74	353	30/12/73 06h00	3,00	3rel
1974-75	361	13/03/75 18h00	3,06	3rel
1975-76	287	22/12/67 06h00	2,50	Min

EXTENSION DE L'ECHANTILLON DE CRUES

En l'absence de relevé de mars 1959 à juin 1960, seul l'échantillon 1960-76 a été traité, tout en admettant que les maximums annuels de 1958-59, 1968-69 et 1969-70 sont les plus importants de la période 1955-76.

1254502003 - L'IVOANANA A FATIHITA (A = 835 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

La nature du contrôle (seuil, chute) garantit la stabilité de cette station, mais l'extrapolation de type logarithmique qui a été menée à partir des jaugeages les plus importants est forte (de 2,41 à 9,55m).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm*	Obs.
1956-57	175	04/02/57 12h00	2,80	3rel
1957-58	364	05/03/58 12h00	4,54	3rel
1958-59	872	28/03/59 12h00	8,70	3rel
1959-60	202	23/03/60 06h00	3,08	3rel
1960-61	333	02/01/61 06h00	4,26	3rel
1961-62	335	28/12/61 06h00	4,28	3rel
1962-63	281	24/01/63 18h00	3,80	3rel
1963-64	374	14/11/63 18h00	4,63	3rel
1964-65	529	28/01/65 18h00	5,96	3rel
1965-66	232	02/01/66 12h00	3,36	3rel
1966-67	221	19/02/67 12h00	3,26	3rel
1967-68	288	18/02/68 06h00	3,86	3rel
1968-69	(807)	08/02/69 06h00	9,10	PHE
1969-70	1030	24/02/70 09h00	9,55	PHE
1970-71	300	16/02/71 18h00	3,57	3rel
1971-72	461	14/02/72 18h00	4,98	3rel
1972-73	222	16/02/73 12h00	2,87	3rel
1973-74	303	05/02/74 18h00	3,60	3rel
1974-75	191	14/03/75 18h00	2,58	3rel
1975-76	234	21/12/75 06h00	2,98	Min

* Hauteurs dans le système dit de l'ancienne échelle.

EXTENTION DE L'ECHANTILLON DE CRUES

Les plus hautes eaux atteintes lors du cyclone Dany (8/02/1969) n'ayant pu être correctement identifiées, une valeur minimale a été retenue pour l'année 1968-69.

1255600110 - LE NAMORONA A VOHIPARARA (A = 445 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

Si de légers détarages de basses eaux sont possibles, les conditions hydrauliques (faibles pentes en amont de la chute d'ANDRIAMANOVOKA) permettent l'évaluation des débits de hautes eaux suivant une formule de type $Q = m S \sqrt{Zgh}$ avec $m = 0,0924$ mais l'extrapolation est extrêmement forte (de 3,19 à 8,65m).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1951-52	54	20/02/52 12h00	2,35	3rel
1952-53	51	21/06/53 12h00	2,20	3rel
1953-54	357	15/01/54 12h00	5,00	Min
1954-55	46	29/03/55 12h00	2,10	3rel
1955-56	212	28/01/56 12h00	4,00	3rel
1956-57	54	24/01/57 06h00	2,25	3rel
1957-58	155	05/03/58 18h00	3,50	3rel
1958-59	470	29/03/59 06h00	5,60	PHE
1959-60	33	31/12/59 18h00	1,82	3rel
1960-61	71	19/03/61 06h00	2,62	3rel
1961-62	112	22/02/62 12h00	3,15	3rel
1962-63	210	18/02/63 12h00	4,09	3rel
1963-64	69	10/03/64 12h00	2,59	3rel
1964-65	126	23/01/65 18h00	3,30	3rel
1965-66	31	11/01/66 06h00	1,86	3rel
1966-67	46	21/12/66 18h00	2,20	3rel
1967-68	42	19/02/68 12h00	2,12	3rel
1968-69	357	05/02/69 12h00	5,10	PHE
1969-70	1100	23/02/70 12h00	8,65	PHE
1970-71	116	02/02/71 18h00	3,20	3rel
1971-72	257	15/02/72 06h00	4,45	3rel
1972-73	101	21/02/73 12h00	3,02	3rel
1973-74	84	30/12/73 12h00	2,80	3rel
1974-75	62	14/03/75 06h00	2,47	3rel
1975-76	48	30/12/75 06h00	2,24	3rel
1976-77	263		4,50	3rel
1977-78	27		1,76	3rel
1978-79	76		2,69	3rel

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Tant les résultats de l'enquête sur le terrain (mars 1970 - VOHIPARARA-RANOMAFANA) que la consultation des archives (Travaux Publics) indiquent :
 -qu'une crue de moindre ampleur que celle de 1969-70 (de l'ordre de 7,00m) s'est produite en 1928 (arrachement des travées du pont de VOHIPARARA le 25/02/1928)
 -que la crue de 1944-45 se situe entre les maximums de 1927-28 et de 1958-59.

En l'absence d'éléments plus précis, les maximums des années 1969-70, 1927-28, 1944-45 et 1958-59 peuvent être considérés comme les plus importants de la période 1926-79.

1252400115 - LE FARAONY A VOHILAVA (A = 2005 Km²)**MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX**

Si la station peut présenter une certaine instabilité en basses eaux (détarage constaté jusqu'au 8/12/1971 suite à la crue du 23/02/1970 - cyclone Jane), les mesures réalisées entre 2,72m (Q = 306 m³/s) et 4,10m (Q = 593 m³/s) permettent d'adopter une seule courbe de tarage de moyennes et de hautes eaux.

L'extrapolation de type logarithmique menée à partir de cette courbe est malheureusement très forte (de 593 à 3800 m³/s).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1958-59	2240	29/03/59	9,97	PHE
1959-60				
1960-61	825	18/03/61 12h00	5,10	3rel
1961-62	1040	30/12/61 12h00	5,95	3rel
1962-63	1050	21/02/63 18h00	6,00	Min
1963-64	583	12/02/64 18h00	4,13	3rel
1964-65	(2000)	24/01/65		
1965-66	384	11/01/66 06h00	3,15	3rel
1966-67	1050	29/12/66 18h00	6,00	Min
1967-68	692	09/03/68 18h00	4,58	3rel
1968-69	2650	05/02/69 12h00	11,20	3rel
1969-70	3800	23/02/70 12h00	14,20	3rel
1970-71	2220	02/02/71 18h00	9,92	3rel
1971-72	1210	15/02/72 18h00	6,58	3rel
1972-73	1020	21/02/73 06h00	5,87	3rel
1973-74	560	30/12/73 18h00	4,03	3rel
1974-75	875	15/03/75 06h00	5,30	3rel
1975-76	433	23/01/76 06h00	3,43	Min

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Plusieurs échelles ont été suivies sur le FARAONY entre 1927 et 1959, sur un site plus amont (SAHASINAKA - A = 1845 Km²).

Malgré un faible nombre de jaugeages essentiellement de basses eaux, l'évaluation des débits de très hautes eaux a été permise après :

-l'établissement d'une courbe de tarage pour SAHASINAKA de 1954 à 1959, en admettant la conservation des débits entre SAHASINAKA et VOHILAVA (PHE 1958-59 connues aux deux stations),

-recalage de l'ancienne échelle, en s'appuyant sur les jaugeages de la période 1929-1931.

Année	Q m ³ /s	SAHASINAKA		VOHILAVA	Obs.
		Echelle 1	Echelle 2		
1927-28	3000		16,00		PHE
1929-30	850	6,00			Min
1930-31	740	5,40			
1931-32	950	6,50			
1932-33	800	5,70			
1933-34	1570	9,60			
1944-45	4500		21,52		PHE
1955-56	970		7,00		
1956-57	970		7,00		
1957-58	1060		7,50		
1958-59	2240		12,90	9,97	PHE

En l'absence d'autres éléments, les maximums annuels de 1944-45, 1969-70 et 1927-28 peuvent être considérés comme les plus importants de la période 1926-76.

1255300101 - LA MATITANANA A MAHASOABE (A = 3925 Km²)

Une enquête de crue réalisée en juillet 1971 a permis de retrouver 300m en amont de l'échelle, des repères (CAIC) de plus hautes eaux pour la période 1939-73.

Le même étalonnage (avec extrapolation logarithmique au-delà de la cote 4,42m) a été adopté sur cette station plus amont afin d'y évaluer les débits.

MAXIMUMS DE LA PERIODE 1939-73

Année	Q m ³ /s	Hm	Année	Q m ³ /s	Hm
1944-45	4100	12,70	1946-47	2800	9,80
1969-70	3900	12,30	1940-41	2700	9,60
1968-69	3900	12,30	1951-52	2500	9,10
1964-65	3500	11,40	1942-43	2500	9,10
1955-56	3300	11,20	1939-40	2400	8,90
1970-71	3000	10,40			

1250603005 - LA SAHAMBANO A SAHAMBANO (A = 2000 Km²)

Peu de données sont directement exploitables pour cette échelle, suivie de 1967 à 1975 et insuffisamment étalonnée.

Une (forte) extrapolation de type logarithmique conduirait à adopter, pour les deux plus importantes crues relevées, les valeurs suivantes :

Année	Hm	Q m ³ /s	Obs.
1968-69	4,50	175	Cyclone Dany
1969-70	6,00	290	Cyclone Jane

Un ordre de grandeur de la crue décennale a été estimé à partir des résultats de l'étude statistique menée sur la station la plus proche (IHOSY à IHOSY).

1250600105 - LA MANANARA-SUD A MAROANGATY (A = 14162 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

Bien que la nature rocheuse du contrôle (seuil de SOAKIBANY) garantisse la stabilité de cette station, l'extrapolation de type logarithmique n'a pu être menée qu'à partir des seules mesures (Division d'Hydrométéorologie et ORSTOM) de hautes eaux, entre 1,45m (Q = 326 m³/s) et 2,48m (Q = 756 m³/s), et demeure très imprécise.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1955-56	1790	27/03/56 12h00	4,11	3rel
1956-57	615	06/01/57 12h00	2,07	3rel
1957-58	832	09/03/58 06h00	2,49	3rel
1958-59	1980	28/03/59 18h00	4,42	3rel
1959-60	703	08/01/60 06h00	2,25	3rel
1960-61	1280	27/01/61 12h00	3,28	3rel
1961-62	1160	26/12/61 12h00	3,06	3rel
1962-63	1210	05/02/63 15h00	3,15	3rel
1963-64	1190	07/03/64 12h00	3,11	3rel
1964-65	1440	25/01/65 06h00	3,54	3rel
1965-66	766	09/12/65 18h00	2,37	3rel
1966-67	1730	28/12/66 09h00	4,02	3rel
1967-68	703	19/02/68 09h00	2,25	3rel
1968-69	2570	14/02/69 21h00	5,51	3rel
1969-70	3540	25/02/70 21h00	6,55	PHE
1970-71	2190	04/02/71 12h00	4,72	3rel
1971-72	1280	11/03/72 12h00	3,28	3rel
1972-73	1240	14/01/73 06h00	3,20	3rel
1973-74	1530	31/12/73 18h00	3,70	3rel
1974-75	1310	21/01/75 12h00	3,33	3rel
1975-76	917	30/12/75 18h00	2,64	3rel

1254000110 - LA MANAMPANIHY A ELANARY (A = 1087 Km²)

L'étalonnage insuffisant de cette station, difficile d'accès et suivie de 1967 à 1975, ne permet malheureusement pas l'estimation des débits de certaines plus hautes eaux relevées au cours de cette période.

Année	Hm	Episode cyclonique
1968-69	5,80	Cyclone Dany
1969-70	5,90	Cyclone Jane (26-27/02/70)
1970-71	10,60	Cyclone Félicie

1256201903 - L'EFAHO A FANJAHIRA (A = 196 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

Le seuil rocheux qui assure un premier contrôle est largement noyé en hautes eaux et peu de mesures permettent de préciser l'étalonnage au-delà de 2,50m. L'extrapolation de type logarithmique qui a été admise est extrêmement forte (de 4,90 à 11,28m) et n'a pu être menée qu'à partir des 3 jaugeages réalisés en décrue le 8/03/1967.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1962-63	481	04/01/63 18h00	6,81	3rel
1963-64	1210	02/03/64 18h00	11,28	PHE
1964-65	460	25/01/65 06h00	6,67	3rel
1965-66	89	21/08/66 18h00	2,22	3rel
1966-67	343	07/03/67 06h00	5,90	3rel
1967-68	105	04/11/67 21h00	2,80	3rel
1968-69	267	11/02/69 06h00	5,37	3rel
1969-70	750	19/02/70 12h00	8,52	3rel
1970-71	1160	02/02/71 12h00	11,00	PHE
1971-72	597	14/03/72 06h00	7,57	3rel
1972-73	505	19/11/72 21h00	6,97	3rel
1973-74	445	31/12/73 21h00	6,57	3rel
1974-75	209	25/01/75 12h00	4,89	3rel

V - REGION SUD

1250701205 - LA TSIVORY A AMBIA (A = 48,0 Km²)

Une enquête menée sur le Haut-MANDRARE a permis (profil et pente), d'avoir un ordre de grandeur de la plus forte crue connue (cyclone Félicie - Q = 250 m³/s) depuis une dizaine d'années.

1250705005 - LA RANOMAINTY A ANIVORANO (A = 24,5 Km²)

Comme pour la TSIVORY, l'enquête menée en 1974, a permis une assez grossière estimation du débit maximal de crue atteint lors du cyclone Félicie (Q = 160 m³/s).

1250700109 - LE MANDRARE A ANDETSY (A = 372 Km²)

Bien que stable (seuils rocheux) et assez correctement observée de 1950 à 1974, cette station n'a jamais pu être suivie ni étalonnée en raison des difficultés d'accès. Afin de pouvoir évaluer un ordre de grandeur des débits de crue, une courbe de tarage de type exponentiel a été admise, tracée à partir des quelques jaugeages réalisés, mais il est possible que ces débits soient largement sous estimés.

Année	Q m ³ /s	Hm*	Année	Q m ³ /s	Hm*
1949-50	245	3,27	1962-63	270	3,42
1950-51	300	3,57	1963-64	282	3,50
1951-52	310	3,67	1964-65	123	2,33
1952-53	80	1,87	1965-66	23	1,00
1953-54	43	1,50	1966-67	230	3,15
1954-55	45	1,54	1967-68	90	2,00
1955-56	175	2,75	1968-69	132	2,41
1956-57	43	1,50	1969-70	900	6,15
1957-58	43	1,50	1970-71	640	5,20
1958-59	93	2,03	1971-72	93	2,03
1959-60	23	1,00	1972-73	63	1,63
1960-61	91	2,01	1973-74	84	1,93
1961-62	23	1,00			

* Hauteurs dans le système dit de la nouvelle échelle.

1250700106 - LE MANDRARE A ANDABOLAVA (A = 4033 Km²)**MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX**

Les jaugeages réalisés au site amont (pour des cotes à l'échelle allant de 0,09 à 2,03m) ne permettant qu'une évaluation très grossière des débits de très hautes eaux (PHE relevées lors du cyclone Félicie : 10,80m), des observations complémentaires ont été effectuées à compter du 14/12/1972 à l'amont immédiat de la chute et en aval des deux plus anciennes échelles.

Les relations entre hauteurs de moyennes et hautes eaux établies, l'extrapolation logarithmique a porté sur la partie supérieure de la courbe de tarage de cette dernière station.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1948-49	513	05/06/49 18h00	2,70	Min
1949-50	599	14/12/49 12h00	2,90	Min
1950-51	4720	30/01/51 00h00	8,50	PHE 9,64Av.
1951-52	621	07/03/52 12h00	2,95	Min
1952-53	291	13/02/53 12h00	2,00	Min

1953-54	965	27/01/54 06h00	4,10	3rel
1954-55	1390	06/01/55 18h00	4,95	3rel
1955-56	802	24/03/56 06h00	3,75	3rel
1956-57	925	02/01/57 18h00	4,02	3rel
1957-58	367	16/02/58 12h00	2,65	Min
1958-59	828	30/12/58 18h00	3,81	3rel
1959-60	815	03/02/60 18h00	3,85	3rel
1960-61	1590	21/01/61 18h00	5,39	3rel
1961-62	808	28/12/61 18h00	3,83	3rel
1962-63	867	26/01/63 18h00	3,97	3rel
1963-64	4200	02/03/64	8,48	PHE
1964-65	1360	25/01/65 06h00	4,95	3rel
1965-66	381	03/12/65 18h00	2,77	3rel
1966-67	664	03/01/67 06h00	3,50	3rel
1967-68	332	30/01/68 06h00	2,60	3rel
1968-69	534	11/02/69 06h00	3,20	3rel
1969-70	2960	24/02/70 21h00	7,23	3rel
1970-71	7200	03/02/71	10,80	PHE 11,8Av.
1971-72	291	31/01/72 06h00	2,45	Min
1972-73	226	12/01/73 12h00	2,17	Min
1973-74	465			Min 3,04Av.
1974-75	798	05/01/75 21h00		Lim 3,97Av.
1975-76	416	01/01/76 00h00		Lim 2,88Av.
1976-77	647	03/01/77 12h00		Lim 3,66Av.

1250704003 - LA BESALY A AMBOASARY-EST (A = 603 Km²)

Cette station suivie par le Génie Rural entre 1960 et 1962 a été rééquipée en juin 1981. L'étalonnage de très hautes eaux s'appuie sur une évaluation des vitesses superficielles à la cote 5,50m.

Année	Hm	Q m ³ /s	Obs.
1959-60	5,50	2750	PHE - 31/01/60
1970-71	4,62	2140	PHE Cyclone Félicie
1981-82	3,00	1010	PHE
1982-83	1,75	235	3rel

1250701505 - L'ANDRA(N)TINA A MAROTSIRAKA (A = 340 Km²)

Les jaugeages de basses et moyennes eaux ont permis de retrouver les calages des différentes échelles installées en amont du seuil de prise. L'étalonnage a été tracé en admettant une croissance quasi-linéaire au-delà de 100 m³/s, mais il est possible que les débits soient assez largement sous estimés.

Année	Hm*	Q m ³ /s	Obs.
1960-61	4,00	670	Min
1970-71	4,75	910	PHE
1981-82	5,27	1100	PHE
1982-83	2,69	326	3rel

* Hauteurs dans le système de l'ancienne échelle.

1250702206 - LA MANANARA A BEVIA (A = 1085 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

En raison des détarages fréquents de basses et moyennes eaux liés à la remobilisation plus ou moins importante d'un banc de sable rive droite, l'extrapolation à partir des seuls résultats de jaugeages demeurerait difficile.

Avec la réinstallation d'une station un peu plus en aval (prise de BERAKETA - A = 1207 Km²) et le relevé de quelques maximums de crue sur les deux sites au cours de la période 1973-79, les étalonnages de hautes eaux de ces stations ont pu être menés de pair, après :

- corrélation entre les hauteurs d'eau de BEVIA et de BERAKETA,
- extrapolation des hautes eaux à BERAKETA (seuil déversant).

PLUS HAUTES EAUX RELEVÉES POUR LA PERIODE 1973-79

Année	BEVIA	BERAKETA*	Observations
1974-75	3,59	3,14	PHE cyclone Camille
1977-78	7,65	6,68	PHE
1978-79	6,00	5,19	PHE cyclone Angèle

* Base de l'échelle limnigraphe calée 5,56m sous la borne RC 45,42

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1950-51	2140		6,50	PHE
1951-52	394	19/03/52 12h00	3,20	3rel
1952-53	156	26/01/53 18h00	2,10	3rel
1953-54	215	05/01/54 18h00	2,50	3rel
1954-55	274	05/01/55 18h00	2,74	3rel
1955-56	122	22/03/56 18h00	1,80	3rel
1956-57	111	13/02/57 21h00	1,70	3rel
1957-58	183	06/02/58 18h00	2,34	3rel
1958-59	159	21/03/59 18h00	2,13	3rel
1959-60	190	28/12/59 18h00	2,40	3rel
1960-61	2880	27/03/61 13h00	7,72	PHE
1961-62	343	07/05/62 18h00	2,70	3rel
1962-63	362	19/12/62 21h00	2,76	3rel

1963-64	795	02/03/64 06h00	3,90	3rel
1964-65	330	26/01/65 18h00	2,65	3rel
1965-66	231	22/02/66 21h00	2,27	3rel
1966-67	173	09/01/67 21h00	2,00	3rel
1967-68	171	30/01/68 21h00	1,99	3rel
1968-69	179	30/01/69 21h00	2,03	3rel
1969-70	696	17/01/70 21h00	3,99	3rel
1970-71	835	02/02/71 06h00	4,30	3rel
1971-72	171	14/03/72 06h00	2,30	3rel
1972-73	49	20/11/72 12h00	1,44	3rel
1973-74	102		1,90	Lim
1974-75	536		3,59	PHE
1975-76				
1976-77				
1977-78	2850	29/01/78	7,65	PHE
1978-79	1860	27/12/78	6,00	PHE

EXTENSION DE L'ECHANTILLON CRUES

S'il n'existe aucune donnée antérieure à l'année 1950-51 sur ces stations, les relevés à BERAKETA poursuivis jusqu'en 1984, permettent de considérer les maximums annuels de 1960-61, 1977-78 et 1950-51 comme les plus importants de la période 1950-84.

1250700103 - LE MANDRARE A AMBOASARY-SUD (A = 12430 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

L'étalonnage de hautes eaux s'appuie sur les jaugeages du 16/12/1960 au 23/01/1961 et des 17 et 18/01/1970, réalisés dans des conditions assez difficiles (variations rapides du plan d'eau, équipements).

La réexploitation de ces mesures a permis d'adopter une seule courbe de hautes eaux entre 3,00 et 7,00m. Au-delà, l'estimation des débits de très hautes eaux demeure imprécise, en raison d'un important débordement rive droite (sur plus de 2,5Km le 2/02/1971).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1950-51	12000		7,30	PHE
1951-52	3000	19/03/52 12h00	4,60	3rel
1952-53	1160	03/03/53 06h00	3,44	3rel
1953-54	2250	07/01/54 12h00	4,20	3rel
1954-55	4060	09/01/55 06h00	5,20	3rel
1955-56	1340	24/03/56 12h00	3,72	PHE
1956-57	1710	04/01/57 12h00	4,00	3rel
1957-58	1230	09/02/58 12h00	3,62	3rel
1958-59	1810	31/12/58 12h00	4,06	3rel
1959-60	1320	04/01/60 12h00	4,20	3rel

1960-61	5270	15/12/60 06h00	5,90	3rel
1961-62	970	08/05/62 06h00	3,95	3rel
1962-63	5270	05/02/63 09h00	5,90	3rel
1963-64	5530	02/03/64 18h00	6,00	3rel
1964-65	2890	19/12/64 09h00	4,65	3rel
1965-66	2810	11/02/66 09h00	4,90	3rel
1966-67	2510	03/01/67 18h00	4,76	3rel
1967-68	490	05/11/67 06h00	3,17	3rel
1968-69	820	12/02/69 06h30	3,83	Lim
1969-70	6860	25/02/70 12h00	6,43	3rel
1970-71	15000	02/02/71 23h00	8,20	PHE
1971-72	767	31/01/72 21h00	3,55	3rel
1972-73	689	12/01/73 22h00	3,45	Lim
1973-74	1180	03/01/74 06h00	4,10	3rel
1974-75	2600	25/12/74 06h00	4,80	3rel
1975-76	844	31/12/75 12h00	3,65	3rel
1976-77	2810	03/01/77	4,90	3rel
1977-78	5270		5,90	PHE
1978-79	11800	27/12/78	7,88	PHE

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Bien que les renseignements recueillis dans les dossiers d'archives des Travaux Publics soient incomplets, trois crues supérieures au maximum de l'année 1950-51 sont signalées depuis 1921, dont une (1932-33) est comparable (très large débordement rive droite) à la crue consécutive au cyclone Félicie.

En l'absence d'autres éléments, les maximums annuels de 1970-71, 1932-33, 1938-39, 1921-22 et de 1950-51 peuvent être considérés comme les plus importants de la période 1921-79.

1253999001 - BVR IANAMOLORO (A = 1,85 Km²)

Un étalonnage théorique a été établi pour le déversoir de ce bassin représentatif, contrôlé par le CTFT durant cinq années (1962-67).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUE

Année	Q m ³ /s	Date	Année	Q m ³ /s	Date
1962-63	16,00	02/02/63	1965-66	16,8	24/11/65
1963-64	6,85	08/02/64	1966-67	20,9	23/02/67
1964-65	2,04	18/03/65			

1253900115 - LA MANAMBOVO A TSIHOMBE (A = 2712 Km²)**MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX**

Si la station peut être considérée comme assez stable (radier aval, berges hautes), l'extrapolation de type logarithmique est extrêmement forte (de 1,00 à 4,00m) et n'a pu être menée qu'à partir des jaugeages complets de 1967-68.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm*	Obs.
1956-57	334	31/12/56 06h00	1,65	3rel
1957-58	224	08/02/58 06h00	1,40	3rel
1958-59	2	26/11/58 12h00	0,20	3rel
1959-60	334	04/01/60 06h00	1,65	3rel
1960-61	461	17/02/61 18h00	1,90	3rel
1961-62	190	22/02/62 06h00	1,30	3rel
1962-63	1090	25/01/63 18h00	2,70	3rel
1963-64	224	13/02/64 06h00	1,40	3rel
1964-65	183	29/12/64 12h00	1,28	3rel
1965-66	360	22/02/66 21h00	1,70	3rel
1966-67	595	27/02/67 06h00	2,10	3rel
1967-68	1170	29/01/68 15h00	2,80	3rel
1968-69	1010	09/02/69 03h00	2,60	3rel
1969-70	843	11/01/70 06h00	2,40	3rel
1970-71	349	18/02/71 18h00		1,95 Lim
1971-72	273	22/12/71 06h00		1,80 Lim
1972-73	426	19/11/72 18h00		2,10 Lim
1973-74	868	28/12/73 09h00		2,70 Lim
1974-75	299	28/12/74 09h00		1,85 Lim
1975-76	620	21/02/76 03h00		2,40 Lim

* Base de l'échelle rive droite calée 6,26m sous le repère n° 17 coté 55,893 NGM.

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Le maximum de l'année 1950-51 qui aurait au moins atteint la cote 4,00m à l'échelle rive droite, constitue l'évènement le plus marquant de la période 1950-84 (Q 2650 m³/s).

1255499041 - BVR TRANOROA (A = 0,68 Km²)

Le déversoir de ce bassin représentatif, suivi par l'ORSTOM durant moins de trois années, a été correctement étalonné.

Le débit maximal mesuré est de 2,52 m³/s (29/01/68 - Cyclone Georgette).

1255401505 - LA MENAKOMPY A ANDRIA(M)BE (A = 948 Km²)

En amont (site d'ANDRIAMBE) et au niveau du radier d'ANKILIMIHAZO, plusieurs échelles ont été suivies sur cette rivière, à différentes périodes entre 1962 et 1983.

L'extrapolation de hautes eaux à l'échelle d'ANDRIAMBE s'appuie sur la série de jaugeages réalisée du 25/01 au 6/02/71 (cyclone Félicie), allant de 2,56 à 766 m³/s pour des cotes à l'échelle entre 1,69m et 4,90m.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1950-51	(1920)			
1967-68	640	18/11/67	4,60	
1968-69	1270	03/02/69	5,90	PHE
1969-70	970	28/12/69	5,30	
1970-71	1920	18/02/71	7,00	PHE
1971-72	386	29/12/71	3,96	
1972-73	1260	12/01/73	5,88	
1973-74	58		2,50	Min
1974-75	(980)			
1975-76	300			
1976-77	583		4,47	Min

1255400108 - LA MENARANDRA A BEKILY (A = 1732 Km²)

Suivie depuis mai 1963, cette station a été entièrement étalonnée à la suite des mesures de janvier et de février 1971 (cyclones Félicie et Joëlle), la cote (5,48m) du plus fort jaugeage (3500 m³/s) correspondant au maximum connu de la période 1963-74.

Un ordre de grandeur du débit maximal de l'année 1950-51 a été retenu après enquête (cote en amont du pont supérieure de "1 à 2m" aux PHE de l'année 1970-71).

Année	Q m ³ /s	H amont	H pont	Obs.
1950-51	(5200)			
1963-64	590	4,87		3rel
1964-65	630	5,00		Min
1965-66	630	5,00		Min
1966-67	630	5,00		Min
1967-68	276	3,35		
1968-69	800	5,60		
1969-70	630	5,00		Min
1970-71	3500	7,75	5,48	PHE
1971-72	1750		5,10	
1972-73	530		4,10	
1973-74	326		3,18	

1255400121 - LA MENARANDRA A TRANOROA (A = 5328 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE HAUTES EAUX A L'ECHELLE VILLAGE

Bien qu'une réorganisation du lit sableux puisse se produire à la moindre crue, les berges hautes, la roche subaffleurante dans le bief aval et les résultats des jaugeages de moyennes et de hautes eaux sont autant d'éléments qui militent en faveur du tracé d'une seule courbe de tarage pour l'évaluation des débits en hautes eaux.

L'extrapolation de type logarithmique a été menée à partir des plus forts jaugeages.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1951-52	201	03/01/52 18h00	2,30	3rel
1952-53	968	28/01/53 06h00	3,80	3rel
1953-54	3230	03/12/53 18h00	6,40	3rel
1954-55	2610	08/01/55 06h00	5,80	3rel
1955-56	626	08/03/56 06h00	3,55	3rel
1956-57	695	10/03/57 06h00	3,65	3rel
1957-58	1290	07/02/58 18h00	4,46	3rel
1958-59	1830	01/01/59 00h00	5,06	3rel
1959-60	1340	01/01/60 00h00	4,52	3rel
1960-61	3900	27/03/61 18h00	7,00	3rel
1961-62	303	25/01/62 06h00	2,90	3rel
1962-63	2920	12/12/63 06h00	6,10	3rel
1963-64	1330	23/12/63 06h00	4,50	3rel
1964-65	1200	07/01/65 12h00	4,35	3rel
1965-66	1510	17/01/66 06h00	4,72	3rel
1966-67	1850	21/02/67 06h00	5,08	3rel
1967-68	315	26/01/68 18h00	3,06	3rel
1968-69	1200	09/02/69 12h00	4,35	3rel
1969-70	1980	11/01/70 06h00	5,20	3rel
1970-71	7200	18/02/71	9,75	PHE
1971-72	2030	29/01/72 06h00	5,25	3rel
1972-73	742	12/01/73 12h00	3,77	3rel
1973-74	2660	27/12/73 00h00	5,85	3rel
1974-75	2460	31/01/75	5,66	PHE
1975-76	550	13/02/76 06h00	3,50	3rel
1976-77	2080	30/12/76 06h00	5,30	3rel
1977-78	1110	14/01/78 06h00	4,24	3rel
1978-79	3930	27/12/78 06h00	7,00	3rel
1979-80	1900	08/01/80 06h00	5,12	Min
1980-81				
1981-82	1770	22/01/82 06h00	5,00	Min
1982-83	3370	21/02/83 06h00	6,50	3rel

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Bien que très imprécis quant à la hauteur maximale atteinte fin janvier 1951, tous les témoignages concordent pour placer ces PHE très largement au-dessus du maximum du 18/02/1971 (cyclone Joëlle).

En l'absence d'autres renseignements, un débit de 10.000 m³/s a été retenu pour le maximum annuel de l'année 1950-51, considéré comme le plus important de la période 1950-84.

1251101515 - LE MANGOKY A BETROKA (A = 2345 Km²)

Affluent de l'ONILAHY, la rivière MANGOKY a été contrôlée à partir de 1967 aux stations de IANAKAFY et de BETROKA.

L'extrapolation de hautes eaux est relativement faible (de 217 à 470 m³/s) pour l'évaluation des débits les plus importants de la période 1967-75 à BETROKA.

Année	Hm	Q m ³ /s	Obs.
1969-70	6,09	425	PHE
1970-71	6,21	470	PHE Cyclone Félicie
1974-75	5,98	405	PHE Cyclone Camille

1251100140 - L'ONILAHY A TONGOBORY (A = 28175 Km²)

Suivie depuis 1951, cette station demeure assez mal étalonnée en raison des détarages fréquents de basses eaux.

Les jaugeages de moyennes et de hautes eaux permettent l'évaluation des débits maximums connus comme les plus importants.

Année	Hm	Q m ³ /s	Obs.
1923-24	5,72	(3600)	PHE
1969-70	7,20	(5900)	PHE

1252500115 - LE FIHERENANA A LA RN9 (A = 7500 Km²)

Un ordre de grandeur (10000 m³/s) du maximum de crue de l'année 1978-79 a pu être établi (profil et pente) après le passage du cyclone Angèle (décembre 1978).

VI - REGION SUD-OUEST

1250899031 - BVR BANIAN (A = 0,47 Km²)

La plus forte crue observée sur ce bassin versant représentatif des formations gréseuses du Sud-Ouest, s'élève à 6,0 m³/s.

1250804005 - L'IHOSY A IHOSY (A = 1500 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

La station peut être considérée comme stable en moyennes et hautes eaux (endiguement rive gauche, radier et pont routiers).

L'extrapolation de type logarithmique, s'appuie sur les plus forts jaugeages des années 1953 et 1954 et a été menée de 3,47m à 4,46m (système de l'ancienne échelle).

L'échelle ayant été décalée et déplacée le 27/09/1965, un doute subsiste quant à la validité de la courbe de tarage déduite (légère surestimation des débits ?).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1952-53	140		2,90	Min
1953-54	521	30/01/54 12h00	4,10	3rel
1954-55	326	15/01/55 12h00	3,58	3rel
1955-56	93	26/03/56 12h00	2,61	3rel
1956-57	121	26/12/56 06h00	2,80	3rel
1957-58	76	20/02/58 12h00	2,46	3rel
1958-59	151	01/01/59 00h00	2,96	3rel
1959-60	83	01/03/60 12h00	2,53	3rel
1960-61	253	11/01/61 06h00	3,35	3rel
1961-62	197	26/12/61 18h00	3,15	3rel
1962-63	146	07/02/63 12h00	2,93	3rel
1963-64	70	19/12/63 06h00	2,40	3rel
1964-65	89	22/03/65 12h00	2,58	3rel
1965-66	(91)	26/02/66 06h00	2,39	3rel
1966-67	(250)	27/12/66 06h00	3,12	3rel
1967-68	(53)	22/02/68 18h00	1,93	3rel
1968-69	(354)	12/02/69 12h00	3,45	3rel
1969-70	(618)	25/02/70 18h00	4,14	3rel
1970-71	(344)	19/02/71 18h00	3,42	3rel
1971-72	(250)	26/12/71 06h00	3,12	3rel
1972-73	(63)	15/01/73 06h00	2,08	3rel
1973-74	(218)	29/12/73 06h00	3,01	3rel
1974-75	(369)	21/01/75 06h00	3,49	3rel
1975-76	(141)	01/01/76 12h00	2,70	Min

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Les dossiers d'archives des Travaux Publics ne font mention que d'une seule crue très importante en février 1941 de l'ordre de 6,00m.

Évaluée à près de 1500 m³/s, cette crue a été retenue comme l'évènement le plus remarquable de la période 1939-80.

1250802805 - LA ZOMANDAO A ANKARAMENA (A = 610 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX DE L'ECHELLE VIL-LAGE

Les tarages de hautes eaux s'appuient sur les résultats des jaugeages réalisés les 26 et 27/01/1965 et le 2/02/1971 qui montrent une modification importante du contrôle principal aval (dégagements de blocs ou d'un barrage d'accumulation) survenue selon toute vraisemblance le 6/02/1969 (cyclone Dany).

L'extrapolation de type logarithmique a été menée à partir des deux plus forts jaugeages et permet l'évaluation des maximums de crues dus aux cyclones Dany et Geneviève (17/01/1970).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1952-53	(703)	11/02/53 06h00	5,10	3rel
1953-54	(464)	15/01/54 06h00	4,10	3rel
1954-55	(364)	13/01/55 12h00	3,60	3rel
1955-56	(680)	23/03/56 06h00	5,00	Min
1956-57	(250)	14/03/57 06h00	3,00	3rel
1957-58	(345)	04/03/58 06h00	3,50	3rel
1958-59	(548)	25/12/58 06h00	4,45	Min
1959-60	171	30/12/59 18h00	3,70	3rel
1960-61	355	18/02/61 18h00	4,95	3rel
1961-62	179	25/12/61 18h00	3,77	3rel
1962-63	201	16/12/62 06h00	3,96	Min
1963-64	448	15/02/64 12h00	4,48	PHE
1964-65	759	24/01/65 18h00	6,40	PHE
1965-66	167	09/12/65 06h00	3,68	3rel
1966-67	291	25/12/66 06h00	4,60	3rel
1967-68	280	20/02/68 09h00	4,55	3rel
1968-69	2140		10,00	PHE
1969-70	2460		10,80	PHE
1970-71	865		6,10	PHE
1971-72				
1972-73	525	12/01/73 18h00	4,76	3rel
1973-74	162	26/12/73 06h00	2,34	3rel
1974-75	326	25/12/74 18h00	3,40	3rel
1975-76	284	28/12/75 06h00	3,18	3rel
1976-77	158	24/12/76 06h00	2,30	Min

1977-78	218	30/01/78 06h00	2,77	3rel
1978-79	795	25/12/78 06h00	5,50	3rel
1979-80	546	11/01/80 06h00	4,44	3rel

EXTENSION DE L'ECHANTILLON CRUES

Les PHE 1968-69 et 1969-70 relevées au pont de la RN7 ont permis, malgré un nombre insuffisant de jaugeages de moyennes eaux
-d'estimer les maximums annuels de la période 1972-80 à cette nouvelle station
-d'avoir un ordre de grandeur des débits à l'ancienne station radier, située directement en aval du franchissement actuel et suivie de 1952 à 1959.

Pour l'année 1971-72, et au vu de l'échantillon de crues de l'IHOSY à IHOSY la station la plus proche, il a été admis que le maximum de crue se situait entre les valeurs de 1970-71 et 1972-73.

1250801510 - LA MANANANTANANA A TSITONDROINA (A = 6510 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

La station peut être considérée comme très stable en moyennes et hautes eaux, comme le montrent les séries de mesures du 9 au 12/02/1953, du 16 au 23/01/1956 et du 29 au 30/01/1965.

L'extrapolation de type logarithmique qui s'appuie sur ces jaugeages a été menée de 2,69 à 5,30m (système de l'ancienne échelle).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1952-53	1450	18/02/53 06h00	3,66	3rel
1953-54	1340	29/01/54 06h00	3,48	3rel
1954-55	1220	05/01/55 18h00	3,28	3rel
1955-56	1850	10/01/56 12h00	4,21	3rel
1956-57	1910	15/03/57 06h00	4,28	3rel
1957-58	526	27/01/58 06h00	1,99	3rel
1958-59	1020	18/12/58 18h00	2,95	3rel
1959-60	613	30/12/59 18h00	2,20	3rel
1960-61	1380	21/01/61 21h00	3,54	3rel
1961-62	821	14/12/61 18h00	2,62	3rel
1962-63	1570	03/02/63 06h00	3,82	3rel
1963-64	1480	14/01/64 06h00	3,70	3rel
1964-65	1700	25/01/65 18h00	4,00	3rel
1965-66	1040	09/12/65 06h00	2,98	3rel
1966-67	1450	06/01/67 06h00	3,65	3rel
1967-68	530	11/12/67 06h00	2,00	3rel
1968-69	1920	06/02/69 12h00	4,30	3rel
1969-70	1630	04/01/70 18h00	3,90	Min

1970-71				
1971-72				
1972-73	(2900)	15/01/73 06h00	4,80	3rel
1973-74	(1820)	30/12/73 06h00	3,66	3rel
1974-75	(892)	24/12/74 12h00	2,25	Min
1975-76	(651)	19/12/75 06h00	1,79	Min

EXTENSION DE L'ECHANTILLON CRUES

Malgré l'absence de relevés de moyennes et hautes eaux du 5/01/1970 au 16/06/1972, et de contrôles et de mesures après le 17/06/1972, la crue du 15/01/1973, consécutive à la dépression Dorothée, peut être considérée comme la plus forte de la période 1952-76.

1250802010 - LA MATSIATRA A FANORO (A = 1160 Km²)

Installée par le Service des Mines en juillet 1968, cette station a été intégrée au réseau hydrologique de base en septembre 1972.

L'extrapolation de type logarithmique menée de 4,41 à 8,70m, grâce à une mesure en hautes eaux réalisée le 18/01/70 (cyclone Geneviève), permet une évaluation des crues les plus importantes de la période 1958-80.

Année	Hm	Q m ³ /s	Obs.
1958-59		670	9,00m PHE Anc. éch.
1968-69		780	9,50m PHE Anc. éch.
1969-70		900	
1975-76	7,65	816	
1976-77	8,70	1070	

1250802015 - LA MATSIATRA A MALAKIALINA (A = 11715 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

L'étalonnage de hautes eaux s'appuie essentiellement sur une série de jaugeages par flotteurs réalisés en janvier-février 1954, 40 Km plus aval (station de BEDRAY).

L'extrapolation de type logarithmique, que permet la nature du contrôle (rapides et chute), a été menée de 5,40 à 7,15m (système de l'ancienne échelle).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1952-53	2080	18/02/53 06h00	4,55	3rel
1953-54	3600	03/03/54 16h00	5,46	3rel
1954-55	1900	06/01/55 12h00	4,40	Min
1955-56	2590	08/01/56 00h00	4,90	Min
1956-57	2370	14/03/57 06h00	4,76	3rel
1957-58	1490	25/01/58 06h00	4,02	3rel
1958-59	6950	08/01/59 18h00	7,15	3rel
1959-60	1950	26/12/59 18h00	4,44	3rel
1960-61	1690	20/03/61 12h00	5,40	3rel
1961-62	3860	31/01/62 12h00	6,78	3rel
1962-63	4020	02/02/63 21h00	6,87	3rel

1250800105 - LE MANGOKY AU BANIAN (A = 50000 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

Préférée à une section plus large sur VONDROVE, la station du BANIAN (8 Km amont VONDROVE) s'est rapidement révélée des plus instables (fond du lit extrêmement mobile).

Malgré un nombre important de jaugeages, seul un étalonnage moyen, s'appuyant sur les mesures (par flotteurs) de 1956 et l'extrapolation des courbes des vitesses moyennes de surface et des sections mouillées en fonction de la hauteur, a été adopté pour la traduction des hautes eaux.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm*	Obs.
1950-51	6460			4,20 Aval
1951-52	6460			4,20 Aval
1952-53	15700	20/02/53		5,00 Aval
1953-54	18300	12/02/54		5,21 Aval
1954-55	7120	14/01/55		4,26 Aval
1955-56	13600	09/01/56 18h00	6,46	PHE
1956-57	6500	15/03/57 20h00	4,78	Lim
1957-58	4060	11/02/58 06h00	4,85	Lim
1958-59	9560	08/01/59 18h00	5,81	Lim
1959-60	4700	01/01/60 22h00	5,00	PHE
1960-61	10700	09/01/61 06h00	6,00	Lim
1961-62	6020	30/12/61 12h00	5,22	Lim
1962-63	9260	31/01/63 20h00	5,76	PHE
1963-64	9500	13/01/64 06h00	5,80	Lim
1964-65	6200	26/01/65 12h00	5,25	Lim
1965-66	2770	13/12/65		3,68 Aval
1966-67	8220	07/01/67		4,36 Aval

1967-68	4450	05/03/68		4,01 Aval
1968-69	22000	07/02/69	7,70	PHE
1969-70	32000	17/01/70	9,10	PHE
1970-71	(7300)	18/02/71		
1971-72	10900	24/12/71	6,30	PHE
1972-73	(8900)	13/01/73		
1973-74	(10200)	31/12/73		
1974-75	(9300)	20/01/75		
1975-76	(9400)	29/02/76		

* Echelle et limnigraphe rive gauche. Base calée à 71,42 NGM.

ECHANTILLON DES CRUES ET ENQUETE HISTORIQUE

Les corrélations entre les maximums de crue relevés au BANIAN et aux stations plus aval de VONDROVE et de BEVOAY s'avérant très satisfaisantes, l'échantillon de crue a été complété par les données acquises aux deux autres stations (1950-55 et 1965-68 avec VONDROVE et 1970-76 avec BEVOAY).

En l'absence de renseignements dans le delta du MANGOKY, l'enquête menée en 1970 s'est poursuivie en amont des gorges, entre BEROROHA et IHAVIRY où depuis 1930, une crue (1945-46) aux PHE légèrement inférieures à celles du cyclone Jane (1969-70) a été signalée.

1250800115 - LE MANGOKY A BEVOAY (A = 53810 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE HAUTES ET DE TRES HAUTES EAUX

L'étalonnage de moyennes et de hautes eaux s'appuie sur les jaugeages de 1972, réalisés en aval de la prise de BEVOAY (station de pompe de TANANDAVA).

Au-delà de la cote 3,00m une courbe moyenne de hautes eaux a été admise, la corrélation établie entre les hauteurs de crue relevées aux stations du BANIAN et de BEVOAY permettant son extrapolation jusqu'à la cote 6,90m.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1961-62	4420	28/12/60 06h00	3,93	3rel
1962-63	3920	01/02/63 06h00	3,80	3rel
1963-64	4110	13/01/64 06h00	3,85	3rel
1964-65	4920	26/01/65 12h00	4,06	3rel
1965-66	2550	13/12/65 12h00	3,19	3rel
1966-67	5120	07/01/67 18h00	4,10	3rel
1967-68	1550	05/03/68 12h00	2,74	Lim
1968-69	20600	07/02/69 13h00	5,90	PHE
1969-70	30200	18/01/70 00h00	6,90	PHE
1970-71	4760	18/02/71 12h00	4,01	Lim

1971-72	8590	24/12/71 11h00	4,66	Lim
1972-73	6350	13/01/73 06h00	4,33	Lim
1973-74	7710	31/12/73 18h00	4,53	3rel
1974-75	6810	20/01/75 06h00	4,40	3rel
1975-76	6880	29/02/76 18h00	4,41	3rel
1976-77				
1977-78				
1978-79				
1979-80				
1980-81				
1981-82	8190	05/01/82 18h00	4,60	3rel
1982-83	7640	17/02/83 06h00	4,52	3rel
1983-84	4240	14/12/83 15h00	3,88	Min

1255501505 - LA BERITSOKA AU SITE DE BARRAGE (A = 577 Km²)

Cette rivière a été suivie très épisodiquement entre 1979 et 1983, au pont de la RN35 et au site de barrage.

Un étalonnage complet de cette dernière station a été établi par AGRAR (jaugeages du 27/01/71) permettant une évaluation correcte des débits maximums de la période 1969-73.

Année	Q m ³ /s	Date	H BARRAGE	H RN35
1968-69				5,00
1969-70	650	27/12/69	4,40	
1970-71	485	27/01/71		
1971-72	385	13/01/72	3,58	
1972-73	(600)	12/01/73	4,25	

Un ordre de grandeur de la crue décennale a été estimé à partir des résultats de l'étude statistique menée sur la MORONDAVA à DABARA.

1255502015 - LA SAKAMALY A MIGODO (A = 788 Km²)

L'extrapolation de la courbe de tarage de cette station installée directement en amont d'un seuil de prise, s'appuie sur quelques jaugeages et les caractéristiques du déversoir.

Année	Q m ³ /s	Hm
1968-69	1100	4,00 Anc. éch.
1969-70	2600	4,51 Anc. éch.
1970-71	770	
1971-72	350	2,70 Anc. éch.
1982-83	483	2,54 Nou. éch.

Comme pour la BERITSOKA, les résultats de l'étude statistique menée sur la MORONDAVA à DABARA ont été utilisés pour une évaluation de la crue décennale.

1255500105 - LA MORONDAVA A DABARA (A = 4638 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

Jusqu'en 1968, aucune exploitation des relevés de cette station n'était permise, en raison d'une forte instabilité des basses et des moyennes eaux (fond du lit extrêmement mobile) et d'un nombre très insuffisant de jaugeages.

Les mesures (moulinet, flotteur, pente de ligne d'eau) réalisées dans les gorges de TSIANDAVA, 20 Km en amont de DABARA (bassin versant de 4280 Km²) entre 1968 et 1970, ont permis :

- un étalonnage assez complet de cette station amont,
- la corrélation entre les hauteurs des deux stations.

En admettant la conservation des débits (jaugeage de contrôle par flotteurs du 6/02/1969 à DABARA), un étalonnage moyen de hautes eaux a été tracé pour l'échelle de l'ancienne prise du Génie Rural.

Les tarages de hautes eaux des différentes échelles suivies jusqu'en 1976, ont été déduits de ce premier étalonnage, après recalage des échelles (base et niveau des plus hautes eaux du 12/01/1973 consécutif à la dépression Dorothée).

	Limnigraphe amont	Ancienne échelle ORSTOM	Second limnigraphe pont	Echelle ancienne prise
PHE 1972-73				
H éch.	5,13	(4,36)	5,09	4,60
H NGM	82,21	(82,20)	82,18	82,15

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1951-52	(2160)	07/01/52 12h00	3,20	3rel
1952-53	(1100)	13/01/53 12h00	1,96	3rel
1953-54				
1954-55	(1270)	05/02/55 12h00	2,10	3rel
1955-56	(4120)		3,80	
1956-57	(2220)	14/03/57 09h00	2,90	3rel
1957-58	(1440)	06/01/58 12h00	2,25	3rel
1958-59	(1260)	27/02/59 06h00	2,09	3rel
1959-60	(1440)	24/12/59 06h00	2,25	3rel
1960-61	(1130)	23/03/61 21h00	1,98	3rel
1961-62	(1450)	18/12/61 06h00	2,26	Min
1962-63				
1963-64	(1830)	12/01/64 03h00	2,70	3rel
1964-65	(1830)	11/01/65 09h00	2,70	3rel

1965-66	(2400)	21/02/66 21h00	3,20	3rel
1966-67	(1600)	30/03/67 21h00	2,50	3rel
1967-68	(1330)	14/02/68 09h00	2,25	3rel
1968-69	(2430)	06/02/69 03h00	3,22	3rel
1969-70	(5940)	17/01/70 09h00	4,50	3rel
1970-71	(1240)	08/02/71 12h00	2,16	3rel
1971-72	(1560)	07/02/72 03h00	2,46	3rel
1972-73	(6380)	12/01/73	4,60	3rel
1973-74	(1380)	19/12/73 09h00	2,86	3rel
1974-75	(3830)	01/02/75 21h00	4,40	3rel
1975-76	(1220)	05/01/76 03h00	2,72	3rel

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

D'une enquête effectuée en 1969 sur la basse-MORONDAVA en aval de DABARA (MAHABO-MAHABOKELY), il ressort que les crues de 1916-17 et de 1917-18 dépassent largement (1,00m) la crue de 1955-56, comparable à celle de 1934-35 (?).

En l'absence d'autres renseignements, les crues des années 1972-73 (dépression Dorothée - $Q = 6380 \text{ m}^3/\text{s}$), 1916-17 et 1917-18 ($Q = 6000 \text{ m}^3/\text{s}$) et 1969-70 (cyclone Genevière - $Q = 5490 \text{ m}^3/\text{s}$) peuvent être considérées comme les crues les plus importantes de la période 1915-76.

1251305505 - LA SANDRANDAHY A SANDRANDAHY (A = 286 Km²)

Equipée en février 1980, cette station a fait l'objet d'un étalonnage assez complet pour le lit mineur (jaugeages et extrapolation par la formule de Manning-Strickler). Pour l'évaluation du débit maximum connu (cyclone Hyacinthe), il a été admis que transitait par la plaine d'inondation rive droite, un débit au moins équivalent au chenal principal.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1979-80	(235)	22/01/80	6,30	
1980-81	49	01/03/81 02h00	3,42	
1981-82	(95)	04/02/81 07h00	4,30	
1982-83	33	25/02/83 19h00	3,00	
1983-84	54	16/12/83 21h00		Min

Un ordre de grandeur de la crue décennale a été estimé à partir des résultats de l'étude statistique menée sur la MANIA à FASIMENA.

1251306505 - LA SAHANIVOTRY AU PK 197,5 (A = 432 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

La nature du contrôle (seuil rocheux, chute) permet l'évaluation correcte des débits de très hautes eaux.

L'extrapolation de type logarithmique a été menée de 8,46m (cote du plus fort jaugeage réalisé lors du cyclone Geneviève - $Q = 78,0 \text{ m}^3/\text{s}$) à 10,65m (PHE cyclone Emilie).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1963-64	75	09/11/63 18h00	8,40	3rel
1964-65	85	23/01/65 12h00	8,58	3rel
1965-66	57	08/01/66 18h00	8,05	3rel
1966-67	62	13/03/67 18h00	8,15	3rel
1967-68	52	16/10/68 18h00	7,95	3rel
1968-69	97	09/02/69 06h00	8,78	3rel
1969-70	90	16/01/70 06h00	8,66	3rel
1970-71	102	06/03/71 21h00	8,86	3rel
1971-72	58	14/02/72 18h00	8,07	3rel
1972-73	130	05/03/73 12h00	9,29	3rel
1973-74	57	18/03/74 06h00	8,06	3rel
1974-75	107	15/02/75 18h00	8,94	3rel
1975-76	77	14/02/76 18h00	8,45	3rel
1976-77	255	03/02/77	10,65	PHE
1977-78	28		7,43	3rel
1978-79	40		7,68	3rel
1979-80	105	22/01/80	8,90	PHE

1251305005 - LA MANANDONA A SAHANIVOTRY (A = 1451 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

Dans la cuvette et en amont de la chute de TALAVIANA, cette station peut être considérée comme stable en moyennes et hautes eaux, comme le montrent les mesures réalisées entre 6,03 ($Q = 2,32 \text{ m}^3/\text{s}$) et 9,71m ($Q = 305 \text{ m}^3/\text{s}$).

L'extrapolation de type logarithmique qui a été utilisée pour la traduction des débits jusqu'à la cote 10,50m, s'appuie sur les deux plus forts jaugeages effectués lors du passage du cyclone Geneviève (16-17/01/1970).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1963-64	163	13/02/64 18h00	8,85	3rel
1964-65	256	23/01/65 12h00	9,48	3rel
1965-66	108	09/12/65 06h00	8,22	3rel
1966-67	154	13/03/67 18h00	8,77	3rel
1967-68	91	11/12/67 12h00	7,97	3rel
1968-69	242	09/02/69 06h00	9,40	3rel
1969-70	329	16/01/70 06h00	9,80	3rel
1970-71	205	30/01/71 12h00	9,17	3rel
1971-72	133	19/02/72 06h00	8,52	3rel

1972-73	361	17/01/73 12h00	9,94	3rel
1973-74	125	15/03/74 06h00	8,43	3rel
1974-75	262	18/02/75 12h00	9,51	3rel
1975-76	187	27/02/76 18h00	9,05	3rel
1976-77	512	03/02/77	10,50	PHE
1977-78	102	29/01/78	8,13	3rel
1978-79	81	13/02/79	7,83	3rel
1979-80	336	23/01/80	9,83	Min

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

D'une rapide enquête, il ressort que seule la crue de l'année 1944-45 aurait atteint un niveau comparable à celui du cyclone Emilie (3/02/1977).

1251302020 - LA MANIA A SANDRANDAHY (A = 1470 Km²)

L'extrapolation (formule de Manning-Strickler) menée entre 2,98 et 7,63m, a permis l'évaluation des débits maximums annuels de la période 1979-84 et de 1958-59 (plus forte crue connue entre 1958 et 1984).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1958-59	(1450)		7,63	PHE
1979-80	1270		7,00	PHE
1980-81	238	03/03/81 17h00	3,60	
1981-82	446	04/02/82 18h00	5,07	
1982-83	259	25/01/83 18h00	3,15	
1983-84	232	21/12/83 06h00	3,55	Min

Comme pour la SANDRANDAHY, les résultats de l'étude statistique menée sur la MANIA à FASIMENA ont été utilisés pour une évaluation de la crue décennale.

1251302005 - LA MANIA A FASIMENA (A = 6795 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

Les conditions hydrauliques (chute) permettent une évaluation correcte des débits de très hautes eaux.

L'extrapolation de type logarithmique a été menée de 3,05m (cote du plus fort jaugeage réalisé le 9/01/1956 - Q = 450 m³/s) à 8,50m.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1955-56	797		3,97	3rel
1956-57	373		2,79	3rel
1957-58	688	07/03/58 06h00	3,70	3rel
1958-59	3900		PHE à MAHAZINA	
1959-60	777	03/02/60 06h00	3,92	3rel
1960-61	475		3,13	3rel
1961-62	526		3,28	3rel
1962-63	829		4,05	3rel
1963-64	664		3,64	3rel
1964-65	616		3,52	3rel
1965-66	801	11/12/65 06h00	3,98	3rel
1966-67	628		3,55	3rel
1967-68	454		3,07	3rel
1968-69	1430		5,25	3rel
1969-70	2000		6,15	3rel
1970-71	882		4,18	3rel
1971-72	765	17/12/72	3,89	3rel
1972-73	862	16/03/73	4,13	3rel
1973-74	624	01/01/74	3,54	3rel
1974-75	805	20/02/75	3,99	3rel
1975-76	636	07/01/76	3,57	3rel
1976-77	2850	05/02/77	7,25	PHE
1977-78	345	13/03/78 12h00	2,87	3rel
1978-79	700	23/02/79 12h00	3,73	3rel
1979-80	2420	23/01/80	6,72	PHE
1980-81	801	27/02/81 06h00	3,98	3rel
1981-82	1880	27/01/82 12h00	5,99	Min
1982-83	560	16/02/83 12h00	3,38	3rel
1983-84	765	18/12/83 06h00	3,89	Min

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Aucune observation n'ayant pu être faite lors (échelle largement submergée) ou à la suite (nivellement des plus hautes eaux) des crues de mars 1959, le maximum annuel (8,50m) a été déduit (corrélation) des observations effectuées par le Génie Rural entre 1957 et 1960, sur une échelle (MAHAZINA) installée quelques Km en amont de FASIMENA et de la confluence avec la MANANDONA.

1251302002 - LA MANIA A ANKOTROFOTSY (A = 17990 Km²)

Les jaugeages des campagnes 1980-83 ont permis le tracé d'une courbe moyenne d'étalonnage et l'évaluation (extrapolation de type logarithmique de 3,74 à 7,08m) des débits de très hautes eaux.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1976-77	5230		7,08	PHE
1980-81	2660	27/02/81 12h00	4,96	3rel
1981-82	3120	02/02/82 06h00	5,40	3rel
1982-83	2060	15/02/83 18h00	4,47	3rel
1983-84	1770	14/12/83 06h00	4,20	Min

Un ordre de grandeur de la crue décennale a été estimé à partir des résultats de l'étude statistique menée sur la MANIA à FASIMENA.

1251304505 - LA MANAMBOLA A AMBATOLAHY (A = 1893 Km²)

Comme pour la MANIA à ANKOTROFOTSY, les mesures réalisées de 1980 à 1982 ont permis une évaluation des débits de très hautes eaux et une estimation de la crue décennale.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1976-77	7900		6,59	PHE
1980-81	1590	22/02/81	2,79	PHE
1981-82	2060		3,10	

1251302705 - LA SAKENY A ANDRAKETA (A = 3138 Km²)

L'extrapolation de type logarithmique utilisée pour l'évaluation des débits de hautes eaux est extrêmement forte, les jaugeages des campagnes 1981-83 ne permettant que le tracé d'une courbe moyenne jusqu'à la cote 2,55m.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUE

Année	Hm	Q m ³ /s	Obs.
1976-77	3,51	2440	PHE
1980-81	2,96	1060	3rel
1981-82	3,71	3300	3rel
1982-83	3,00	1120	3rel

Un ordre de grandeur de la crue décennale a été estimé à partir des résultats de l'étude statistique menée sur la TSIRIBIHINA à BETOMBA.

1251302505 - LA MAHAJILO A MIANDRIVAZO (A = 14375 Km²)

Deux stations ont été réinstallées sur la MAHAJILO en 1980, à proximité ou au niveau des anciennes échelles mises en place par l'ORSTOM pour le compte du Génie Rural en 1969.

Les jaugeages réalisés de 1980 à 1983 ont permis le tracé des étalonnages de moyennes eaux et l'évaluation des débits de hautes eaux (extrapolations de type logarithmique).

Année	Q m ³ /s	MIANDRIVAZO		ANTSAKOAMADINIKA	
		Anc. éch.	Nlle éch.	Hm	Q m ³ /s
1968-69	1690	3,15			
1969-70	2710	3,70			
1970-71	2090	3,40			
1971-72	3460	4,00			
1972-73	3080	3,86			
1973-74	3730	4,10			
1974-75	2670	3,68			
1975-76					
1976-77	9500	5,70	(5,85)	(5,55)	
1977-78					
1978-79					
1979-80					
1980-81	1890		3,43		
1981-82	4190		4,42	4,12	3520
1982-83	3030		3,99	3,50	2680

Des crues au moins aussi importantes que celle de 1976-77, ont été signalées pour 1936 et 1956.

Comme pour ANKOTROFOTSY, un ordre de grandeur de la crue décennale a été estimé à partir des résultats de l'étude statistique menée sur la MANIA à FASIMENA.

1251300110 - LA TSIRIBIHINA A BETOMBA (A = 45014 Km²)

EVALUATION DES DEBITS DE HAUTES ET DE TRES HAUTES EAUX

Si la station a subi peu de changements depuis 1958, les difficultés d'accès, un nombre très insuffisant de jaugeages et une submersion de l'échelle en très hautes eaux ne permettaient guère l'exploitation des relevés hauteurs.

Avec la réalisation de mesures (janvier 1981 et février 1982) directement en amont de la zone de confluence, sur les cinq rivières qui forment la TSIRIBIHINA, un ordre de grandeur du débit (4000 m³/s) a été estimé pour la cote 5,00 à l'échelle.

L'extrapolation logarithmique ou l'utilisation de la formule de STRICKLER, en admettant comme pente hydraulique la pente moyenne superficielle comme entre BETOMBA et BELO, un coefficient de STRICKLER de 25 à 30 et un surcreusement moyen de 8 à 9m, conduisent à des débits de 24 à 27500 m³/s pour le maximum nivelé (12,00m) attribué à l'année 1957-58.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1957-58	(27500)		12,00	PHE
1958-59	5680	16/01/59 18h00	5,85	Min
1959-60	3490	31/01/60 06h00	4,63	Min
1960-61	7640	10/01/61 18h00	6,70	3rel
1961-62	6740	29/12/61 06h00	6,32	Min
1962-63	5180	21/02/63 18h00	5,30	3rel
1963-64	7290	12/02/64 18h00	6,55	3rel
1964-65	10800	26/01/65 12h00	7,87	3rel
1965-66	2440	16/01/66 06h00	3,89	3rel
1966-67	5660	25/01/67 06h00	5,84	3rel
1967-68	4960	21/02/68 06h00	5,48	3rel
1968-69	(24400)	13/02/69 12h00	11,35	3rel
1969-70	(15800)	18/01/70 18h00	9,34	PHE
1970-71	6570	02/02/71 18h00	6,25	3rel
1971-72	7910	09/02/72 12h00	6,81	3rel
1972-73	8310	01/03/73 06h00	6,98	3rel
1973-74	5230	10/01/74 18h00	5,62	3rel
1974-75	7480	18/02/75 06h00	6,63	3rel
1975-76	5160	21/02/76 12h00	5,58	3rel
1976-77	(14500)			
1977-78	4900	31/01/78 18h00	5,45	3rel
1978-79	4170	13/02/79 12h00	5,07	3rel
1979-80	3970	27/01/80 12h00	4,95	3rel
1980-81	10200	24/02/81 06h00	7,63	3rel
1981-82	14500	02/02/82 14h00	9,00	3rel
1982-83	7400	18/02/83 06h00	6,60	3rel
1983-84	5330	16/12/83 18h00	5,67	Min

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Si aucun relevé ancien n'a été retrouvé, certaines observations et le repérage de quelques niveaux de crue de la période 1968-80, tant à BETOMBA que sur les échelles plus aval de MAROTAOLA (TSIRIBIHINA et lac BEMARIVO) et de BELO, ont permis de corriger certains "relevés indirects" de l'observateur.

Année	BETOMBA	MAROTAOLA	BELO
(1957-58)	27,61 NGM	8,24 NGM	
1968-69	26,96 NGM	7,40 NGM	5,34 NGM
1969-70	24,95 NGM		5,10 NGM
1976-77		6,40 NGM	

La cote probable du maximum de l'année 1976-77 (cyclone Emilie) "estimée" à 14,00m 114,000 14,00m, et connue plus en aval comme inférieure aux PHE de 1968-69 (cyclone Dany), se situerait, d'après la corrélation BETOMBA-MAROTAOLA vers 8,20m (valeurs adoptées : $H = 9,00m - Q = 14500 \text{ m}^3/s$).

1256103103 - LA KIMAZIMAZY A SOATANANA (A = 259 Km²)

A cette station particulièrement difficile (accès, conditions hydrauliques), 180 jaugeages répartis entre 0,14m ($Q = 0,14 \text{ m}^3/s$) et 4,95m ($Q = 149 \text{ m}^3/s$), les relevés de 2 échelles et le nivellement des plus hautes eaux connues ont permis

- l'extrapolation des données des campagnes 1977-78 et 1978-79
- l'évaluation des débits maximums annuels 1976 à 79.

Année	Q m ³ /s	Date	H ORSTOM	H FOFIFA
1976-77	450	06/02/77	5,56	4,05
1977-78	515	28/01/78	5,68	4,60
1978-79	380	26/03/79	5,42	3,77

Le maximum de l'année 1977-78 (cyclone Georgia) pourrait être considéré après enquête, comme la quatrième plus forte crue de la période 1930-79, après 1936-37, 1971-72 et 1955-56.

1256106503 - LA TSIOMBIKARY A TSIOMBIKARY (A = 24,0 Km²)

Un contrôle aval stable (petits seuils rocheux) et des jaugeages complets de basses et moyennes eaux complétés par une série de mesures par flotteurs ont permis un étalonnage assez correct de cette station (extrapolation par les vitesses moyennes et les sections mouillées) et l'estimation des maximums annuels de la période 1977-79.

Année	Q m ³ /s	Date	Hm
1977-78	(146)	27/01/78	2,29
1978-79	68,0	21/01/79	1,83

1256101503 - LA DEMOKA A BEVATRY (A = 1325 Km²)

Un premier étalonnage (jaugeages et formule de Manning-Strickler) d'une station plus aval (DEMOKA à la RN8a), des corrélations entre hauteurs aux deux stations et une série de mesures complémentaires à BEVATRY ont permis après enquête, l'évaluation des débits des plus fortes crues de la période 1958-79.

Année	Q m ³ /s	Hm	H RN8a	H TSIMAHABEFEA
1971-72	1500		9,90-10,00	
1972-73	(12-1500)		9,70-9,90	
1969-70	(12-1500)		9,70-9,90	
1977-78	1200	5,60	9,70	1,96
1976-77	1000	4,75	9,40-9,45	
1968-69	1000		9,39	

1256101003 - LA NAMELA A ANTANANDAVA (A = 680 Km²)

L'extrapolation par la formule de Manning-Strickler a été menée pour l'évaluation des débits des très hautes eaux relevées à cette station, suivie de septembre 1977 à octobre 1979.

MAXIMUMS CONNUS DE LA PERIODE 1956-80

Année	Hm	Q m ³ /s	Episode cyclonique
1971-72	4,00	930	Cyclone Eugénie
1969-70	3,75-4,00	8-900	Cyclone Geneviève
1972-73	3,75-4,00	8-900	Cyclone Hortense ?
1968-69	3,75	800	Cyclone Dany
1977-78	3,60	715	Cyclone Georgia

VII - REGION NORD-OUEST

1250400102 - LA MAHAVAVY SUD A MAROVATO

Une série de jaugeages en 1973 et des mesures de pente entre les échelles SOSUMAV de MAROVATO et de MANAKARA ont permis une évaluation des débits de crue et l'analyse statistique de l'échantillon 1957-73.

Année	Q m ³ /s	MAROVATO	MANAKARA	SITAMPIKY
1950-51			10,68	
1951-52			11,28	
1952-53			11,17	
1953-54			11,03	4,10 Min
1954-55				3,78 Min
1955-56	2380	13,22	11,48	5,09 Min
1956-57				4,99 Min
1957-58	2130	13,01	11,28	5,99
1958-59	1900	12,80	11,10	4,82
1959-60	1790	12,68	11,00	5,65
1960-61	1200	12,00	10,30	5,14
1961-62	1750	12,65	11,10	5,80
1962-63	930	11,65	10,21	4,78

1963-64	1180	11,98	10,49	4,70	
1964-65	2350	13,20	11,20	5,14	Min
1965-66	2070	12,95	10,93	5,78	Min
1966-67	2380	13,22	10,73	5,00	
1967-68	2210	13,08	10,60	4,88	
1968-69	3050	13,65	11,50	5,51	Min
1969-70	1360	12,10	9,90	5,24	
1970-71	2700	13,45	11,30	5,00	Min
1971-72	4350	14,10	11,81	5,76	Min
1972-73	2680	13,44	11,90	6,00	Min

1250104005 - LA MAMOKOMITA A MAROHARANA (A = 775 Km²)

Un ordre de grandeur (1450 m³/s) du maximum de crue de l'année 1975-76 a pu être établi (évaluation des vitesses superficielles) lors du passage du cyclone Clotilde (14/01/76). Le maximum de 1975-76, considéré comme le plus important depuis une dizaine d'années, a été dépassé en 1978 par une crue estimée à 1950 m³/s et comparable à celle de 1924-25 (enquête menée à ANDRIBA).

1250100230 - L'IKOPA A FIADANANA (A = 9450 Km²)

MODE D'ÉVALUATION DES DÉBITS DE TRES HAUTES EAUX

Pour cette station bien étalonnée jusqu'à la cote 5,85m (1843 m³/s), l'extrapolation de type logarithmique a été utilisée pour l'évaluation des débits jusqu'à la cote 8,47m, et s'appuie sur les deux plus forts jaugeages réalisés.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1958-59	1340	01/03/59 18h00	4,99	Min
1959-60	1070	26/01/60 12h00	4,38	3rel
1960-61	1360	11/01/61 06h00	5,02	3rel
1961-62	1050	25/02/62 18h00	4,33	3rel
1962-63	1320	19/02/63 06h00	4,95	3rel
1963-64	1830	10/02/64 18h00	5,85	3rel
1964-65	1160	05/02/65 18h00	4,62	3rel
1965-66	706	21/12/65 18h00	3,29	3rel
1966-67	1100	07/03/67 18h00	4,45	3rel
1967-68	547	20/12/67 18h00	2,77	3rel
1968-69	854	15/01/69 06h00	3,76	3rel
1969-70	1070	04/01/70 12h00	4,38	3rel
1970-71	1040	08/02/71 16h00	4,29	3rel
1971-72	3450	07/02/72 06h00	8,47	PHE
1972-73	1150	27/02/73 06h00	4,59	3rel
1973-74	1340	09/01/74 06h00	4,99	3rel
1974-75	1920	16/02/75 12h00	5,99	3rel
1975-76	788	26/02/76 06h00	3,55	3rel

1250100221 - L'IKOPA A ANTSATRANA (A = 18645 Km²)**MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX**

La méthode de STEVENS a été appliquée pour l'extrapolation de la courbe de tarage (jusqu'à 7,50m dans le système de la nouvelle échelle) de cette station, bien étalonnée de 0,30 à 3,74m (Q = 1970 m³/s) et dont la stabilité est garantie en moyennes et hautes eaux (seuils rocheux aval).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1948-49	2560	20/03/49 12h00	4,04	3rel
1949-50	2530	16/01/50 18h00	4,00	3rel
1950-51	2530	16/01/51 12h00	4,00	3rel
1951-52	2220	24/01/52 12h00	3,60	3rel
1952-53	2500	11/03/53 12h00	3,96	3rel
1953-54	2120	17/01/54 12h00	3,48	3rel
1954-55	2560	18/03/55	4,04	Lim
1955-56	2900	11/02/56 12h00	4,46	Min
1956-57	2500	12/02/57 12h00	3,96	3rel
1957-58	3010	27/01/58 12h00	4,59	3rel
1958-59	2310	06/01/59	3,72	Lim
1959-60	2300	11/01/60 06h00	3,70	3rel
1960-61	3680	08/01/61	5,92	Lim
1961-62	2760		4,79	Lim
1962-63	2660		4,66	Lim
1963-64	2770	09/02/64 12h00	4,80	3rel
1964-65	2720	16/01/65 18h00	4,74	3rel
1965-66	3340		5,50	Lim
1966-67	2570		4,55	Lim
1967-68	2060		3,90	Lim
1968-69	2340		4,25	Lim
1969-70	2630		4,62	Lim
1970-71	2410	30/01/71 12h00	4,35	Lim
1971-72	5060	15/02/72	7,50	PHE
1972-73	3580	26/02/73 06h00	5,80	3rel
1973-74	1910	13/03/74 06h00	4,10	3rel
1974-75	2760	17/02/75 06h00	4,79	3rel
1975-76	1850	18/01/76 12h00	3,63	Min

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

D'une enquête menée par les Travaux Publics lors de l'installation du limnigraphe Bar, il ressort (après rattachement de la prise) que la crue de janvier 1943 aurait atteint la cote 6,28m (système de la nouvelle échelle), soit près de 4000 m³/s.

En l'absence d'autres éléments, les maximums annuels de 1971-72 et 1942-43 peuvent être considérés comme les plus importants de la période 1942-76.

1250199021 - BVR AVAL ANKABOKA (A = 4,08 Km²)

L'étalonnage théorique du déversoir a été utilisé entre 1,85m (plus haute cote jaugée) et 2,71m, maximum atteint ($Q = 72 \text{ m}^3/\text{s}$) sur ce bassin versant suivi pendant trois années (1959-62).

1250101605 - L'ISINKO A AMBODIROKA (A = 600 Km²)**MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX**

Bien que la qualité du contrôle (rapide) ait été mise en doute à la suite d'une série de mesures en 1968, il est probable que les modifications (ensablements, influence aval) n'interviennent sur le tarage qu'entre 0,00 et 2,00m, avec un rapide retour à la normale. Pour les hautes eaux un étalonnage moyen a été tracé en admettant une croissance quasi-linéaire au-delà de 2,50m.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1957-58	670	28/01/58 12h00	2,78	Min
1958-59	1710	28/03/59	4,53	PHE
1959-60	435	25/11/59 12h00	2,43	3rel
1960-61	420	03/01/61 12h00	2,40	3rel
1961-62	538	09/12/61 12h00	2,63	3rel
1962-63	260	16/02/63 12h00	2,00	3rel
1963-64	260	14/03/64 00h00	2,00	3rel
1964-65	1070	05/02/65 12h00	3,54	3rel
1965-66	181	25/11/65 12h00	1,75	3rel
1966-67	299	06/03/67 12h00	2,10	3rel
1967-68	346	14/03/68 03h00	2,22	3rel
1968-69	373	24/03/69 06h00	2,29	Lim
1969-70	1520	14/01/70 21h00	4,25	Lim
1970-71	1440	30/01/71 18h00	4,14	Lim
1971-72	1230	14/02/72 18h00	3,81	Lim
1972-73	801	16/03/73 18h00	3,10	3rel
1973-74	420	08/02/74 06h00	2,40	3rel

1250100105 - LA BETSIBOKA A AMBODIROKA (A = 11800 Km²)**MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX**

L'extrapolation de type logarithmique, menée de 4,06 (cote du plus fort jaugeage) à 6,20m, s'appuie sur les résultats des mesures de hautes eaux réalisées lors du passage des cyclones Félicie (01/71) et Eugénie (02/72).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1957-58	4110	22/01/58 12h00	3,22	3rel
1958-59	19500	29/03/59 15h00	5,67	PHE
1959-60	2220	25/11/59 06h00	2,50	3rel
1960-61	2520	06/01/61 12h00	2,62	3rel
1961-62	2590	09/12/61 12h00	2,65	Min
1962-63	3140	02/01/63 06h00	2,87	3rel
1963-64	2110	30/12/63 12h00	2,45	3rel
1964-65	12300	15/01/65 18h00	4,80	3rel
1965-66	2590	19/02/66 12h00	2,65	3rel
1966-67	3170	18/01/67 12h00	2,88	3rel
1967-68	2370	14/03/68 15h00	2,56	3rel
1968-69	3940	28/01/69 06h00	3,16	Lim
1969-70	8340	15/01/70 03h00	4,17	Lim
1970-71	8220	30/01/71 18h00	4,15	Lim
1971-72	13600	14/02/72 09h00	4,95	PHE
1972-73	6390	30/01/73 18h00	3,80	PHE
1973-74	4760	15/03/74 12h00	3,41	Min
1974-75	6490		3,82	PHE
1975-76				
1976-77	6440		3,81	PHE

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Ils proviennent essentiellement de renseignements recueillis plus en aval, sur le site de l'ancien pont : Mesures des Travaux Publics de 1926 à 1928, observation lors des travaux de récupération des superstructures en 1945-46 (?), observations régulières de l'ORSTOM de janvier 1968 à février 1969 et relevés de plus hautes eaux antérieures ou postérieures à cette période.

Année	PHE station	PHE ancien pont
1926-27	(6,20)	63,50 Ancien système de référence (4,95m au-dessus des PBE)
1927-28	(4,42)	61,60 Ancien système de référence
1945-46	(5,67)	≥52,98 ≥repère ORSTOM sur pile (témoignage)
1958-59	5,67	≥52,98 Délaissée ancienne sommet pile
1968-69	3,16	50,53 NGM
1970-71	4,15	51,64 NGM

Considérée à l'époque comme "formidable", car les données antérieures fixaient la cote des plus hautes eaux 1,50m plus bas, la crue du 4/02/1927 est probablement la plus forte crue connue de la période 1920-1977, dépassant largement les maximums des années 1936-37, 1945-46 (?) et 1958-59.

1250102005 - LA MAROVOAY A LA RN4

Quelques mesures et observations réalisées lors du passage du cyclone Clotilde (15/01/76) et les années suivantes, ont permis après enquête une évaluation des débits des crues de la MAROVOAY, en aval de la retenue d'AMPIJOROA.

MAXIMUMS CONNUS DE LA PERIODE 1970-78

Année	H NGM	Q m ³ /s	Obs.
1970-71	33,67	(30,3)	PHE
1976-77	33,48	(24,9)	PHE
1972-73			
1971-72			
1977-78	32,72	11,2	PHE
1975-76	32,69	10,8	PHE

1250101805 - LA KARAMBO A BETSIREBIKA (A = 189 Km²)

Les mesures et observations, effectuées très épisodiquement entre 1975 et 1983 permettent une estimation des débits maximums annuels de crue de l'année 1975-76 (cyclone Clotilde) et de la période 1979-83.

Année	Q m ³ /s	Contrerepère RN4	BETSIREBIKA
1975-76	5,4	-2,05	
1979-80	15,0		2,30
1980-81	9,5		2,07
1981-82	14,5		2,28
1982-83	17,0		2,39

1250101705 - LE KAMORO A LA RN4

Depuis février 1903, la majeure partie des débits de moyennes et de hautes eaux sont drainées vers le KAMORO, l'ensemble constituant un bassin de 11300 Km².

Des jaugeages de hautes eaux, réalisés les 30 et 31/01/73 (cyclone Hortense) au pont du KAMORO, ont permis le tracé d'un étalonnage moyen de hautes eaux et l'évaluation des débits des plus fortes crues connues de la période 1930-1983.

Année	Q m ³ /s	Date	H NGM
1932-33	8660	19-20/02/33	41,15
1981-82	7870		40,68
(1927-28)	7860		40,67

Des ordres de grandeur des crues décennale et cinquantenale ont été estimés à partir des résultats de l'étude statistique menée sur la BETSIBOKA à AMBODIROKA.

1251203205 - LA SALOHY A ANDAMPIHELY

L'extrapolation de type logarithmique demeure forte, pour cette station créée en novembre 1970 et partiellement étalonnée en janvier 1971 (cyclone Félicie).

Année	Q m ³ /s	Echelle 1	Echelle 2	Echelle 3	Obs.
1958-59	480	6,30			PHE
1970-71	123	3,30			
1972-73	360		5,50		
1976-77	223			4,37	PHE

A partir des relevés des cotes de 1958-59 (maximum de la période 1958-77) et des principales crues de la période 1970-77, et par comparaison avec l'échantillon MANGARAHARA, un ordre de grandeur de la crue décennale a été grossièrement évalué.

1251203005 - LA SANDRANGITA A KALANDY

Comme la SALOHY, l'extrapolation de la courbe de tarage de hautes eaux demeure forte (de 1,65m à 7,00m) pour cette station réinstallée fin 1970 au pont de la RN32 (de 1968 à 1970 - Gué d'ANTANANDAVA - A = 366 Km²).

Année	Hm	Q m ³ /s	Obs.
(1958-59)	7,00	660	PHE
1972-73	6,00	500	
1976-77	5,15	385	3rel
1970-71	3,24	167	

Le relevé du maximum de l'année 1958-59 et des plus hautes eaux de la période 1970-77 ont permis une évaluation très grossière du maximum décennal de crue.

1251202001 - LA MANGARAHARA A MANDRITSARA (A = 1320 Km²)

Installée au pont de la RN3a en novembre 1969, cette station est correctement étalonnée jusqu'à la cote 2,18m, mais l'extrapolation demeure très forte pour l'évaluation des débits :
-de la crue de mars 1959, considérée comme au moins aussi forte que la crue de mars 1901 (inondations des bas-quartiers de MANDRITSARA)
-des plus hautes eaux de l'année 1972-73, crue la plus importante de la période 1968-80.

Année	Q m ³ /s	H NGM	Obs.
1900-01	((1950))		
1958-59	(1950)	301,63	PHE
1972-73	(1360)	300,40	PHE

Un ordre de grandeur des crues décennale et cinquantennale a été estimé en s'appuyant sur les résultats des stations les plus proches (BEMARIVO ANDRANOMIDITRA) ou plus aval (SOFIA RN6).

1251200101 - LA SOFIA A ANTAFIATSALANA (A = 4100 Km²)

Pour cette station installée en août 1968, une assez forte extrapolation a dû être menée de 2,33m (Q = 538 m³/s) à 5,80m, afin d'évaluer les débits des crues les plus importants des périodes 1968-77 (PHE 1976-77) et 1958-77 (PHE 1958-59).

Année	Q m ³ /s	Anc. éch.	Nlle éch.	Obs
1958-59	3000	5,80		PHE
1972-73	2300	5,05		PHE
1976-77	2450	5,22	4,97	3rel

1251200103 - LA SOFIA AU PONT DE LA RN6 (A= 23500 Km²)

Une série de jaugeages (de 1130 à 3210 m³/s) réalisés du 13 au 15/03/75 (cyclone Inès) et des mesures de pente ont permis d'estimer les débits des crues les plus importantes des périodes 1959-75 et 1902(?) -75.

Année	Q m ³ /s	H NGM	Obs.
1958-59	23500	20,75	PHE
1972-73	6700	13,51	PHE

1251201505 - LA BEMARIVO A ANDRANOMIDITRA (A = 6515 Km²)

Des jaugeages de moyennes eaux et les relevés simultanés de 2 échelles (amont pont et niveau pont) ont permis une évaluation des débits les plus importants des périodes 1958-83 et 1959-75.

L'enquête et les mesures effectuées plus en aval (AMPOMBITIKA) confirment la valeur et le caractère exceptionnel de la crue de 1958-59 qui a entièrement ravagé PORT-BERGE.

Année	Q m ³ /s	ANDRANOMIDITRA	AMPOMBITIKA	PORT-BERGE
1958-59	15000	(6,00)	25,72 NGM	24,29 NGM
1972-73	6100	4,38	20,57 NGM	
1976-77	3900	3,87		
1974-75	2800	3,53	18,57 NGM	

Plus que le cyclone de 1901 ("crues très fortes sur la haute-SOFIA"), c'est probablement le cyclone de mars 1903, cause de la capture MAHAJAMBA-KAMORO qui serait à l'origine d'une crue comparable (inondation de PORT-BERGE) à celle de mars 1959.

1250202510 - LA TSINJOMORONA A ANKOBKOBKA (A = 886 Km²)

Une extrapolation assez forte (de 2,58 à 8,80m) a permis l'évaluation des plus hautes eaux connues après enquête (PHE 1924-25 et 1958-59), ainsi que celles relevées au cours de la période d'observations 1968-77.

Année	Hm	Q m ³ /s	Obs.
(1924-25)		(1920)	
1958-59	8,80	1920	PHE
1976-77	6,32	820	PHE
1972-73	5,80	670	PHE

1253400105 - LA MAHAVAVY NORD A AMBILOBE (A = 3210 Km²)

Suivie par les Travaux Publics puis l'ORSTOM, de 1948 à 1983, cette station contrôle la quasi totalité des débits de la MAHAVAVY Nord (prise d'eau du Génie Rural en amont du pont).

L'étalonnage de hautes eaux s'appuie sur les jaugeages complets (de 767 à 1900 m³/s) de février 1971 (cyclone Félicie), un certain nombre de mesures flotteurs réalisées en janvier-mars 1937 (de 530 à 3400 m³/s) et des mesures des PHE et des pentes de la ligne d'eau entre la prise et le pont.

Les archives des Travaux Publics, du Génie Rural à AMBILOBE ainsi que les résultats d'enquêtes menées par la SOSUMAV ont non seulement permis de retrouver les mesures de 1937, mais également de recalculer les plus fortes crues relevées entre 1928 et 1948.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Hm	Hm *	Obs.
1928-29	7940		32,60	
1933-34	2040	84,90	29,60	
1936-37	5150	86,70	31,40	
1937-38				

1938-39	1010		28,65	
1945-46	7940		32,60	
1948-49	969		28,80	
1949-50	1890		30,10	
1950-51	1650		29,30	
1951-52	3170		30,50	
1952-53	745		28,35	
1953-54	2520		30,00	
1954-55	739	3,00	28,90	
1955-56	1800	4,25	30,15	
1956-57	1400	3,80	29,70	
1957-58	969	3,30	29,20	
1958-59	2100	4,40	30,30	
1959-60	1370	3,80	29,70	
1960-61	500	2,87	28,77	
1961-62	10500		34,69	PHE
1962-63	467	2,60	28,50	
1963-64	1000	3,30	28,64	
1964-65	1080	3,40	28,74	
1965-66	2570	4,70	30,04	
1966-67	739	3,88	29,22	
1967-68	1690	4,20	29,54	
1968-69	1000	4,02	29,36	
1969-70	676	3,50	28,84	
1970-71	2360	4,50	29,84	
1971-72	2280	4,80	29,78	Min
1972-73	1850	4,50	29,48	
1973-74	793	3,40	28,38	
1974-75	793	3,40	28,38	
1975-76	2150	4,70	29,68	
1976-77				
1977-78				
1978-79				
1979-80	512	2,95	27,93	
1980-81	1820	4,48	29,46	
1981-82	1610	4,30	29,28	
1982-83	845			Min

* Calage de l'échelle dans le système dit des marées.

1256001001 - LA MANANJEBA A ANKATOTO (A = 945 Km²)

Une série de mesures réalisée à la faveur du cyclone Félicie, a permis de procéder à l'étalonnage de hautes eaux et à l'évaluation des plus forts débits de crue connus à cette station entre 1929 et 1983 (PHE 1931-32 et 1961-62).

L'échantillon des débits maximums annuels de la période 1961-76 a été constitué à partir des relevés d'observations (station installée en octobre 1971) et des PHE, ainsi que de valeurs déduites des débits de crue connus sur la MAHAVAVY NORD à AMBILOBE.

Année	Q m ³ /s	Date	ANKATOTO MARIVORAHONA		Obs.
1931-32	1160		(4,42)		
1961-62	1470	19/01/62	4,83	21,97 NGM	PHE
1962-63	(110)				Amb
1963-64	(400)				Amb
1964-65	(430)				Amb
1965-66	(850)				Amb
1966-67	(275)				Amb
1967-68	(630)				Amb
1968-69	(400)				Amb
1969-70	(240)				Amb
1970-71	642	31/01/71	3,43	21,47 NGM	PHE
1971-72	687	08/03/72	3,55		3rel
1972-73	965	02/02/73	4,15		3rel
1973-74	225	28/12/73	2,00		3rel
1974-75	317	14/03/75	2,45		3rel
1975-76	1050	22/01/76	4,26		3rel

1257102003 - LA RAMENA A AMBODIMANGA (A = 1080 Km²)

MODE D'ÉVALUATION DES DÉBITS DE TRES HAUTES EAUX

Bien que les relevés des échelles et des plus hautes eaux aient été effectués le long d'un bief de près de 2 Km (sites pont, échelle amont et échelle aval), les conditions (topographie, écoulement) permettent une extrapolation de type logarithmique, à partir des jaugeages de moyennes eaux réalisés en 1965 à l'échelle amont.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1953-54	1740	16/01/54 18h00	6,50	3rel
1954-55	178	18/02/55 18h00	2,20	Min
1955-56	1410	27/01/56 18h00	5,89	Min
1956-57	2340	07/02/57	7,52	PHE
1957-58	422	08/03/58 06h00	3,19	3rel
1958-59	2730	28/03/59	8,10	PHE
1959-60	651	22/01/60 06h00	3,99	3rel
1960-61	353	12/02/61 06h00	2,93	3rel
1961-62	1400	19/01/62 12h00	5,86	3rel
1962-63	883	13/02/63 18h00	4,69	3rel
1963-64	299	15/04/64 06h00	2,70	3rel
1964-65	306	01/02/65 18h00	2,73	3rel
1965-66	845	27/12/65 18h00	4,60	3rel
1966-67	384	25/01/67 06h00	3,05	3rel
1967-68	647	14/03/68 21h00	3,98	3rel
1968-69	1340	11/02/69 18h00	6,04	3rel
1969-70	631	24/02/70 06h00	4,23	3rel
1970-71	1680	25/01/71 18h00	6,70	PHE

1971-72	1490	08/03/72 06h00	6,35	3rel
1972-73	1070	02/02/73 06h00	5,43	3rel
1973-74	320	21/02/74 06h00	3,09	3rel
1974-75	946	14/03/75 06h00	5,14	3rel
1975-76	1320	22/01/76 18h00	5,99	3rel

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Ils proviennent essentiellement des archives des Travaux Publics où un profil (exécuté en 1935 pour l'étude du pont), situe le maximum de l'année 1924-25, 8,78 m au-dessus du niveau des plus basses eaux, soit une hauteur de l'ordre de 9,20m à l'échelle aval ($Q = 3300 \text{ m}^3/\text{s}$).

Comme pour le SAMBIRANO à AMBANJA, le maximum de l'année 1924-25 a été considéré comme le plus important de la période 1924-83.

1257100103 - LE SAMBIRANO A AMBANJA (A = 2830 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

Si les détarages sont encore sensibles en moyennes eaux, surtout après l'édification du pont et la disparition en aval de la station du pont provisoire (03/72) qui était remonté à chaque saison sèche, la station peut être considérée comme assez stable en très hautes eaux. L'extrapolation s'appuie sur des mesures de vitesses superficielles par flotteurs, réalisées par les Travaux Publics en 1945 et rattachées à l'échelle de la Compagnie Nossybéenne (CNIA), qui était calée 0,20m au-dessus de la première échelle ORSTOM.

Date	Hauteur	V m/s	Q m ³ /s
19/01/45	5,22	3,0	2830
12/12/45	5,67	4,0	4120

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1952-53	1680	15/01/53 12h00	4,80	3rel
1953-54	4190	02/03/54 18h00	5,90	3rel
1954-55	1670	18/02/55 18h00	4,78	3rel
1955-56	2430	27/01/56 15h00	5,35	3rel
1956-57	6240	06/02/57	6,47	PHE
1957-58	1160	09/03/58 06h00	4,08	3rel
1958-59	4970	28/03/59 18h00	6,16	3rel
1959-60	1620	20/01/60 18h00	4,76	3rel
1960-61	513	03/01/61 18h00	2,65	3rel
1961-62	2080	19/01/62 18h00	5,20	3rel
1962-63	517	13/02/63 12h00	2,66	3rel
1963-64	480	14/02/64 12h00	2,55	3rel

1964-65	480	19/03/65 12h00	2,55	3rel
1965-66	1110	28/12/65 06h00	3,98	3rel
1966-67	567	25/01/67 12h00	2,81	3rel
1967-68	1000	15/03/68 12h00	3,78	3rel
1968-69	2150	11/02/69 18h00	5,25	3rel
1969-70	1040	24/02/70 12h00	3,85	3rel
1970-71	4320	25/01/71 18h00	5,98	3rel
1971-72	3570	08/03/72	5,80	PHE
1972-73	1420	06/01/73 12h00	4,48	Min
1973-74	645	21/02/74 06h00	3,30	3rel
1974-75	1730	14/03/75 06h00	5,50	3rel
1975-76	4030	23/01/76 06h00	6,50	3rel
1976-77				
1977-78				
1978-79				
1979-80				
1980-81	544	07/02/81 15h30	2,99	Lim
1981-82	704	20/03/82 01h00	3,48	Lim
1982-83	744	26/12/82 08h00	3,60	Min

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Les premières observations remontent à 1925 (CNIA), assurées par les Travaux Publics à partir de 1929 et poursuivies jusqu'en 1945.

De ces relevés, seules ont pu être reprises les valeurs des maximums des principales crues de cette période.

Qu'il s'agisse des échelles CNIA-TP ou des échelles ORSTOM, les cotes des plus fortes crues de la période 1924-83 sont données par rapport au repère n° 83 (AMBANJA - Hall d'information) coté 13,253 NGM.

Année	PHE	Date	TP	ORSTOM
1924-25	14,41	04/02/25	6,77	
1931-32	13,49	05/02/32	5,85	
1936-37	13,79	13/01/37	6,15	
1944-45	13,51	18/01/45	5,87	
1945-46	13,56	12/12/45	5,92	
1956-57	13,91	06/02/57		6,47
1958-59	13,55	28/03/59		6,16

IX - HAUTS-PLATEAUX ET DEPRESSIONS INTERIEURES

1250204503 - LA BEALANKELY A BETAINKANKANA (A = 85,0 Km²)

Pour l'estimation d'un ordre de grandeur des débits maximums de la période 1973-76, l'extrapolation de type logarithmique est très importante (de 5 à 128 m³/s) pour cette station, installée directement en amont du seuil d'ANDRIANA.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUE

Année	Q m ³ /s	Date	Episode cyclonique
1973-74	19,7	08/02/74	
1974-75	40,0	14/03/75	Cyclone Inès
1975-76	128	23/01/76	Cyclone Danae

Comme pour toutes les autres stations des rivières des cuvettes de l'ANKAIZINA (MAEVARANO et affluents), le maximum décennal de crue a été déduit des résultats de l'étude statistique menée sur la MAEVARANO à AMBODIVOHIRA.

1250207005 - LA BEALANANA A AMBINANINDRANO (A = 95,4 Km²)

L'étalonnage de hautes eaux de cette station installée en janvier 1976 s'appuie sur quelques jaugeages et le relevé des pentes de la ligne d'eau (formule de Manning-Strickler).

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1974-75	121	/01/75	6,79	PHE
	32	13/03/75	5,80	Cyclone Inès
1975-76	127	22/01/76	6,85	Cyclone Danae

1250206505 - LA BEANDRAREZONA A BEANDRAREZONA (A = 188 Km²)

Une extrapolation de type logarithmique a été menée à partir des mesures de hautes eaux réalisées lors du passage du cyclone Inès (13-14/03/75), pour l'évaluation des débits de crue les plus importants de la période 1972-76.

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1975-76	465	22/03/76	6,80	PHE
1972-73	174		4,75	PHE
1974-75	99	14/03/75	4,08	PHE

1250204003 - L'ANTSAMAKA A ANTSAMAKA (A = 565 Km²)

Installée en octobre 1973 dans les derniers rapides en aval de la cuvette et des seuils d'AMBATORIHA, cette station a été bien étalonnée en mars 1975 (cyclone Inès). L'extrapolation de type logarithmique, employée pour l'estimation des débits maximums connus des périodes 1944-50 et 1973-76, demeure relativement faible.

Année	Q m ³ /s	Date	ANTSAMAKA	AMBATORIHA
1949-50	(153)	09/02/50		(4,88)
1944-45	(127)	17/02/45		(4,75)
1975-76	177	23/01/76	2,92	
1974-75	78	17/03/75	2,41	

1250202016 - LA MAEVARANO A BEROITRA (A = 780 Km²)

Le contrôle de deux échelles limnimétriques (ANTAFIANDAKANA et BEROITRA) de part et d'autre du seuil de BEROITRA et une série de jaugeages au cours de l'année 1975, ont permis l'évaluation des débits des plus hautes eaux connues (année 1958-59 et période 1973-76) sur la MAEVARANO à la sortie de la première cuvette.

Année	Q m ³ /s	Date	BEROITRA	ANTAFIANDAKANA
1958-59	170		5,95	5,10
1973-74	49		4,04	
1974-75	106	17/03/75	4,98	4,21
1975-76	155	23/01/76	5,85	4,99

1250202010 - LA MAEVARANO A ANTELOPOLO (A = 1185 Km²)

Pour la traduction en débits des plus hautes eaux connues pour l'année 1958-59 et la période 1972-76, une extrapolation de type logarithmique a été menée à partir des jaugeages les plus importants effectués à cette station, installée à l'amont immédiat du seuil d'ANTELOPOLO.

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1958-59	260		6,44	PHE
1975-76	238	24/01/76	6,10	Lim
1972-73	162		4,76	PHE

1250202007 - LA MAEVARANO A AMBODIVOHITRA AVAL (A = 2585 Km²)

Les échelles d'AMBODIVOHITRA Aval, d'ANTETEZAMBATO et d'AMBODI-SANTRAKELY (A = 2800 Km²), qui contrôlent la sortie générale des cuvettes de l'ANKAIZINA, ont été assez diversement suivies.

Les corrélations entre hauteurs aux différentes échelles et les jaugeages de hautes eaux réalisés au cours de la campagne 1974-75 (cyclone Inès) ont permis

- un étalonnage assez complet de la station d'AMBODIVOHITRA Aval,
- une estimation correcte des crues de la période 1955-76,
- et l'évaluation du maximum de l'année 1944-45, troisième valeur de l'échantillon 1939-84.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1944-45	550	19/02/45	ANTETEZAMBATO	
1955-56	641	26/01/56	5,51	
1956-57	327	07/02/57	AMBODISANTRAKELY	
1957-58	339	25/03/58	AMBODISANTRAKELY	
1958-59	641		AMBODISANTRAKELY	
1959-60	160	09/03/60	AMBODISANTRAKELY	
1960-61	231	11/01/61	AMBODISANTRAKELY	
1961-62	453	05/02/62	AMBODISANTRAKELY	
1962-63	211	04/02/63	AMBODISANTRAKELY	
1963-64	183	18/02/64	3,97	3rel
1964-65	229	13/02/65	4,26	3rel
1965-66	189	17/02/66	4,01	3rel
1966-67	237	17/03/67	4,30	3rel
1967-68	239	15/02/68	4,31	3rel
1968-69	193	25/12/68	4,04	3rel
1969-70	260	10/02/70	4,42	3rel
1970-71	386	01/02/71	4,85	3rel
1971-72	213	15/02/72	4,16	3rel
1972-73	327	11/03/73	4,67	3rel
1973-74	159	16/03/74	3,77	3rel
1974-75	266	15/03/75	4,45	3rel
1975-76	402	26/01/76	4,90	3rel
1976-77	(260)	25/02/77		Min
1977-78	(72)	28/03/78		Min
1978-79	(150)	09/02/79		Min
1979-80	348	23/01/80	4,73	3rel
1980-81	87	22/03/81	2,98	3rel
1981-82	229	19/02/82	4,26	3rel
1982-83	229	20/02/83	4,26	3rel

1251004005 - LA MANANONTANANA A LA RN44 (A = 67,3 Km²)

Le maximum observé au cours des campagnes 1951-57, menées sur l'ALAOTRA par la SOGREAH et le Génie Rural, a été évalué à 220 m³/s (crue du 20/02/57).

1251004105 - L'ANDRAGONA A LA RN44 (A = 107 Km²)

La crue la plus importante signalée entre 1951 et 1957 a été estimée à 330 m³/s (crue du 6/02/56).

1251002010 - LA SASOMANGANA A ANTANIFOTSY (A = 75,4 Km²)

Les débits naturels reconstitués (barrage édifié en 1959) pour les deux plus fortes crues observées au cours de la période 1957-80 sur la SASOMANGANA s'élèvent respectivement à 230 et à 160 m³/s.

Année	Qm ³ /s	Date	Vr 10 ⁶ m ³
1958-59	230	04/03/59	5,9
1971-72	160	14/02/72	8,9

1251002002 - LA SASOMANGANA A MARIANINA (A = 279 Km²)

A l'entrée du PC15 (stations de MARIANINA à la RN44 et du seuil de prise d'AMBOHIBOROMANGA) le Génie Rural a estimé à 300 m³/s le débit déversé le 5/03/59 à 5h00.

Maximum probable de la période 1959-85, cette valeur du débit de la SASOMANGANA est sans doute sous estimée, les débits des 5 brèches de la digue Est du périmètre n'ayant pas été évalués et le batardeau provisoire du barrage d'ANTANIFOTSY plus amont ne s'étant rompu qu'après 5h00.

1251001701 - LA RANOFOTSY A ANDILANATOBY (A= 191 Km²)

Quelques jaugeages et mesures de pente pour plusieurs maximums de crue connus à ANDILANATOBY et plus en amont (site de prise et PK 109,00 de la voie ferrée MLA), ont permis une estimation des débits des plus fortes crues de la période 1970-85.

Année	Q m ³ /s	ANDILANATOBY	Site de prise
1971-72	430	788,60 NGM	799,64 NGM
1972-73	250	788,00 NGM	

1251003530 - LA SAHAMILAHY A MAHERIARA (A= 157 Km²)

Un ordre de grandeur de la crue décennale a été assez grossièrement estimé, à partir des quelques maximums annuels connus à cette station, d'installation récente mais bien étalonnée, et par comparaison avec les données de la RANOFOTSY à ANDILANATOBY.

Année	Q m ³ /s	Date	Hm
1980-81	14	05/03/81	
1981-82	42	12/02/82	
1982-83	22	22/01/83	
1983-84	97	13/04/84	3,60

1251001601 - LA SAHABE A BETAMBAKO (A = 968 Km²)

Si l'évaluation des débits de hautes eaux demeure assez hasardeuse à cette station (très large plaine d'inondation rive droite, digue routière aval) les jaugeages et les observations réalisés à cette station et en aval de la RN3a (A = 1200 Km²) permettent l'évaluation de quelques débits de crue sur cette rivière.

Année	BETAMBAKO		RN3a (SB1)	
	Q m ³ /s	Hm	Q m ³ /s	Hm
1950-51			(550)	
1976-77	87	3,19	102	3,20

1251001210 - L'IVAKAKA A VOHIDIALA (A = 173 Km²)

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1979-80	25	12/03/80 02h00	4,10	
1980-81	21	05/03/81 04h00	3,96	
1981-82	98	03/02/82 17h30	5,92	
1982-83	23	24/02/83 19h00	4,02	
1983-84	106	13/04/84 00h00	6,02	Min

Un ordre de grandeur de la crue décennale a été assez grossièrement estimé par comparaison avec l'ANONY à AMBOHIBOANJO.

1251001010 - L'ANONY A AMBOHIBOANJO (A= 1485 Km²)

Pour la connaissance des débits à cette station, installée sur le seuil de prise d'AMBOHIBOANJO, plusieurs étalonnages ont été nécessaires (seuil largement ennoyé, vannes de chasse et vannes de prise).

Une estimation du débit des brèches (endiguement rive gauche) a permis l'évaluation

- des débits maximums de la période 1968-84
- des débits annuels de crue au cours de la période 1976-84

Année	Q m ³ /s	Hm	Obs.
1969-70	355	2,88	Brèches
1972-73	1050	3,78	Brèches
1976-77	245	2,56	
1977-78	93	1,58	
1978-79	195	2,32	
1979-80	112	1,65	
1980-81	87	1,56	

1981-82	274	2,77	
1982-83	123	1,70	
1983-84	580	3,25	Brèches

Un ordre de grandeur de la crue décennale a été estimé à partir des résultats de l'étude statistique menée sur la MANINGORY à ANDROMBA.

1251000101 - LE MANINGORY A AMDROMBA (A = 6855 Km²)

Plusieurs séries de jaugeages, réalisées entre 1975 et 1977, et les conditions hydrauliques (faibles pentes en amont du goulet d'AMBATOMAFANA et des rapides de la MENASAKA) ont permis le recalage des différentes échelles et l'adoption d'une extrapolation de type $Q = C S^{2/3} gh$ pour l'évaluation des débits maximums de crue.

Si un détarage de basses et de moyennes eaux est à considérer à partir d'octobre 1982 avec l'édification du pont, les jaugeages plus récents ont montré que l'étalonnage de hautes eaux restait lié au contrôle plus aval.

Plusieurs enquêtes et données d'archives ont permis l'estimation des débits maximums des crues les plus importantes de la période 1899-1984, mais la constitution d'un échantillon de crues de 1949 à 1984 n'a été rendue possible qu'après reprise de certaines données calculées (modèle ALAOTRA).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	H NGM	Obs.
1904-05	(590)		ANORORO
1913-14	(525)	753,92	ANORORO
1916-17	(378)		Aval ANDROMBA
1926-27	(364)	753,40	AMBOHIJAHANARY
1929-30	(378)		ANDROMBA
1930-31	(378)		ANDROMBA
1936-37	(525)		AMBOHITSILAOZANA
1940-41	(653)	754,30	ANORORO
1948-49	244	752,92	AMBATOSORATRA
1949-50	101	751,75	AMBATOSORATRA
1950-51	163	752,33	AMBATOSORATRA
1951-52	265	753,02	AMBATOSORATRA
1952-53	161	752,32	AMBATOSORATRA
1953-54	79	751,46	AMBATOSORATRA
1954-55	207	752,66	AMBATOSORATRA
1955-56	298	753,16	AMBATOSORATRA
1956-57	218	752,74	AMBATOSORATRA
1957-58	(203)		
1958-59	966	755,14	ANDROMBA
1959-60	(148)		
1960-61	(86)		
1961-62	158	752,30	AMBATOSORATRA

1962-63	173	752,41	AMBATOSORATRA
1963-64	184	752,49	AMBATOSORATRA
1964-65	250	752,95	AMBATOSORATRA
1965-66	119	751,98	AMBATOSORATRA
1966-67	(201)		
1967-68	125	752,04	
1968-69	(132)		
1969-70	(213)		
1970-71	(155)		
1971-72	314	753,22	ANDROMBA
1972-73	525	753,92	ANDROMBA
1973-74	(115)		
1974-75	236	752,87	ANDROMBA
1975-76	126	752,05	ANDROMBA
1976-77	222	752,77	ANDROMBA
1977-78	64	751,26	AMBATOSORATRA
1978-79	110	751,87	ANDROMBA
1979-80	108	751,84	ANDROMBA
1980-81	33	750,63	ANDROMBA
1981-82	295	753,15	ANDROMBA
1982-83	109	751,60	ANDROMBA
1983-84	394	753,51	ANDROMBA

1252800150 - L'IVONDRO A AMBODIFANA (A = 717 Km²)

A l'exutoire de la cuvette marécageuse de DIDY et directement en amont du seuil de contrôle, cette station a été suivie de manière épisodique par le Génie Rural, la SCET, puis l'ORSTOM.

Les PHE 1958-59 (seuls relevés retrouvés de l'échelle GR), la correspondance entre échelles GR et SCET (document SCET) et les jaugeages de la SCET et de l'ORSTOM permettent une évaluation assez correcte des débits de quelques maximums annuels.

Année	Q m ³ /s	H GR	H SCET	H ORSTOM
1958-59	200	(5,00)		
1970-71	46		(1,96)	
1971-72	159		(4,30)	
1972-73	114		3,46	
1973-74	75		2,63	
1974-75	127		3,72	
1975-76	49		2,01	
1976-77	85		2,86	
1977-78	34		1,57	
1978-79	40			10,73

Une estimation de la crue décennale a été tirée de cet échantillon de crues et des résultats des stations les plus proches (MANINGORY à ANDROMBA et MANGORO à MANGORO Gare).

1250102701 - LA VARAHINA NORD A MANTASOA (A = 96,0 Km²)

Les débits de la VARAHINA NORD, branche mère de l'IKOPA, sont actuellement entièrement dérivés vers le bassin du MANGORO (renforcement de l'aménagement de la MANDRAKA).

Si aucune évaluation n'avait été tentée pour la crue de janvier 1954 (exhaussement signalé de la retenue de MANTASOA de 1,50m), le débit maximal naturel a pu être reconstitué ($Q = 153 \text{ m}^3/\text{s}$) pour la crue du 27/03/59.

1250102810 - LA VARAHINA SUD A TSIAZOMPANIRY (A = 282 Km²)

La plus forte crue (4,82m) de la période 1950-56 a été observée en janvier 1954 et évaluée à $360 \text{ m}^3/\text{s}$, à partir des jaugeages réalisés entre 0,58 et 1,92m, et du relevé des pentes de la ligne d'eau.

1250107503- LA MANANDRIANA A MANANDRIANA (A = 53,0 Km²)

Affluent de la VARAHINA SUD, cette rivière a également été suivie jusqu'en 1956, date d'édification du barrage de TSIAZOMPANIRY.
Le maximum (5,30m) du 15/01/54 a été évalué à $70 \text{ m}^3/\text{s}$.

1250199052 - BVR SUD AMBATOMAINY (A = 0,29 Km²)

Un étalonnage théorique, vérifié par quelques mesures, a été établi pour le déversoir de ce bassin représentatif (Haut bassin SISAONY) suivi 4 années.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUE

Année	Q l/s	Date	Année	Q l/s	Date
1972-73	872	20/12/72	1974-75	1260	12/02/75
1973-74	893	28/12/73	1975-76	353	30/12/75

1250100218 - L'IKOPA A ANTELOMITA 1 (A = 1277 Km²)

Avant l'entrée de l'IKOPA dans la plaine du BETSIMITATATRA, et directement en aval de la confluence des VARAHINA, le seuil déversant d'ANTELOMITA 1 constitue un excellent contrôle de hautes eaux, étalonné d'après des essais sur modèle au 1/20^e

Bien que les conditions hydrauliques diffèrent (situation des barrages sur le haut bassin de l'IKOPA), les deux plus fortes crues connues de la période 1930-80 ont causé les deux plus fortes inondations de la plaine d'ANTANANARIVO entre 1930 et 1980.

Année	Date	Hm	A = 1277 Km ²	-MANTASOA A = 1181 Km ²	-TSIAZOMPANIRY A = 846 Km ²
1953-54	16/01/54	1,97	960 m ³ /s	910 m ³ /s	600 m ³ /s
1958-59	28/03/59	1,72	1000 m ³ /s	710 m ³ /s	520 m ³ /s

Les barrages ayant, entre 1959 et 1975, rempli leur fonction (écrêtage des crues), les valeurs des plus fortes crues relevées au cours de cette période peuvent être considérées comme se rapportant à un bassin de 846 Km².

PLUS FORTES CRUES CONNUES DE LA PERIODE 1958-75

Année	Q m ³ /s	Date	Hm
1958-59	(520)	28/03/59	
1974-75	338	13/03/75	1,06
1971-72	264	15/02/72	0,93
1972-73	190	25/02/73	0,75
1962-63	128	18/02/63	0,59
1970-71	119	28/02/71	0,50
1960-61	112	04/01/61	0,52

1250102311 - LA SISAONY A ANDRAMASINA (A = 318 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

La nature du contrôle (seuil rocheux, chute) permet l'extrapolation de type logarithmique, menée à partir des jaugeages les plus importants (de 37,0 à 118 m³/s pour des cotes à l'échelle allant de 1,65 à 2,57m).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1958-59	271	27/03/59	3,54	Lim
1959-60	86	23/01/60 18h00	2,30	3rel
1960-61	103	18/03/61 12h00	2,45	3rel
1961-62	64	27/12/61 06h00	2,07	Min
1962-63	57	20/01/63 06h00	2,00	3rel
1963-64	109	11/01/64 06h00	2,50	3rel
1964-65	165	22/12/64 06h00	2,90	3rel
1965-66	71	12/12/65 06h00	2,15	3rel
1966-67	116	06/03/67 12h00	2,55	3rel
1967-68	75	07/12/67 18h00	2,20	3rel
1968-69	97	09/02/69 06h00	2,40	3rel
1969-70	90	06/01/70 12h00	2,34	3rel
1970-71	77	25/02/71 06h00	2,22	3rel
1971-72	224	15/02/72	3,27	PHE

1972-73	151	25/02/73 06h00	2,80	3rel
1973-74	48	06/02/74 06h00	1,88	Min
1974-75	184	13/03/75 12h00	3,02	PHE
1975-76	38	04/01/76 06h00	1,70	Min
1976-77	520	02/02/77	4,55	PHE
1977-78	52	28/01/78	1,93	Min
1978-79	86	27/01/79 06h00	2,30	3rel
1979-80	109	20/01/80 06h00	2,50	3rel

1250199012 - LA TAFAINA A AMBOHIDRANO (A = 4,5 Km²)

Bassin versant représentatif des zones de hauts plateaux de l'IMERINA, touchées par une érosion assez forte ("lavaka"), la rivière TAFAINA a été suivie entre 1962 et 1971.

Un contrôle correct (déversoir et jaugeages) de la station d'AMBOHIDRANO au cours de la période 1966-71 a permis la constitution d'un échantillon de 39 maximums de crues supérieures à 5 m³/s (débit maximal connu 65,7 m³/s).

1250101215 - L'ANDROMBA A TSINJONY (A = 350 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

L'extrapolation de type logarithmique est relativement faible (de 4,48m à 5,75m) et s'appuie sur les deux plus forts jaugeages (89,5 et 185 m³/s correspondant respectivement à des hauteurs de 3,30 et de 4,65 m³/s).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1954-55	98	29/03/55 06h00	3,46	3rel
1955-56	112	28/01/56 12h00	3,68	3rel
1956-57	157	20/03/57 12h00	4,30	3rel
1957-58	168	24/01/58 12h00	4,44	3rel
1958-59	203	28/03/59 12h00	4,85	3rel
1959-60	107	09/01/60 12h00	3,60	3rel
1960-61	123	19/03/61 18h00	3,85	3rel
1961-62	126	27/12/61 06h00	3,90	3rel
1962-63	70	18/02/63 12h00	2,90	3rel
1963-64	93	05/02/64 12h00	3,37	3rel
1964-65	89	29/03/65 06h00	3,28	3rel
1965-66	67	07/12/65 06h00	2,83	3rel
1966-67	87	06/03/67 06h00	3,24	3rel
1967-68	63	19/12/67 06h00	2,75	3rel
1968-69	66	07/02/69 06h00	2,80	3rel
1969-70	91	03/01/70 18h00	3,33	3rel
1970-71	70	26/01/71 18h00	2,90	3rel
1971-72	(90)			

1972-73	(111)		
1973-74	(60)		
1974-75	(118)		
1975-76	(70)		
1976-77	294	5,75	PHE
1977-78	(76)		
1978-79	(50)		
1979-80	(88)		
1980-81			
1981-82	(168)		

EXTENSION DE L'ECHANTILLON DE CRUES

La qualité douteuse des relevés est à l'origine de l'abandon de cette station en 1971, au profit de celle de BEHENJY toute proche et mieux équipée.

A l'exception des plus hautes eaux consécutives au cyclone Emilie, relevées sur la plupart des stations des bassins des rivières SISAONY et ANDROMBA, les maximums annuels de la période 1971-82 ont été déduits (simple rapport des superficies) des relevés de la station de BEHENJY.

Année	TSINJONY	BEHENJY	
	Q m ³ /s	Hm	Q m ³ /s
1963-64	93	3,60	125
1964-65	89	2,95	77
1965-66	67	2,76	65
1966-67	87	3,17	93
1967-68	63	2,73	63
1968-69	66	2,82	69
1969-70	91	3,08	87
1970-71	70	2,67	60
1976-77	294	4,33	178

1250104503 - LA KATSOAKA A NIAKOTSOARANO (A = 563 Km²)

Les jaugeages réalisés entre 0,03 et 3,23m au cours de la période 1963-75 paraissent suffisants pour le tracé d'une courbe moyenne de hautes eaux, permettant une évaluation des débits maximums de crue à cette station, installée en amont de sa confluence avec l'ANDROMBA.

Un ordre de grandeur de la crue décennale a été assez grossièrement estimé par comparaison avec les débits maximums de l'ANDROMBA à TSINJONY et BEHENJY.

1250100203 - L'IKOPA A AMBOHIMANAMBOLA**MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE HAUTES EAUX**

L'étalonnage de hautes eaux de cette station peut être considéré comme complet, puisque le plus important jaugeage (11/02/1977 - H = 3,20m - Q = 331 m³/s) a été réalisé à une cote extrêmement proche du maximum connu (3,29m) de la période 1959-82.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1956-57	89	21/12/56 12h00	1,50	3rel
1957-58	190	25/01/58 12h00	2,48	3rel
1958-59			Rupture digue - H= 4,00m?	
1959-60	86	24/01/60 12h00	1,46	3rel
1960-61	114	05/01/61 06h00	1,84	3rel
1961-62	70	07/12/61 12h00	1,23	3rel
1962-63	157	18/02/63 21h00	2,24	3rel
1963-64	122	10/03/64 18h00	1,96	3rel
1964-65	125	23/01/65 18h00	2,00	3rel
1965-66	89	22/12/65 18h00	1,50	3rel
1966-67	104	08/03/67 06h00	1,70	3rel
1967-68	109	18/02/68 18h00	1,77	3rel
1968-69	124	10/02/69 18h00	1,99	3rel
1969-70	137	05/01/70 18h00	2,09	3rel
1970-71	193	28/01/71 21h00	2,50	3rel
1971-72	228	16/02/72	2,72	
1972-73	212	25/02/73 18h00	2,62	3rel
1973-74	70	08/01/74 06h00	1,23	3rel
1974-75	342	14/03/75 06h00	3,35	3rel
1975-76	100	17/11/75 12h00	1,55	3rel
1976-77	350		3,29	PHE
1977-78				
1978-79	71	13/02/79 18h00	1,14	3rel
1979-80	124	22/01/80 12h00	1,88	3rel
1980-81				
1981-82	291	10/03/82	3,00	PHE

VALIDITE DE L'ECHANTILLON DE CRUES

De par sa situation, directement en aval d'un premier endiguement rive gauche, et en aval des barrages de MANTASOA et de TSIAZOMPANIRY (sur les branches mères de l'IKOPA) et des usines hydroélectriques d'ANTELOMITA 1 et 2, les relevés de cette station sont difficilement exploitables.

L'échantillon de crue de la période 1959-80 pourrait être utilisé à condition de pouvoir vérifier les manoeuvres de TSIAZOMPANIRY (les eaux du lac de MANTASOA sont entièrement dérivées vers le bassin du MANGORO depuis 1958).

L'évaluation du maximum de crue de l'année 1958-59 est extrêmement difficile, en raison de la rupture (après submersion ?) de la digue d'AMBOHIMANAMBOLA (nuit du 27 au 28/03/1959).

1250100212 - L'IKOPA A ANOSIZATO

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

Plus accessible que MAHITSY-KELY, cette station a été beaucoup mieux suivie (plus fort débit mesuré 238 m³/s pour une cote à l'échelle de 3,71m), mais s'est révélée malheureusement non univoque (trop faible pente d'écoulement entre TANJOMBATO et MAHITY-KELY).

En s'appuyant sur les quelques jaugeages effectués lors du maximum, la courbe de tarage pour un régime uniforme a été tracée afin d'évaluer les débits maximums de très hautes eaux. L'extrapolation demeure très faible.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1958-59	330		4,50	
1959-60				
1960-61				
1961-62				
1962-63				
1963-64				
1964-65				
1965-66				
1966-67			2,38	
1967-68			2,07	
1968-69	149	11/02/69 06h00	2,66	3rel
1969-70	162	06/01/70 06h00	2,82	3rel
1970-71	187	29/01/71 12h00	3,10	3rel
1971-72	202	16/02/72 18h00	3,26	3rel
1972-73	196	26/02/73 12h00	3,20	3rel
1973-74	84	07/01/74 18h00	1,72	3rel
1974-75	237	14/03/75 18h00	3,64	3rel
1975-76				
1976-77	245	12/02/77 12h00	3,72	3rel
1977-78				
1978-79				
1979-80				
1980-81				
1981-82	251		3,78	

1250100233 - L'IKOPA A MAHITSY-KELY (A = 1684 Km²)**MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX**

L'évaluation des débits de hautes eaux s'appuie sur les jaugeages souvent incomplets (débits des canaux rive gauche rarement comptabilisés), réalisés jusqu'à la cote 3,32m (143 m³/s), ainsi que sur la corrélation entre les maximums de crue relevés à MAHITSY-KELY et à ANOSIZATO, station située 10 Km plus en amont.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1947-48	208	31/01/48 12h00	3,71	Min
1948-49	69	25/02/49 12h00	2,18	Min
1949-50	124	27/03/50 18h00	3,12	3rel
1950-51	130	20/01/51 06h00	3,18	3rel
1951-52	130	31/01/52 18h00	3,48	3rel
1952-53	106	12/03/53 06h00	3,18	3rel
1953-54	250	17/01/54 12h00	4,20	3rel
1954-55	117	14/01/55 12h00	3,33	3rel
1955-56	127	09/02/56 18h00	3,45	3rel
1956-57	107	07/02/57 18h00	3,20	3rel
1957-58	141	26/01/58 06h00	3,60	3rel
1958-59	(360)			
1959-60	119	25/01/60 18h00	3,05	3rel
1960-61	128	06/01/61 12h00	3,16	3rel
1961-62	71	08/12/61 06h00	2,22	3rel
1962-63	140	19/02/63 18h00	3,29	3rel
1963-64	113	11/03/64 06h00	2,98	3rel
1964-65	132	24/01/65 18h00	3,20	3rel
1965-66	93	03/01/66 18h00	2,68	3rel
1966-67	119	08/03/67 18h00	3,05	3rel
1967-68	98	19/02/68 12h00	2,62	3rel
1968-69	146	10/02/69 06h00	3,20	3rel
1969-70	168	06/01/70 06h00	3,38	3rel
1970-71	194	29/01/71 18h00	3,50	3rel
1971-72	225	16/02/72 18h00	3,64	3rel
1972-73	203	26/02/73 12h00	3,54	3rel
1973-74	86	09/01/74 06h00	2,40	3rel
1974-75	258	15/03/75 06h00	3,79	3rel
1975-76				
1976-77	301	12/02/77 18h00	3,94	3rel

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE ET ECHANTILLON DE CRUES

La seule crue dont le calage est possible (3,97m dans le système de l'échelle EDF - Q = 265 m³/s) est celle de 1940-41, donnée dans un rapport d'activité pour 1948-50 (archives Travaux Publics) comme "la plus forte crue connue depuis au moins 10 ans".

D'autres crues, probablement aussi violentes, sont signalées sur l'IKOPA
 -en janvier 1910 (?) et en janvier-février 1917 ("crues énormes")
 -en 1921 (crue sur l'IKOPA aussi forte qu'en 1954 d'après H. PELLERAY).

La taille de l'échantillon et le nombre de renseignements ne sauraient faire oublier
 -que le débit maximal (1958-59) a été évalué à partir d'ANOSIZATO,
 -que cette station contrôle l'IKOPA dans la plaine d'ANTANANARIVO, en amont de grandes
 confluences (MAMBA, SISAONY, ANDROMBA) et après 25 Km d'endiguements, où des
 brèches se produisent à chaque forte crue, suivant l'état des digues et l'importance de
 l'évènement.

1250100224 - L'IKOPA A BEVOMANGA (A = 4194 Km²)

EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

L'extrapolation est relativement faible, tant pour la station de BEVOMANGA Amont
 que pour BEVOMANGA Aval : De 3,22 à 4,65m, dans le dernier système de référence connu
 (à partir du 18/11/1959) pour BEVOMANGA Aval.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1948-49	255	20/03/49 12h00	2,58	3rel
1949-50	249	28/03/50 06h00	2,53	3rel
1950-51	323	21/01/51 18h00	3,08	3rel
1951-52	408	07/02/52 06h00	3,80	3rel
1952-53	306	14/03/53 12h00	3,17	3rel
1953-54	304	18/01/54 12h00	3,20	3rel
1954-55	302	15/01/55 12h00	3,18	3rel
1955-56	326	11/02/56 18h00	3,34	3rel
1956-57	408	29/03/57 18h00	3,84	3rel
1957-58	393	29/01/58 18h00	3,76	3rel
1958-59	642		4,90	PHE
1959-60	300	26/01/60 18h00	2,93	3rel
1960-61	343	10/01/61 12h00	3,21	3rel
1961-62	205	18/12/61 06h00	2,19	3rel
1962-63	318	20/02/63 06h00	3,05	3rel
1963-64	345	15/02/64 06h00	3,22	3rel
1964-65	367	03/02/65 06h00	3,36	3rel
1965-66	243	04/01/66 06h00	2,49	3rel
1966-67	358	09/03/67 06h00	3,30	3rel
1967-68	227	21/12/67 12h00	2,36	3rel
1968-69	364	12/02/69 06h00	3,34	3rel
1969-70	484	07/01/70 18h00	3,97	3rel
1970-71	377	01/02/71 18h00	3,42	3rel
1971-72	400	17/02/72 12h00	3,56	3rel
1972-73	364		3,34	Min
1973-74				
1974-75	372		3,39	

1250100233 - L'IKOPA A MAHITSY-KELY (A = 1684 Km²)**MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX**

L'évaluation des débits de hautes eaux s'appuie sur les jaugeages souvent incomplets (débits des canaux rive gauche rarement comptabilisés), réalisés jusqu'à la cote 3,32m (143 m³/s), ainsi que sur la corrélation entre les maximums de crue relevés à MAHITSY-KELY et à ANOSIZATO, station située 10 Km plus en amont.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1947-48	208	31/01/48 12h00	3,71	Min
1948-49	69	25/02/49 12h00	2,18	Min
1949-50	124	27/03/50 18h00	3,12	3rel
1950-51	130	20/01/51 06h00	3,18	3rel
1951-52	130	31/01/52 18h00	3,48	3rel
1952-53	106	12/03/53 06h00	3,18	3rel
1953-54	250	17/01/54 12h00	4,20	3rel
1954-55	117	14/01/55 12h00	3,33	3rel
1955-56	127	09/02/56 18h00	3,45	3rel
1956-57	107	07/02/57 18h00	3,20	3rel
1957-58	141	26/01/58 06h00	3,60	3rel
1958-59	(360)			
1959-60	119	25/01/60 18h00	3,05	3rel
1960-61	128	06/01/61 12h00	3,16	3rel
1961-62	71	08/12/61 06h00	2,22	3rel
1962-63	140	19/02/63 18h00	3,29	3rel
1963-64	113	11/03/64 06h00	2,98	3rel
1964-65	132	24/01/65 18h00	3,20	3rel
1965-66	93	03/01/66 18h00	2,68	3rel
1966-67	119	08/03/67 18h00	3,05	3rel
1967-68	98	19/02/68 12h00	2,62	3rel
1968-69	146	10/02/69 06h00	3,20	3rel
1969-70	168	06/01/70 06h00	3,38	3rel
1970-71	194	29/01/71 18h00	3,50	3rel
1971-72	225	16/02/72 18h00	3,64	3rel
1972-73	203	26/02/73 12h00	3,54	3rel
1973-74	86	09/01/74 06h00	2,40	3rel
1974-75	258	15/03/75 06h00	3,79	3rel
1975-76				
1976-77	301	12/02/77 18h00	3,94	3rel

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE ET ECHANTILLON DE CRUES

La seule crue dont le calage est possible (3,97m dans le système de l'échelle EDF - Q = 265 m³/s) est celle de 1940-41, donnée dans un rapport d'activité pour 1948-50 (archives Travaux Publics) comme "la plus forte crue connue depuis au moins 10 ans".

D'autres crues, probablement aussi violentes, sont signalées sur l'IKOPA
 -en janvier 1910 (?) et en janvier-février 1917 ("crues énormes")
 -en 1921 (crue sur l'IKOPA aussi forte qu'en 1954 d'après H. PELLERAY).

La taille de l'échantillon et le nombre de renseignements ne sauraient faire oublier
 -que le débit maximal (1958-59) a été évalué à partir d'ANOSIZATO,
 -que cette station contrôle l'IKOPA dans la plaine d'ANTANANARIVO, en amont de grandes
 confluences (MAMBA, SISAONY, ANDROMBA) et après 25 Km d'endiguements, où des
 brèches se produisent à chaque forte crue, suivant l'état des digues et l'importance de
 l'évènement.

1250100224 - L'IKOPA A BEVOMANGA (A = 4194 Km²)

EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

L'extrapolation est relativement faible, tant pour la station de BEVOMANGA Amont
 que pour BEVOMANGA Aval : De 3,22 à 4,65m, dans le dernier système de référence connu
 (à partir du 18/11/1959) pour BEVOMANGA Aval.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1948-49	255	20/03/49 12h00	2,58	3rel
1949-50	249	28/03/50 06h00	2,53	3rel
1950-51	323	21/01/51 18h00	3,08	3rel
1951-52	408	07/02/52 06h00	3,80	3rel
1952-53	306	14/03/53 12h00	3,17	3rel
1953-54	304	18/01/54 12h00	3,20	3rel
1954-55	302	15/01/55 12h00	3,18	3rel
1955-56	326	11/02/56 18h00	3,34	3rel
1956-57	408	29/03/57 18h00	3,84	3rel
1957-58	393	29/01/58 18h00	3,76	3rel
1958-59	642		4,90	PHE
1959-60	300	26/01/60 18h00	2,93	3rel
1960-61	343	10/01/61 12h00	3,21	3rel
1961-62	205	18/12/61 06h00	2,19	3rel
1962-63	318	20/02/63 06h00	3,05	3rel
1963-64	345	15/02/64 06h00	3,22	3rel
1964-65	367	03/02/65 06h00	3,36	3rel
1965-66	243	04/01/66 06h00	2,49	3rel
1966-67	358	09/03/67 06h00	3,30	3rel
1967-68	227	21/12/67 12h00	2,36	3rel
1968-69	364	12/02/69 06h00	3,34	3rel
1969-70	484	07/01/70 18h00	3,97	3rel
1970-71	377	01/02/71 18h00	3,42	3rel
1971-72	400	17/02/72 12h00	3,56	3rel
1972-73	364		3,34	Min
1973-74				
1974-75	372		3,39	

1975-76 1976-77	534		4,19
--------------------	-----	--	------

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Les données recueillies sont malheureusement trop partielles pour cette station où des observations et des mesures sont connues depuis 1931.

Le jaugeage de 540 m³/s réalisé le 13/02/1932 a permis à la mission d'EDF de 1948-49, d'estimer les débits maximums des années 1931-32 (600 m³/s) et 1941-42 (380 m³/s).

Des "dégâts de crues énormes en janvier-février 1917" ont été également signalés dans la plaine d'ANTANANARIVO.

En l'absence d'éléments plus précis, les maximums des années 1958-59, 1931-32, 1981-82 et 1976-77 peuvent être considérés comme les plus importants de la période 1930-83.

1250906503 - L'AMBOROMPOTSY A ANTSAMPANDRANO (A = 95,0 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

L'extrapolation assez forte s'appuie sur les jaugeages de moyennes et hautes eaux réalisés en décembre 1957 et janvier 1958 entre 0,69 et 1,225 m à l'ancienne échelle amont, pour des débits allant de 2,52 à 16,9 m³/s.

Les relevés hauteurs sont ceux de l'échelle amont pour les périodes 1957-66 et 1978-79 et ceux de l'échelle aval (ou échelle limnigraphie) du 29 juin 1967 à janvier 1976.

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1957-58	30	02/03/58 06h00	1,50	3rel
1958-59	33	28/03/59 12h00	1,55	3rel
1959-60	18	08/01/60 18h00	1,23	3rel
1960-61	68	01/01/61 18h00	1,99	3rel
1961-62	18	13/12/61 06h00	1,26	3rel
1962-63	18	08/01/63 18h00	1,25	3rel
1963-64	18	18/12/63 06h00	1,25	3rel
1964-65	21	23/01/65 06h00	1,32	3rel
1965-66	8	26/02/66 06h00	0,94	3rel
1966-67	13	05/03/67 18h00	1,30	3rel
1967-68	10	23/01/68 18h00	1,10	3rel
1968-69	22	11/02/69 06h00	1,70	3rel
1969-70	26	06/01/70 18h00	1,80	3rel
1970-71	24	28/02/71 18h00	1,76	Lim
1971-72	16	15/02/72 06h00	1,46	3rel
1972-73	27	01/04/73 00h00	5,86	3rel
1973-74	17	27/11/73 18h00	5,50	3rel
1974-75	15	10/03/75 06h00	5,40	3rel
1975-76	11	06/01/76 06h00	5,19	3rel
1976-77				

1977-78	(16)	29/01/78 06h00	7,20	Min
1978-79	(23)	20/02/79 18h00	7,35	3rel

1250902010 - L'ONIVE A TSINJOARIVO (A = 3200 Km²)

MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX

La nature du contrôle (seuil et chute de TSINJOARIVO) garantit la stabilité de cette station dont la courbe d'étalonnage peut être tracée sans grande extrapolation jusqu'à 3,44m (plus fort jaugeage à 2,81m pour 420 m³/s)

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1963-64	405	13/02/64 06h00	2,75	3rel
1964-65	364	25/01/65 06h00	2,58	3rel
1965-66	277	04/01/66 06h00	2,21	3rel
1966-67	351	07/03/67 18h00	2,53	3rel
1967-68	313	26/11/67 12h00	2,37	3rel
1968-69	509	12/02/69 06h00	2,95	3rel
1969-70	457	05/01/70 06h00	2,85	3rel
1970-71	383	31/01/71 06h00	2,66	3rel
1971-72	334	15/02/72 18h00	2,46	3rel
1972-73	628	01/03/73 12h00	3,31	3rel
1973-74	318	20/03/74 06h00	2,39	3rel
1974-75	488	19/02/75 06h00	2,91	3rel
1975-76	310	23/12/75 18h00	2,36	3rel
1976-77	667	04/02/77	3,44	3rel
1977-78	236	30/01/78	2,02	3rel
1978-79	325	16/02/79	2,42	3rel
1979-80	640	23/01/80	3,35	3rel

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Ils proviennent essentiellement des archives des Travaux Publics et consistent en relevés et mesures réalisés entre 1924 et 1927.

Le recalage de l'ancienne échelle d'après les résultats de jaugeages, permet l'estimation des débits maximums pour les années 1924-25 (380 m³/s), 1925-26 (420 m³/s) et 1926-27 (610 m³/s).

1250900110 - LE MANGORO A MANGORO (A = 3600 Km²)**MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX**

L'extrapolation de type logarithmique qui a été menée jusqu'à 2750 m³/s est malheureusement assez forte et ne s'appuie que sur les jaugeages réalisés entre 2,86m (Q = 266 m³/s) et 5,20m (Q = 850 m³/s).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1956-57	340	06/02/57 06h00	3,28	3rel
1957-58				
1958-59	2750		9,85	PHE
1959-60	157	26/03/60 12h00	2,29	Min
1960-61	312	04/01/61 06h00	3,15	3rel
1961-62	377	27/12/61 18h00	3,45	3rel
1962-63	270	03/01/63 06h00	2,95	3rel
1963-64	659	09/03/64 18h00	4,52	3rel
1964-65	839	04/02/65 12h00	5,15	3rel
1965-66	275	11/12/75 12h00	2,98	3rel
1966-67	529	07/03/67 18h00	4,05	3rel
1967-68	351	31/12/67 06h00	3,33	3rel
1968-69	413	18/12/68 06h00	3,60	3rel
1969-70	355	02/02/70 06h00	3,35	3rel
1970-71	482	29/01/71 06h00	3,87	3rel
1971-72	1080	16/02/72 12h00	5,85	3rel
1972-73	1080	01/03/73 06h00	5,86	3rel
1973-74	393	09/01/74 18h00	3,52	3rel
1974-75	1850	13/03/75 18h00	7,80	PHE
1975-76	349	01/01/76 00h00	3,32	3rel
1976-77	645	26/02/77	4,45	PHE
1977-78	275	02/02/78 06h00	2,98	3rel
1978-79	243	14/02/79	2,81	3rel

RESULTATS DE L'ENQUETE HISTORIQUE

Les seuls renseignements obtenus (archives FOM) ne concernent que le cyclone de 1905 (bien connu sur l'ALAO TRA), dont la crue (5,00m) aurait "submergé la case du bac du MANGORO sur la route de TAMATAVE", soit une hauteur à l'échelle actuelle 6,00m.

1250900105 - LE MANGORO A AMBODIMANGA (A = 4735 Km²)**MODE D'EVALUATION DES DEBITS DE TRES HAUTES EAUX**

Si la station peut être considérée comme très stable en moyennes et hautes eaux (rapides et chute), l'extrapolation de type logarithmique est très forte et ne s'appuie que sur les jaugeages de février 1964 réalisés entre 4,09m (Q = 160 m³/s) et 4,94m (Q = 321 m³/s).

MAXIMUMS ANNUELS DE CRUES

Année	Q m ³ /s	Date	Hm	Obs.
1963-64	966	10/03/64 06h00	7,35	Min
1964-65	948	04/02/65 18h00	7,28	3rel
1965-66	389	12/12/65 06h00	5,20	3rel
1966-67	753	08/03/67 06h00	6,56	3rel
1967-68	545	17/01/68 06h00	5,79	3rel
1968-69	563	18/12/68 12h00	5,86	3rel
1969-70	547	04/01/70 06h00	5,80	3rel
1970-71	774	29/01/71 06h00	6,64	3rel
1971-72	1270	16/02/72 18h00	8,50	3rel
1972-73	1150	01/03/73 06h00	8,05	3rel
1973-74	466	10/01/74 18h00	5,50	3rel
1974-75	1380	16/03/75 06h00	8,94	3rel

EXTENSION DE L'ECHANTILLON DE CRUES

Doublant la station de MANGORO Gare, l'échelle d'AMBODIMANGA n'a plus été contrôlée après mai 1973 et il est probable que la crue consécutive au cyclone Inès (14-15/03/1975) a dépassé (largement ?) la cote 8,94m et 1380 m³/s (1850 m³/s à MANGORO Gare).

BIBLIOGRAPHIE CHAPITRE I

1 - Fichiers de la Météorologie Nationale
Serv. Météo. ANTANANARIVO

2 - Fichiers de la Division d'Hydrométéorologie
Serv. Météo. ANTANANARIVO

3 - Fichiers du Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM
ORSTOM MONTPELLIER

4 - 1963 MORVANT G., REY A.
ANTELOMITA I. Etalonnage du barrage
SOGREAH - TP, Rapport R 8492, 7 p. + Graph. + Photos

5 - 1965 ALDEGHERI M., OBERLIN G.
Bassins versants expérimentaux de l'ANKABOKA
ORSTOM, Rapport multigr. 38 p., 36 graph. + ann.

6 - 1968 BAILLY C., BENOIT DE COGNAC G., DE VERGNETTE J.
Etude de l'économie de l'eau à ANTANIMORA. Bassins versants expérimentaux de TSI-MANDAHA et IANAMOLORA. Campagnes 1964-65, 1965-66, 1966-67
CTFT - MAER, rapport multigr. 32 p. + ann.

7 - 1968 ALDEGHERI M.,POURRUT P.

Etudes hydrologiques sur le bassin versant représentatif de la TAFAINA. Résultats des campagnes de 1962-63 à 1965

ORSTOM, Rapport multigr., 2t.

8 - 1969 BILLON B.

Etude des crues exceptionnelles du bas-MANGOKY

ORSTOM, Rapport multigr., 27 p., 9 fig.

9 - 1969 BILLON B.

Corrélations entre échelles de la basse-TSIRIBIHINA. Dates d'exondation des terrains et durée de submersion en saison des pluies

ORSTOM, Rapport multigr., 6 p., 6 tabl., 6 fig.

10 - 1969 BILLON B.

Etude des crues exceptionnelles du bas-MANGOKY

Bull. de Madagascar n° 282

11 - 1969 BILLON B.,MLATAC N.

Etudes hydrologiques sur le bassin de la MORONDAVA

ORSTOM - PNUD FAO, Rapport multigr., 106 p., fig., tabl., cartes

12 - 1969 CHOURET A.

Etudes hydrologiques en vue du franchissement de la BETSIBOKA par la route TANANARIVE-MAJUNGA

ORSTOM - BCEOM, Rapport multigr., 21 p., 2 tabl., 6 fig. + ann.

13 - 1969 BILLON B.

Note complémentaire sur les études hydrologiques en vue du franchissement de la BETSIBOKA par la route TANANARIVE MAJUNGA

ORSTOM - BCEOM

14 - 1970 BILLON B.

Etudes hydrologiques sur le bas-MANGOKY (réévaluation des crues de fréquence rare)

ORSTOM, Rapport multigr., 71 p., 52 fig., tabl.

15 - 1970 DANLOUX J.

Etudes hydrologiques dans la région de BEFANDRIANA-MANDRITSARA Résultats de la campagne 1968-1969

ORSTOM - MAER, Rapport multigr. 75 p., 50 fig. + 2 ann.

16 - 1971 A.

Projet de développement agricole de la plaine de MORONDAVA. Climatologie-hydrologie.

AHT/SATEC - PNUD FAO. Rapport technique 16, Rapport multigr.

17 - 1972 A.

Projet de développement agricole de la plaine de MORONDAVA. Climatologie-hydrologie.

Synthèse hydrologique

AHT/SATEC - PNUD FAO - Rapport technique 33, Rapport multigr., 83 p. + ann.

18 - 1972 A.

Cuvette de DIDY. Etude hydrologique

SCET Inter. - MDR, Rapport multigr. 77 p., fig.

19 - 1972 BILLON B., GERBIER A.

Etude des variations du fond du lit du MANGOKY au voisinage de TANANDAVA. Campagne 1972

ORSTOM - MAER, Rapport multigr., 19 p., fig., tabl., carte

20 - 1972 CHAPERON P., DUBREUIL P., GUISCAFRE J., HERBAUD J.

Recueil des données de base des bassins représentatifs et expérimentaux - Années 1951-1969
ORSTOM

21 - 1973 A.

Cuvette de DIDY. Mesures hydroclimatologiques. Décembre 1970 - Juin 1973

SCET - MDR, Rapport multigr., 115 p., tabl., 4 fig.

22 - 1973 GOUYET R.

Etudes hydrologiques dans la région de FARAFANGANA

Campagne 1971-1972

ORSTOM - MAERR, Rapport multigr., 54 p., 24 fig. + ann.

23 - 1974 DANLOUX J.

La NAMORONA à VOHIPARARA (ANDRIAMAMOVOKA)

Contribution à l'étude des crues

ORSTOM, Note dactyl. 5 p., 3 fig.

24 - 1974 DANLOUX J.

Contribution à l'étude hydrologique du haut et moyen MANDRARE

ORSTOM - MDR, Rapport multigr. 38 p., 12 fig. + 2 ann.

25 - 1975 DANLOUX J.

Etudes hydrologiques dans l'ANKAIZINA. Campagne 1973-1974

ORSTOM - MDR, Rapport multigr. 48 p., 22 fig. + 2 ann.

26 - 1975 DANLOUX J.

Franchissement de la SOFIA par la RN 6. Estimation de quelques caractéristiques hydrologiques

ORSTOM - DRST, Note multigr. 11 p., 5 fig.

27 - 1975 DANLOUX J.

Campagne de jaugeages sur la Plaine de TANANARIVE. Premiers résultats

ORSTOM - DRST, Note multigr. 12 p., 11 fig.

28 - 1976 POURRUT P.

Etude des bilans hydriques et de l'érosion sur le bassin versant représentatif de la TAFAINA (MADAGASCAR). Présentation des résultats et début d'interprétation. Campagnes 1966-67 à 1970-71

ORSTOM, Rapport multigr. 137 p.

29 - 1977 DANLOUX J.

Etudes hydrologiques dans l'ANKAIZINA. Campagnes 1974-1976

ORSTOM - SCET, Rapport multigr.

30 - 1978 A.

Etude hydrologique de la VOHITRA supérieure. Campagne 1977

DH - MRTT, Rapport multigr.

- 31 - 1978 DANLOUX J.
Etudes hydrologiques dans la région de MAINTIRANO. Rapport général de campagne 1977-78
ORSTOM - CENRADERU, Rapport multigr. 47 p., 11 pl. + 2 ann.
- 32 - 1978 DANLOUX J.
Franchissement de la rivière BEMARIVO au niveau d'AMPOMBITIKA - MATSABORY LEMBY. Evaluation de quelques caractéristiques hydrologiques
ORSTOM - SECMO, Note multigr. 9 p., 6 fig.
- 33 - 1978 DANLOUX J.
Etudes hydrologiques sur l'ALAOIRA. Rapport d'installation et de campagne 1976-1977
ORSTOM - MDRRA, Rapport multigr.
- 34 - 1979 A.
Etude hydrologique de la VOHITRA supérieure. Campagne 1978
DH - MEC, Rapport multigr.
- 35 - 1979 DANLOUX J.
La rivière ONIVE aux chutes de TSINJOARIVO. Quelques caractéristiques hydrologiques
ORSTOM, Note multigr., 4 p., 4 fig.
- 36 - 1979 DANLOUX J.
Etude hydrologique en vue du calcul des ponts de la RN 11 a BRICKAVILLE - VATO-MANDRY - MAHANORO. Compte-rendu des mesures et premiers résultats
ORSTOM - EEGC, Rapport multigr. 17 p., 16 fig.
- 37 - 1979 DANLOUX J.
Mise à jour des données des stations du réseau hydrologique national. Bassin MANDRARE. 1974-1975
ORSTOM - SEMA, Note multigr. 17 p., + 1 ann.
- 38 - 1979 DANLOUX J.
Projets FAD - Mises à jour et mesures hydrologiques pour la réalisation d'aménagements d'hydraulique agricole sur les périmètres d'ANTSAPAZANA, IFANJA Sud, BEMAHATA-ZANA et VONDROVE
ORSTOM - INFRAMAD, Note multigr. 10 p., 1 fig.
- 39 - 1980 DANLOUX J.
Vallées de la SASOMANGANA et de la RANOFOTSY. Etudes hydrologiques complémentaires : Intensités d'averses, fonctionnement hydraulique, PC 15, crues exceptionnelles HARAVE, SAHAMARO, ANDAVAHIRIKA
ORSTOM - SOGREA, Note multigr. 24 p., 10 fig.
- 40 - 1980 DANLOUX J.
Etude hydrologique en vue du calcul des ponts de la RN 11 a BRICKAVILLE - VATO-MANDRY - MAHANORO. Détermination des crues de projet
ORSTOM - EEGC, Note multigr. 18 p., 6 fig.
- 41 - 1980 DANLOUX J.
Etudes hydrologiques dans la région de SANDRANDAHY. Campagne 1980
ORSTOM - SECMO, Rapport dactyl. 38 p., 12 fig. + 2 ann.

42 - 1980 DANLOUX J.

Etudes hydrologiques dans la région de MAINTIRANO. Campagnes 1977-78 et 1978-79.
Rapport général

ORSTOM - CENRADERU, Rapport dactyl. 62 p., 28 fig. + 2 ann.

43 - 1980 GOUYET R.

Monographie hydrologique des régimes malgaches. Préparation des dossiers hydrométriques.
Stations de la côte Est

ORSTOM, Rapport multigr.

44 - 1980 GOUYET R.

Monographie hydrologique des régimes malgaches. Préparation des dossiers hydrométriques.
Stations du Sud-Est

ORSTOM, Rapport multigr.

45 - 1981 A.

Etude hydrologique de la VOHITRA supérieure (ANKORAOTRA). Campagne 1980-1981
DH - JIRAMA, Rapport multigr.

46 - 1981 BAUDUIN D.

Etude d'hydrologie à usage agricole. Rapport d'installation et premières mesures

ORSTOM - MPARA, Rapport multigr.

47 - 1981 DANLOUX J.

Evaluation de certaines contraintes hydrologiques pour la réalisation d'aménagements de microhydraulique sur les Hauts-Plateaux de l'IMERINA et du BETSILEO

ORSTOM - MHL, Rapport multigr. 116 p., 27 fig. + 3 ann. + 1 pl. h.t.

48 - 1981 DANLOUX J.

Etudes hydrologiques sur l'ALAOTRA. Mesures 1976-1980

ORSTOM - MDRRA, Rapport multigr. 107 p. dont 34 fig.

49 - 1982 BAUDUIN D.

Etude d'hydrologie à usage agricole. Année hydrologique 1980-1981

ORSTOM - MPARA, Rapport multigr.

50 - 1982 BAUDUIN D.

La TSIRIBIHINA à BETOMBA. Etude hydrologique

ORSTOM - MPARA, Rapport multigr.

51 - 1983 BAUDUIN D.

Etude d'hydrologie à usage agricole. Année hydrologique 1981-1982

ORSTOM - MPARA, Rapport multigr.

52 - 1984 BAUDUIN D.

Etude d'hydrologie à usage agricole. Année hydrologique 1982-1983

ORSTOM - MPARA, Rapport multigr.

53 - 1984 BAUDUIN D.

Hydrologie du lac ALAOTRA. Données hydrologiques de Novembre 1983 à Avril 1984

ORSTOM - MPARA, Rapport multigr. 44 p. + ann.

54 - 1985 FERRY L.

Etudes hydrologiques dans la région du lac ALAOTRA. Installations et mesures : période du 1er Mai 1984 au 30 Avril 1985

ORSTOM - SOMALAC, Rapport multigr. 186 p. et fig.

55 - 1986 FERRY L.

Etudes hydrologiques dans la région du lac ALAOTRA. L'ANDRANOBE au pont FANALAMANGA. Observations de terrain et actualisation des résultats

ORSTOM - MPARA, Rapport multigr.

56 - 1986 FERRY L.

Etudes hydrologiques dans la région du lac ALAOTRA. La SAHAMILAHY à MAHERIARA. Observations de terrain et actualisation des résultats

ORSTOM - MPARA, Rapport multigr.

57 - 1987 ALDEGHERI M.

Contribution à l'étude des régimes hydrologiques malgaches

ORSTOM, Rapport inédit 2 vol.

58 - 1987 BAUDUIN D.,SERVAT E.

Etude d'hydrologie à usage agricole. Rapport de synthèse

ORSTOM - MPARA, Rapport multigr., 3 t.

59 - 1987 FERRY L.

Etudes hydrologiques dans la région du lac ALAOTRA. Les débits du MANINGORY à ANDROMBA. Observations de terrain et actualisation des résultats

ORSTOM - MPARA, Rapport multigr.

CHAPITRE II

DISTRIBUTION DES MAXIMUMS ANNUELS DE CRUE

II. 1 - ECHANTILLONNAGE

La qualité de l'information débits ne permettant guère leur exploitation complète avec la constitution d'un échantillon de crues indépendantes et supérieures à un seuil donné, seul un échantillonnage chronologique fixe (année hydrologique comptée pour MADAGASCAR de novembre à octobre) des maximums annuels était possible.

Cette méthode, qui présente le double inconvénient de réduire la taille de l'échantillon et de rejeter un certain nombre de valeurs fortes survenues la même année (la crue de 6850 m³/s sur le MANDRARE à AMBOASARY-Sud consécutive au cyclone Jane le 25/02/1970 oblitère ainsi une crue à 3400 m³/s due au cyclone Genevière le 18/01/1970), a quand même l'avantage, en ne prenant qu'un faible nombre de crues de ne retenir, même pour les stations du Sud, qu'une population assez homogène (crues liées en majeure partie au passage des cyclones et dépressions tropicales).

Pour les bassins versants représentatifs bien contrôlés mais suivis sur une courte période ce sont les plus fortes valeurs des maximums de crues indépendantes qui ont été retenues.

II. 2 - DISTRIBUTIONS STATISTIQUES

L'arsenal des lois statistiques est important, même parmi les lois à dissymétrie positive utilisées pour représenter la distribution des maximums annuels (nombre de crues inférieures à la moyenne plus important que le nombre de crues supérieures à celle-ci, concavité de la courbe vers les débits croissants), et dont 5 ont été retenues ici pour les ajustements :

- Loi de Pearson III ou loi gamma incomplète.
- Loi de Gibrat-Gauss, ou loi de Galton ou Log normale, avec comme échelle de probabilité la variable réduite de Gauss et en échelle de valeurs Log Q.
- Loi de Gumbel, avec comme échelle de probabilité $u = -\ln(-\ln F)$.
- Loi de Frechet, avec comme échelle de probabilité celle de la loi de Gumbel et en échelle de valeurs ln Q.
- Loi de Goodrich (loi exponentielle), avec comme échelle de probabilité $u = -\ln(1-F)$.

Ce sont les programmes d'ajustement et de test établis pour ces 5 lois par Y. BRUNET-MORET [1,2,3], qui ont été utilisés pour le calcul des débits de crue de fréquences de dépassement $F = 0.5, 0.2, 0.1, 0.02$ et 0.01 .

La loi Log normale étant souvent utilisée, les valeurs calculées ($T = 2, 5, 10, 50$ et 100 ans) pour celle-ci et pour la loi la mieux adaptée sont toutes présentées (paragraphe II.7), sauf quand elle diffère notablement (résultats parfois excessifs avec la loi de Galton pour les crues cinquantennale et centennale).

2.3. - UTILISATION DE L'INFORMATION HISTORIQUE

L'extrapolation directe de ces courbes, apparemment bien ajustées à des séries malheureusement trop courtes, pouvant se révéler extrêmement dangereuse, l'information supplémentaire fournie par les enquêtes a été utilisée pour la réévaluation des crues de période de retour $T \geq 10$ ans.

Etant donné la qualité souvent moyenne de ces relevés (échantillon et crues anciennes), un simple report graphique sur le meilleur ajustement a permis ces vérifications, après que ces événements aient été restitués sur une plus longue période.

Ainsi pour le SAMBIRANO à AMBANJA, les 6 valeurs les plus importantes de la période 1924-83 ($N = 59$ ans) s'échelonnent entre 8000 et 4970 m³/s, pour des fréquences expérimentales comprises entre 0,5/59 et 5,5/59.

Ces points, reportés sur le graphique correspondant à la loi la mieux ajustée (dans ce cas la loi de Goodrich) et se répartissant correctement, les valeurs calculées ont été conservées ($T_{100} = 8200$ m³/s)

IL4 - ESTIMATION DES DEBITS DECENNAUX DE CRUE EN CAS D'ECHANTILLONNAGE INSUFFISANT

Dans la mesure où il n'a pas été possible de disposer de l'information complète de certaines stations (fichiers non saisis, lacunes, relevés d'enquêtes exclusivement) et de constituer un échantillon minimal ($N < 10$), l'estimation de la crue décennale a été tirée de ces valeurs et des résultats (échantillon et étude statistique) obtenus à une station de référence, située sur la même rivière, le même sous-bassin ou dans la même zone.

IL5 - PERIODE DE RETOUR ET CALCUL DU RISQUE

La période de retour T d'une crue n'étant qu'une grandeur statistique, ne survenant pas T années après qu'une crue comparable se soit produite, les maîtres d'ouvrages, en reprenant les débits caractéristiques des crues fournis au paragraphe suivant, ne devraient pas oublier ce qui s'est produit sur le Bas-MANGOKY au cours de la période 1968-70.

En mars 1969, suite au passage du cyclone Dany, une crue évaluée à 22000 m³/s à la station du BANIAN, ravage la SAMANGOKY. Connue comme la plus importante de la période 1951-69, cette crue est estimée à l'époque avoir une période de retour de 25 (loi de Fréchet) à 28 ans (loi de Galton). Le 17 janvier de l'année suivante (cyclone Geneviève), une crue estimée à ...32.000 m³/s cause des dégâts considérables au périmètre.

Jusqu'en 1984, aucune crue importante n'ayant été signalée, les crues de 1968-69 et de 1969-70, considérées après enquête comme les troisième et première plus fortes crues de la période 1930-84 pourraient avoir, bien que survenues à 10 mois d'intervalle, des périodes de retour respectives de 23 et de 83 ans.

II.6 - RESULTATS**REGION NORD EST****1253101205 - L'ANKAIBE A BETSAKOTSAKO**

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(275)		

REGION CENTRE EST**1251003205 - LA MANANONOKA A RN22**

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(180)		

1252800109 - L'IVONDRO A RINGARINGA

Taille de l'échantillon : 32

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Goodrich - Q m ³ /s	863	1767	2450	4040	4720
Loi Log normale - Q m ³ /s	830	1716	2545	5140	6630

1256602509 - LA VOHITRA A ROGEZ-ANDEKALEKA

Taille de l'échantillon : 43

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Gamma incomplète - Q m ³ /s	678	1693	2530	4570	5470
Loi Log normale - Q m ³ /s	581	1590	2830	8000	

1256602503 - LA VOHITRA A ANDEKALEKA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			3400		

1256600110 - LE RIANILA A FETRAOMBY

Taille de l'échantillon : 12

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Log normale - Q m ³ /s	2219	3812	5090	8470	10200
Réévaluation en tenant compte de l'information historique			4970	8000	8500

1256602005 - LA RONGARONGA A AMBINANINONY

Taille de l'échantillon : 12

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Gumbel - Q m ³ /s	757	1075	1285	1750	1950
Loi Log normale - Q m ³ /s	761	1079	1280	1710	1900

1256600105 - LE RIANILA A VOHIBINANY-BRICKAVILLE

Taille de l'échantillon : 17

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Gamma incomplète - Q m ³ /s	2770	4854	6340	9670	11100
Loi Log normale - Q m ³ /s	2550	4736	6730	12750	

1256601505 - LA IAROKA A AMPITABE

Taille de l'échantillon : 12

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Log normale - Q m ³ /s	1486	2350	2880	3960	4400
Réévaluation en tenant compte de l'information historique			2920	4210	4750

1256900101 - LE SAKANILA A TSARASAMBO

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(2500)	(4300)	

1254200101 - LE MANAMPOTSY A ILAKA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(2600)	(4700)	

REGION SUD-EST**1254500105 - LA MANANJARY A ANTSINDRA**

Taille de l'échantillon : 16

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Goodrich - Q m ³ /s	467	713	900	1330	1520
Loi Log normale - Q m ³ /s	445	692	940	1750	2250
Réévaluation en tenant compte de l'information historique			935	1560	1870

1254502003 - L'IVOANANA A FATIHITA

Taille de l'échantillon : 20

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	295	475	682	1650	2450
Loi Log normale - Q m ³ /s	298	491	685	1340	1730

1255600110 - LE NAMORONA A VOHIPARARA

Taille de l'échantillon : 28

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Log normale - Q m ³ /s	86	216	372	1005	1450
Réévaluation en tenant compte de l'information historique				860	1100

1252400115 - LE FARAONY A VOHILAVA

Taille de l'échantillon : 21

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	995	1654	2260	4290	5550
Loi Log normale - Q m ³ /s	999	1704	2300	3990	4900
Réévaluation en tenant compte de l'information historique				4150	5100

1255300101 - LA MATITANANA A MAHASOABE

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			3350	4200	5250

1250603005 - LA SAHAMBANO A SAHAMBANO

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(200)		

1250600105 - LA MANANARA-SUD A MAROANGATY

Taille de l'échantillon : 21

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	1248	1848	2330	3720	4470
Loi Log normale - Q m ³ /s	1232	1874	2390	3750	4440

1256201903 - L'EFAHO A FANJAHIRA

Taille de l'échantillon : 13

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	430	735	960	1540	1820
Loi Log normale - Q m ³ /s	421	745	987	1590	1880

REGION SUD**1250700109 - LE MANDRARE A ANDETSY**

Taille de l'échantillon : 25

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Goodrich - Q m ³ /s	106	270	420		
Loi Log normale - Q m ³ /s	94	260	450		

1250700106 - LE MANDRARE A ANDABOLAVA

Taille de l'échantillon : 29

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	691	1490	2510	8110	13350
Loi Log normale - Q m ³ /s	715	1610	2590	6180	8500

1250702206 - LA MANANARA A BEVIA

Taille de l'échantillon : 25

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	251	548	900	2620	4100
Loi Log normale - Q m ³ /s	265	607	950	2150	2900

1250700103 - LE MANDRARE A AMBOASARY-SUD

Taille de l'échantillon : 29

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Log normale - Q m ³ /s	2146	5072	8200	19450	26650
Réévaluation en tenant compte de l'information historique			8000	16000	19500

1253900115 - LA MANAMBOVO A TSIHOMBE

Taille de l'échantillon : 20

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	422	714	924	1440	1680
Loi Log normale - Q m ³ /s	425	726	934	1410	1630
Réévaluation en tenant compte de l'information historique			930	2010	2500

1255401505 - LA MENAKOMPY A ANDRIA(M)BE

Taille de l'échantillon : 10

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Log normale - Q m ³ /s	760	1250	1560	2200	

1255400108 - LA MENARANDRA A BEKILY

Taille de l'échantillon : 11

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	626	1140	1710	4200	6200
Loi Log normale - Q m ³ /s	621	1220	1840	4000	5300

1255400121 - LA MENARANDRA A TRANOROA

Taille de l'échantillon : 29

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	1507	2668	3590	6130	7450
Loi Log normale - Q m ³ /s	1491	2718	3660	6100	7250
Réévaluation en tenant compte de l'information historique					8250

REGION SUD-OUEST**1250804005 - L'IHOSY A IHOSY**

Taille de l'échantillon : 24

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Goodrich - Q m ³ /s	161	305	415	670	780
Loi Log normale - Q m ³ /s	150	295	435	890	1160
Réévaluation en tenant compte de l'information historique				845	1140

1250802805 - LA ZOMANDAO A ANKARAMENA

Taille de l'échantillon : 28

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Goodrich - Q m ³ /s	363	783	1160	2180	2660
Loi Log normale - Q m ³ /s	331	752	1280	3510	

1250801510 - LA MANANANTANANA A TSITONDROINA

Taille de l'échantillon : 18

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Gumbel - Q m ³ /s	1380	1687	1820	2010	2070
Loi Log normale - Q m ³ /s	1294	1678	1885	2250	2390

1250802010 - LA MATSIATRA A FANORO

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			780		

1250802015 - LA MATSIATRA A MALAKIALINA

Taille de l'échantillon : 11

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Goodrich - Q m ³ /s	2460	3875	4970	7560	8700
Loi Log normale - Q m ³ /s	2364	3735	5090	8210	9550

1250800105 - LE MANGOKY AU BANIAN

Taille de l'échantillon : 26

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	8410	13080	16900	27800	34000
Loi Log normale - Q m ³ /s	8470	13380	17100	26600	31000

1255501505 - LA BERITSOKA AU SITE DE BARRAGE

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(500)		

1255502015 - LA SAKAMALY A MIGODO

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(1700)		

1255500105 - LA MORONDAVA A DABARA

Taille de l'échantillon : 22

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	1580	2500	3820	12400	
Loi Log normale - Q m ³ /s	1620	2630	3790	8300	
Réévaluation en tenant compte de l'information historique			3600	8300	11000

1251305505 - LA SANDRANDAHY A SANDRANDAHY

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(150)		

1251306505 - LA SAHANIVOTRY AU PK 197,5

Taille de l'échantillon : 17

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	76	113	143	221	260
Loi Log normale - Q m ³ /s	76	115	144	215	248

1251305005 - LA MANANDONA A SAHANIVOTRY

Taille de l'échantillon : 17

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Gamma incomplète - Q m ³ /s	186	295	370	540	610
Loi Log normale - Q m ³ /s	174	290	390	680	840

1251302020 - LA MANIA A SANDRANDAHY

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(620)		

1251302005 - LA MANIA A FASIMENA

Taille de l'échantillon : 29

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	758	1260	1770	3800	5280
Loi Log normale - Q m ³ /s	771	1330	1840	3400	4300

1251302002 - LA MANIA A ANKOTROFOTSY

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(3700)		

1251304505 - LA MANAMBOLO A AMBATOLAHY

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(4800)		

1251302705 - LA SAKENY A ANDRAKETA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(3100)		

1251302505 - LA MAHAJILO A MIANDRIVAZO

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(5750)		

1251300110 - LA TSIRIBIHINA A BETOMBA

Taille de l'échantillon : 27

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	6820	11100	15000	28100	36300
Loi Log normale - Q m ³ /s	6950	11500	15300	25500	30100

1256103103 - LA KIMAZIMAZY A SOATANANA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(400)		

1256101503 - LA DEMOKA A BEVATRY

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(1200)		

1256101003 - LA NAMELA A ANTANANDAVA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(835)	(1160)	

REGION NORD-OUEST**1250400102 - LA MAHAVAVY SUD A MAROVATO**

Taille de l'échantillon : 16

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Gumbel - Q m ³ /s	1993	2730	3220	4290	4750
Loi Log normale - Q m ³ /s	1993	2730	3210	4250	4700

1250100230 - L'IKOPA A FIADANANA

Taille de l'échantillon : 18

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	1142	1610	1960	2920	3400
Loi Log normale - Q m ³ /s	1146	1630	1990	2850	3250

1250104005 - LA MAMOKOMITA A MAROHARANA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(940)		

1250100221 - L'IKOPA A ANTSATRANA

Taille de l'échantillon : 28

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	2559	3058	3420	4310	4750
Loi Log normale - Q m ³ /s	2561	3073	3430	4250	4600
Réévaluation en tenant compte de l'information historique				4550	5000

1250199021 - BVR AVAL ANKABOKA

Taille de l'échantillon : 47 crues sur 3 ans

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Log normale - Q m ³ /s	45	60	73	110	130

1250102005 - LA MAROVOAY A LA RN4

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(23)		

1250101805 - LA KARAMBO A BETSIREBIKA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(16)		

1250101605 - L'ISINKO A AMBODIROKA

Taille de l'échantillon : 17

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Log normale - Q m ³ /s	512	986	1440	2870	3700

1250100105 - LA BETSIBOKA A AMBODIROKA

Taille de l'échantillon : 18

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Goodrich - Q m ³ /s	4193	8380	12070	21900	26500
Loi Log normale - Q m ³ /s	3681	8070	14000	41500	
Réévaluation en tenant compte de l'information historique				21400	25300

1250101705 - LE KAMORO A LA RN4

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(4250)	(6750)	

1251203205 - LA SALOHY A ANDAMPIHELY

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(190)		

1251203005 - LA SANDRANGITA A KALANDY

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			300		

1251202001 - LA MANGARAHARA A MANDRITSARA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(610)	(1850)	

1251200101 - LA SOFIA A ANTAFIATSALANA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(940)		

1251200103 - LA SOFIA AU PONT DE LA RN6

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			7300		

1251201505 - LA BEMARIVO A ANDRANOMIDITRA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			4900	11000	

1250202510 - LA TSINJOMORONA A ANKOBABAKA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(620)		

1253400105 - LA MAHAVAVY NORD A AMBILOBE

Taille de l'échantillon : 28

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Log normale - Q m ³ /s	1265	2350	3350	6450	8250
Réévaluation en tenant compte de l'information historique			3500	8350	10750

1256001001 - LA MANANJEBAN A ANKATOTO

Taille de l'échantillon : 15

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Log normale - Q m ³ /s	482	826	1090	1750	2050
Réévaluation en tenant compte de l'information historique			1010	1390	1530

1257102003 - LA RAMENA A AMBODIMANGA

Taille de l'échantillon : 23

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Gamma incomplète - Q m ³ /s	867	1500	1930	2850	3250
Loi Log normale - Q m ³ /s	801	1480	2030	3550	4350

1257100103 - LE SAMBIRANO A AMBANJA

Taille de l'échantillon : 24

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Goodrich - Q m ³ /s	1546	3100	4280	7010	8200
Loi Log normale - Q m ³ /s	1193	3185	5850	18200	

HAUTS-PLATEAUX ET DEPRESSIONS INTERIEURES**1250204503 - LA BEALANANKELY A BETAINKANKANA**

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			150		

1250207005 - LA BEALANANA A AMBINANINDRANO

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(160)		

1250206505 - LA BEANDRAREZONA A BEANDRAREZONA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			365	(760)	(980)

1250204003 - L'ANTSAMAKA A ANTSAMAKA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			175		

1250202016 - LA MAEVARANO A BEROITRA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(160)		

1250202010 - LA MAEVARANO A ANTELOPOLO

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			245	260	

1250202007 - LA MAEVARANO A AMBODIVOHITRA AVAL

Taille de l'échantillon : 28

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	248	364	445	640	730
Loi Log normale - Q m ³ /s	249	366	445	620	700

1251001701 - LA RANOFOTSY A ANDILANATOBY

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			330		

1251003530 - LA SAHAMILAHY A MAHERIARA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(300)		

1251001210 - L'IVAKAKA A VOHIDIALA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(110)		

1251001010 - L'ANONY A AMBOHIBOANJO

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			565		

1251000101 - LE MANINGORY A ANDROMBA

Taille de l'échantillon : 36

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	171	277	363	610	740
Loi Log normale - Q m ³ /s	173	285	369	580	680
Réévaluation en tenant compte de l'information historique				705	860

1252800150 - L'IVONDRO A AMBODIFANA

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			115		

1250900110 - LE MANGORO A MANGORO GARE

Taille de l'échantillon : 21

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	439	809	1210	2950	4300
Loi Log normale - Q m ³ /s	453	861	1250	2460	3150

1250900105 - LE MANGORO A AMBODIMANGA

Taille de l'échantillon : 12

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Gamma incomplète - Q m ³ /s	750	1055	1250		
Loi Log normale - Q m ³ /s	728	1050	1290		

1250199052 - BVR SUD AMBATOMAINTY

Taille de l'échantillon : 17 crues sur 4 ans

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Log normale - Q l/s	785	1150	1500		

1250102311 - LA SISAONY A ANDRAMASINA

Taille de l'échantillon : 22

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	93	159	227	490	680
Loi Log normale - Q m ³ /s	94	166	232	430	550

1250100218 - L'IKOPA A ANTELOMITA 1

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(300)	(540)	

1250199012 - LA TAFAINA A AMBOHIDRANO

Taille de l'échantillon : 39 crues sur 5 ans

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Log normale - Q m ³ /s	33	43	52		

1250101215 - L'ANDROMBA A TSINJONY

Taille de l'échantillon : 26

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	91	129	163	270	340
Loi Log normale - Q m ³ /s	91	132	165	250	300

1250104503 - LA KATSOAKA A NIAKOTSOARANO

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Evaluation en tenant compte de l'information historique			(90)		

1250100233 - L'IKOPA A MAHITSY-KELY

Taille de l'échantillon : 28

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	133	186	227	340	400
Loi Log normale - Q m ³ /s	133	188	229	330	380

1250100224 - L'IKOPA A BEVOMANGA

Taille de l'échantillon : 25

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi Log normale - Q m ³ /s	331	409	457	560	600
Réévaluation en tenant compte de l'information historique			460	590	640

1250906503 - L'AMBOROMPOTSY A ANTSAMPANDRANO

Taille de l'échantillon : 19

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	19	28	35	56	68
Loi Log normale - Q m ³ /s	19	28	36	55	64

1250902010 - L'ONIVE A TSINJOARIVO

Taille de l'échantillon : 17

Période de retour - Tans	2	5	10	50	100
Loi de Frechet - Q m ³ /s	380	496	585	820	940
Loi Log normale - Q m ³ /s	381	501	589	800	900

BIBLIOGRAPHIE CHAPITRE II

1 - 1974 BRUNET-MORET Y.

Distribution exponentielle généralisée

Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., vol. 11, n° 4, pp 245-336

2 - 1975 BRUNET-MORET Y.

Distribution gaussio-logarithmique

Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., Vol. 12, n° 2, pp. 63-140

3 - 1978 BRUNET-MORET Y.

Recherche d'un test d'ajustement

Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., Vol. 15, n° 3, pp. 261-280

CHAPITRE III

ESTIMATION DES DEBITS MAXIMUMS DE CRUE

III.1 - LES FORMULES EMPIRIQUES

Les tentatives d'application ou d'établissement pour Madagascar, d'une formule empirique de calcul direct des débits maximums de crues sont fort nombreuses.

Il s'agit le plus souvent de formules limitées à l'évaluation des plus forts débits maximums connus de crues (courbes enveloppes), ou plus rarement, de méthodes beaucoup plus générales (calcul des débits de pointe pour différentes périodes de retour), régionales ou applicables exclusivement à Madagascar (méthodes LEROY, EEM, DORSCH, SOGREAH, GR, DURET, SOGREAH-SOMEAH...) et faisant ou non appel à des régressions simples ou multiples (formule de L. DURET).

Le danger réside dans le fait que les auteurs de méthodes d'estimation générale, bien que disposant d'assez peu de résultats fiables d'observations et de mesures, ont pour la plupart un peu trop "cru" à leur formule, en garantissant parfois le calcul du débit centennal à 20%, sans réellement se vérifier et sans reconnaître :

- que certains débits utilisés résultaient d'extrapolations importantes des courbes de tarage et d'échantillons statistiques bien insuffisants,
- et que dans de nombreux cas, les écarts entre débits calculés et débits "observés" étaient extrêmement forts.

Etablies et utilisées pour les bassins du Centre-Est, pour le calcul des crues de périodes de retour 25 ($Q = 6,8 A^{0,8}$) et 100 ans ($Q = 11 A^{0,8}$), les formules types EEM et SOGREAH fournissent des ordres de grandeur relativement corrects quand il s'agit de stations de cette zone (première façade Est, mêmes gammes de superficie et de pente, conditions géologiques et de couvertures proches) sans grande particularité.

STATION	Superficie A Km ²	Valeurs calculées		Résultats des mesures	
		T = 25	T = 100	T = 25	T = 100
VOHILAVA	2005	2980	4820	3280	5100
MAHASOABE	3925	5100	8250	4150	5250

Les valeurs calculées et estimées diffèrent par contre très fortement, pour toute singularité géologique ou hydraulique.

MANGORO	4735	5930	9590	1500	1850
ANDROMBA	6855	7970	12900	490	860

Afin de tenir compte des conditions de pente (indice de pente global I) et de la pluviométrie, L. DURET [8] a développé en 1972 une méthode d'estimation des crues de différentes périodes de retour, de formulation :

$$Q = 0,025 A^{0,8} I^{0,32} H (1 - 36/H)^2$$

avec H mm, hauteur de pluie "maximale" journalière de période de retour T.

STATION	Superficie A Km ²	H ₁₀₀ mm	I. corr. m/Km	Crue centennale	
				calculée	déduite
ROGEZ	5114	300	10	5144	5470
MAROANGATY	14162	180	5	10094	4470
BEKILY	1733	190	18	3065	6200
BANIAN	50000	265	4	44312	34000
DABARA	4638	275	6	7896	11000

Bien qu'elle prenne en compte d'assez nombreux paramètres et s'appuie sur de longues séries de données (distributions statistiques des maximums annuels de pluviométrie journalière et de crue), cette formule générale demeure malheureusement tout aussi imprécise que les précédentes quand elle est appliquée entre autres, à de petits bassins ou à des rivières dont les bassins sont très perméables (faiblesse des volumes et des débits ruisselés) ou qui présentent de larges plaines d'inondation (écrêtage des débits de crues).

STATION	Superficie A Km ²	H ₁₀ mm	I. corr. m/Km	Crue décennale	
				calculée	déduite
ANTSATRANA	18645	135	5	7920	3420
AMBODIROKA	11800	135	7	6120	12070
TSINJOARIVO	3200	140	6	1920	585
ANDROMBA	6855	125	3	2640	363

ANTSAMPAN-DRANO	95,0	160	30	270	35
BETSIREBIKA	189	185	8	385	16

III.2 - ESTIMATION DES DEBITS DECENNAUX DE CRUE

- Les périodes d'observations

Les échantillons de débits maximums annuels dépassant rarement 20 ans, le poids de certaines valeurs remarquables, qu'il n'est le plus souvent, pas possible de considérer comme exceptionnelles faute d'information historique, influe fortement sur les résultats statistiques.

ESTIMATIONS DES CRUES DECENNALE ET CENTENNALE

VOHITRA A ROGEZ

MANINGORY A ANDROMBA

Séries croissantes

Période	T10	T100	Période	T10	T100
1936-56	2224	4316	1948-63	386	1060
1936-57	2161	4216	1948-64	374	954
1936-58	2116	4118	1948-65	376	902
1936-59	2863	6370	1948-66	365	905
1936-60	2792	6312	1948-67	359	840
1936-61	2732	6242	1948-68	349	828
1936-62	2598	6315	1948-69	341	778
1936-63	2560	6111	1948-70	333	739
1936-64	2755	6101	1948-71	331	707
1936-65	2654	6134	1948-72	342	730
1936-66	2596	6124	1948-73	373	876
1936-67	2541	6108	1948-74	365	846
1936-68	2505	5947	1948-75	365	818
1936-69	2454	5935	1948-76	358	813
1936-70	2425	5782	1948-77	356	785
1936-71	2420	5651	1948-78	357	751
1936-72	2469	5643	1948-79	351	752
1936-73	2494	5573	1948-80	346	754
1936-74	2462	5464	1948-81	350	694
1936-75	2642	5639	1948-82	355	698
1936-76	2573	5669	1948-83	349	692
1936-77	2556	5555	1948-84	363	740
1936-78	2563	5491			
1936-79	2529	5471	1899-84	363	(860)

Sous-séries

1936-56	2224	4316	1948-68	348	828
1941-61	2983	6844	1953-73	397	1010
1946-66	3139	7017	1958-78	382	924
1951-71	2593	12444	1963-83	316	533
1956-76	2891	7035			

Les ajustements de sous-séries (20 ans) ou de séries croissantes, tirés des deux plus longs échantillons chronologiques connus (ROGEZ et ANDROMBA), montrent bien l'importance de la crue exceptionnelle de 1958-59 dans ce secteur et les incertitudes qui subsistent quant aux estimations de la crue centennale, qui peut passer du simple au triple de sa valeur, suivant la sous-série considérée.

Les meilleures méthodes statistiques ne pouvant remplacer un minimum de données, et peu de séries à l'exception du MANINGORY et de certains de ses affluents (modèle ALAOTRA), pouvant être prolongées (taille trop courte de l'échantillon, trop faible information historique, données pluies-débits insuffisantes), cette étude des débits maximums annuels instantanés et des principaux facteurs de crue n'a porté volontairement que sur les débits décennaux tirés des traitements statistiques (stations du réseau et données d'enquêtes) et de quelques travaux et résultats particuliers *.

- Crues et facteurs de crues - régression multiple

La faiblesse de l'information pluviométrique ne permettant pas, dans la plupart des cas, l'application de méthodes plus analytiques, la régression multiple demeurait l'une des rares techniques directement utilisable d'évaluation.

Les résultats disparates de l'étude précédente [8] résultant d'un mauvais choix ou d'un nombre insuffisant de variables explicatives :

- les échantillons statistiques ne permettaient pas de retenir comme variable dépendante, les crues de période de retour 50 et 100 ans,
 - les valeurs de l'indice de pente global ne pouvaient suffire pour exprimer les variations importantes du rapport débit maximal $Q_{MAX r}$ /volume ruisselé V_r ,
- les précipitations journalières ont été réévaluées et d'autres variables explicatives recherchées.

Le facteur précipitations

L'évaluation des pluies journalières de fréquence décennale a été menée à partir des données élaborées disponibles (plus fortes précipitations journalières relevées chaque année ou plus fortes valeurs journalières indépendantes connues). Les résultats (voisins), tirés de l'un ou l'autre des échantillons, ont été complétés par des valeurs données par L. DURET [8], afin de pouvoir établir une carte des précipitations journalières de fréquence décennale (pl.2) et estimer une pluviométrie "moyenne" pour chaque bassin.

PLUIES JOURNALIERES DE FREQUENCE DECENNALE

Code	STATION	Hauteur - Hmm		
		1	2	3
000400	ALAOIRA AMBOHITSILAOZANA	127		
002800	AMBAHIVAHIBE			235
008000	AMBALAVAO Sud	113	109	
009200	AMBANJA			280
010800	AMBATOFINANDRAHANA	127		
012000	AMBATOLAHY		116	
012400	AMBATOLAMPY Gare	98	97	
013600	AMBATOMAFANA		157	
014000	AMBATOMAINTY Morafenobe			190
019200	AMBILOBE			210
022400	AMBODIFOTRA Sainte Marie			280
024400	AMBOHIBARY Antsirabe			110
026400	AMBOHIJAHANARY Alaotra		107	
027200	AMBOHIMAHASOA	118		
030800	AMBOHIMIADANA	123		
035600	AMBOROMPOTSY			115
036400	AMBOSITRA			115
036800	AMBOVOMBE			110
040000	AMPANIHY Ouest			105
045200	AMPASIMPOLAKA		103	
050000	ANALALAVA			210
050800	ANALAMAZAOTRA	215		
053600	ANDAPA		190	
054800	ANDEKALEKA-ROGEZ	230		
056000	ANDEVORANTO	261		
065600	ANDRIAMENA			120
066000	ANDRIBA			150
071200	ANJIRO	127		
072000	ANJOZOROBE		102	
076800	ANKAVANDRA		129	
077200	ANKAZOABO Sud			190
078000	ANKAZOBE			110
078400	ANKAZOMIRIOTRA		91	
085200	ANOSIBE AN'ALA	197		
087200	ANTALAHA			220
092800	ANTANIMORA Ambovombe			110
098400	ANTONIBE			235

1 - Valeur calculée à partir d'un échantillon des plus fortes précipitations journalières relevées chaque année.

2 - Valeur calculée à partir d'un échantillon des plus fortes hauteurs journalières connues.

3 - Valeur tirée de l'étude de L. DURET [8].

Code	STATION	Hauteur - Hmm		
		1	2	3
104800	ANTSIRABE Ecole			120
106400	ANTSOHIHY			160
107200	ARIVONIMAMO Aéro	100		
109200	BEALANANA-BETAINKANKANA	105	103	
111600	BEFANDRIANA Nord	211		
115200	BEHARA Ville		96	
117600	BEKILY			115
118800	BEKODOKA			190
120400	BELO/s/TSIRIBIHINA	149	159	
121200	BELOBAKA		131	
121600	BELOHA			120
124400	BENENITRA			110
126800	BEREVO/s/Ranobe			180
128400	BEROROHA			175
129600	BESALAMPY			225
131200	BETANIMENA Tuléar agriculture			110
131600	BETIOKY Sud			115
132400	BETROKA			105
133600	BEVALA De Guitaud		75	
136400	BOSY		159	
136800	BRICKAVILLE-AMPASIMANOLOTRA	262		
140800	DIEGO SUAREZ-ANTSERANANA		195	
146000	ESIRA			120
148400	FANOVANA	252		
148800	FARAFANGANA			220
149200	FARATSIHO			110
150800	FENERIVE-Est FENOARIVO AT SINANANA			220
151200	FENOARIVO Centre			135
153200	FIANARANTSOA	154		
156000	FORT DAUPHIN-TAOLAGNARO		192	
159600	IALATSARA	142		
160000	IFANADIANA			205
160400	IFARANTSA			160
162400	IHOSY			100
162800	IKALAMAVONY	103		
163200	ILAKA Centre		98	
163600	ILAKA Est	283		
168000	ISALO		146	
170800	IVOHIBE	127		
171200	IVOLOINA			240
172400	JUNCK-LOHARIANDAVA	242		
172800	KANDREHO			200
173200	KARIANGA			190
174800	KIANJASOA		122	
176400	LA BOURDONNAIS-AMBODIVANDRIKA	206		
182400	MAEVAETANANA			150
183600	MAHABO		152	

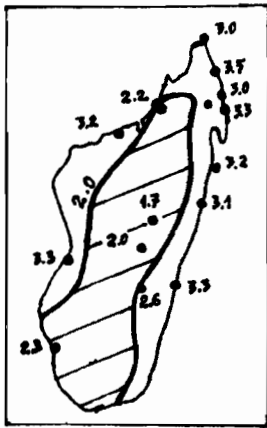
Code	STATION	Hauteur - Hmm		
		1	2	3
184800	MAHAJAMBA			190
186000	MAHANORO	249		
186800	MAHASOLO		104	
190400	MAINTIRANO		243	
191600	MAJUNGA-MAHAJANGA			230
192000	MALAIMBANDY		124	
194800	MANAKARA			235
197200	MANANARA Nord			200
197600	MANANDAZA		113	
198000	MANANDONA	88	89	
198400	MANANDRAY	127		
199600	MANANJARY	225		
202400	MANDOTO		122	
202800	(LA) MANDRAKA	179		
203200	MANDRITSARA	146		
207200	MANJA			205
212000	MANTASOA Ecole	145		
214800	MAROANTSETRA			220
216800	MAROLAMBO	215		
218000	MAROMANDIA			210
221600	MAROVOAY Gare	120		
222000	MAROVOAY-MADIROKELY			190
223200	MASOARIVO	182		
226400	MIANDRIVAZO			145
228000	MIARINARIVO Itasy		100	
228800	MIDONGY Sud			205
231200	MORAFENOBE			190
231600	MORAMANGA	172		
232400	MOROMBE			180
232800	MORONDAVA		235	
234000	MOUNEYRES-FANASANA	219		
234800	NAHAMPOANA			220
236400	NANOKELY	105		
237200	NOSY BE HELLVILLE-ANDOANY			220
240400	NOSY VARIKA	257		
242400	PORT BERGE-BORIZINY			190
242800	RANOHIRA			130
243200	RANOMAFANA Brickaville	236		
247600	SAHAMBAVY	175		
251600	SAKARAH			120
254400	SAMBAVA			230
256800	SITAMPIKY			205
257200	SOALALA			225
259200	SOANIERANA IVONGO			200
260800	SOAVINANDRIANA		110	
262400	TAMATAVE Aéro-TOAMASINA	262		
263200	TAMBOHARANO			220

MADAGASCAR - PRECIPITATIONS JOURNALIERES

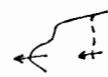
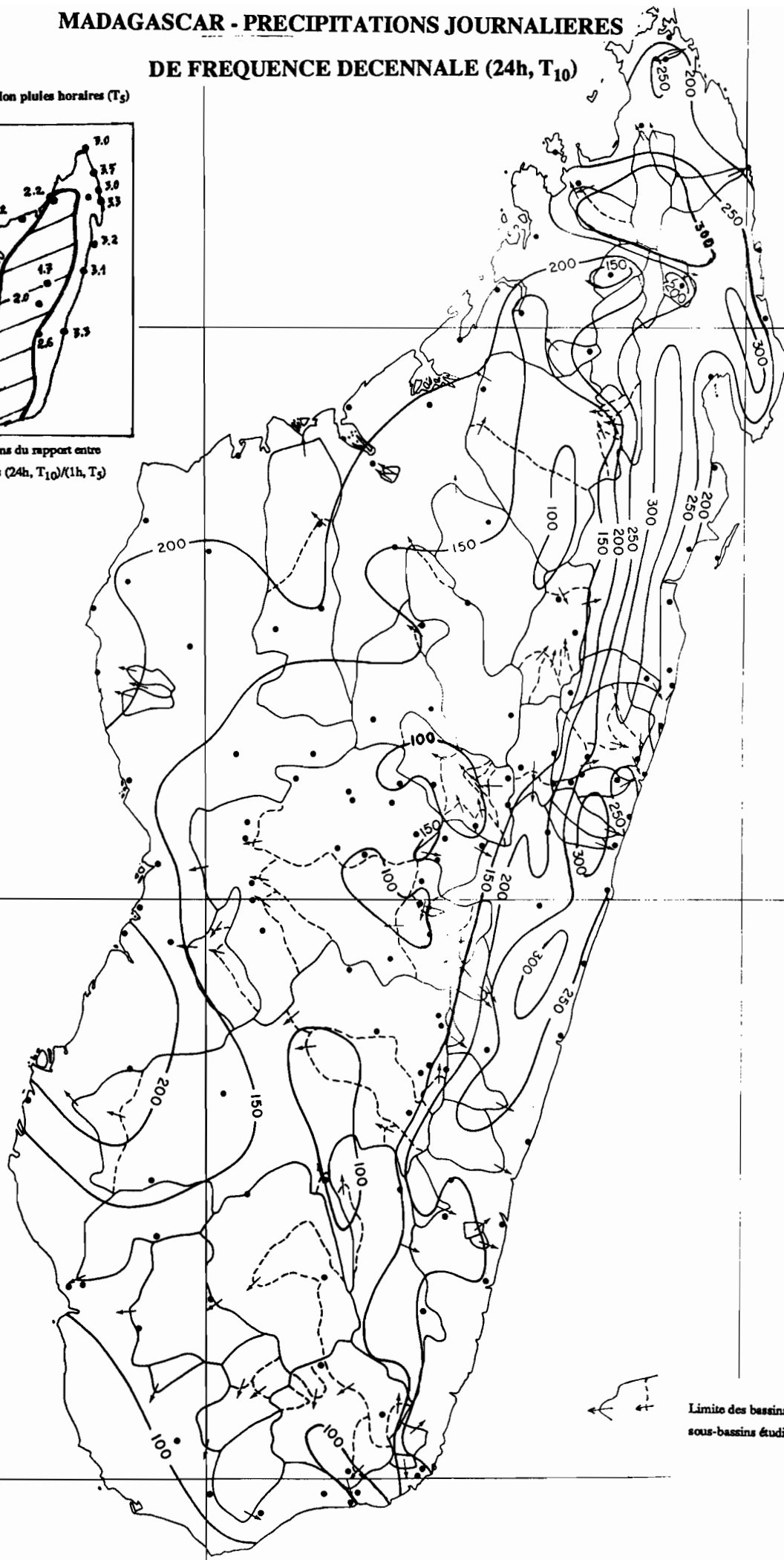
Pl. 2

DE FREQUENCE DECENNALE (24h, T₁₀)

Evaluation pluies horaires (T₅)



Variations du rapport entre hauteurs (24h, T₁₀)/(1h, T₅)



Limite des bassins et des sous-bassins étudiés

Code	STATION	Hauteur - Hmm		
		1	2	3
263600	TAMPINA	197	101	
266800	TANANARIVO SCM-ANTANANARIVO			
272400	TSARATANANA			180
274000	TSIHOMBE			110
275600	TSINJOARIVO			120
276400	TSIROANOMANDIDY			120
277200	TSIVORY			130
278000	TULEAR-TOLEARA			106
278400	VANGAINDRANO			200
278800	VATOMANDRY			240
280800	VOHEMAR			190
284800	VOLOBE	287		
285600	VONDROZO		190	

Le facteur laminage des crues

Les dépressions marécageuses ou cultivées sont nombreuses à Madagascar et jouent un rôle considérable dans la propagation et l'amortissement des crues.

Les rivières IKOPA et BETSIBOKA, bien que drainant les mêmes zones assez également arrosées, présentent ainsi des pointes de crues extrêmement différentes (écrêtement de la plupart des crues de l'IKOPA dans la plaine d'ANTANANARIVO).

STATION	Superficie A Km ²	Cyclone de MANANARA Nord		Crue décennale m ³ /s/Km ²
		Q MAX r m ³ /s/Km ²	Q MAX r/Vr	
BETSIBOKA AMBODIROKA	11800	1,60	9,64	1,02
IKOPA FIADANANA	9450	0,08	2,22	0,21
IKOPA ANTSATRANA	18645	0,05	1,80	0,18

Les facteurs géologie et couverture végétale

Si les bassins étudiés présentent des couvertures variées, le socle cristallin constitue pour la plupart leur substratum, et rares sont les données obtenues sur des bassins où des formations sédimentaires ou volcaniques très perméables dominent.

Variables explicatives et essais

Deux séries de variables explicatives ont été retenues. Les premières, plus facilement identifiables, caractérisent les conditions "moyennes" du ruissellement sur socle ancien et savane :

- Superficie A en Km²
- Indice des précipitations H en mm, retenu comme la hauteur moyenne des précipitations journalières de fréquence décennale du bassin considéré (valeurs ponctuelles probables de l'ordre de 75 à 750 mm)
- Indice de pente global I en m/Km.

Les variables de la seconde série caractérisent les conditions plus particulières liées aux stockages (champs d'inondation, marais, lacs), aux perméabilités des terrains et aux taux de couverture :

- Indice de zones exondées E, évalué entre 1,0 (bassins avec un pourcentage de marais ou de rizières insignifiant) et 0,3 (stations à l'aval immédiat de grands marais et de lacs, comme ANDROMBA sur le MANINGORY et ANTELOPOLO sur la MAEVARANO).
- Coefficient d'"imperméabilité" G, de 1,0 (bassins sur socle avec fort recouvrement latéritique) à 0,2 (formations grés-sableuses du Crétacé continental), avec 0,6 pour les sols bruts d'érosion sur socle ancien du Sud et 0,3 pour certaines formations volcaniques de l'ANKARATRA.
- Indice de végétation V, évalué entre 0,9 (bassins forestiers du SAMBIRANO) et 0,3 (bush et "déserts" pierreux du Sud), avec distinction entre les bassins cultivés et reforestés type NAMORONA à VOHIPARARA (0,7) et les bassins sous savane avec cultures des Hauts-Plateaux (0,5).

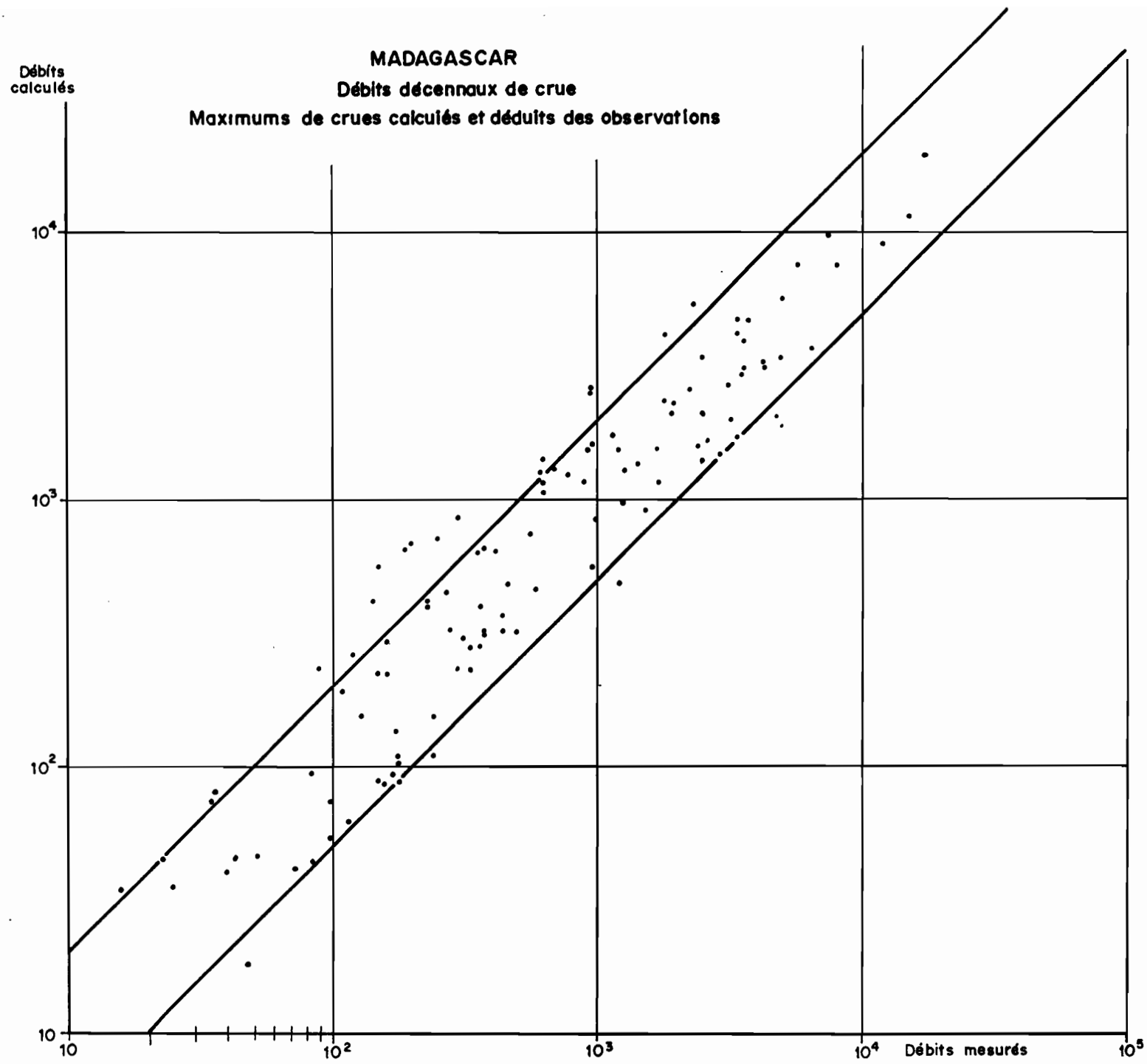
Superficie A Km ²	Indice pluviométrique Hmm	Indice de pente global m/Km	Indice zones exondées	Coefficient d' imperméabilité	Indice de végétation	Débit décennal de crue Q m ³ /s
REGION NORD-EST						
1253101205 - L'ANKAIBE A BETSAKOTSAKO						
480	240	21	0,9	1,0	0,8	(275)
REGION CENTRE-EST						
1251003205 - LA MANANONOKA A RN22						
84,0	270	16	0,6	1,0	0,7	(180)
1252800109 - L'IVONDRO A RINGARINGA						
2560	210	8	0,8	1,0	0,8	2450
1256602505 - LA VOHITRA A ANKORAHOTRA*						
500	160	8	0,4	1,0	0,7	(180)
1256602509 - LA VOHITRA A ROGEZ-ANDEKALEKA						
1910	190	10	0,8	1,0	0,7	2530
1256602503 - LA VOHITRA A ANDEKALEKA						
2615	190	10	0,8	1,0	0,8	(3400)
1256600110 - LE RIANILA A FETRAOMBY						
1863	210	16	0,9	1,0	0,9	4970
1256602005 - LA RONGARONGA A AMBINANINONY						
998	240	18	0,9	1,0	0,8	1285
1256600105 - LE RIANILA A VOHIBINANY-BRICKAVILLE						
5996	225	7	0,9	1,0	0,8	6340
1256601505 - LA IAROKA A AMPITABE						
1275	240	15	0,9	1,0	0,8	2920

1256900101 - LE SAKANILA A TSARASAMBO							
1700	270	11	1,0	1,0	0,9	(2500)	
1254200101 - LE MANAMPOTSY A ILAKA							
1280	260	10	1,0	1,0	0,9	(2600)	
REGION SUD-EST							
1254500105 - LA MANANJARY A ANTSINDRA							
2260	205	10	1,0	1,0	0,8	935	
1254502003 - L'IVOANANA A FATIHITA							
835	190	12	1,0	1,0	0,8	682	
1255600110 - LE NAMORONA A VOHIPARARA							
445	180	8	0,7	1,0	0,7	372	
1252400115 - LE FARAONY A VOHILAVA							
2005	250	14	1,0	1,0	0,8	2260	
1255300101 - LA MATTTANANA A MAHASOABE							
3925	230	15	1,0	1,0	0,8	3350	
1250603005 - LA SAHAMBANO A SAHAMBANO							
2000	100	6	0,8	0,6	0,5	(200)	
1250600105 - LA MANANARA-SUD A MAROANGATY							
14162	150	5	0,8	1,0	0,5	2330	
1256201903 - L'EFAHO A FANJAHIRA							
196	190	26	1,0	1,0	0,8	960	
REGION SUD							
1250700106 - LE MANDRARE A ANDABOLAVA							
4033	135	13	1,0	0,7	0,3	2510	
1250702206 - LA MANANARA A BEVIA							
1085	125	15	1,0	0,6	0,3	900	
1250700103 - LE MANDRARE A AMBOASARY-SUD							
12430	115	13	1,0	0,7	0,3	8000	
1253900115 - LA MANAMBOVO A TSIHOMBE							
2712	110	4	1,0	0,6	0,3	930	
1255401505 - LA MENAKOMPY A ANDRIA(M)BE							
948	115	12	1,0	0,6	0,4	1560	
1255400108 - LA MENARANDRA A BEKILY							
1732	115	18	1,0	0,6	0,4	1710	
1255400121 - LA MENARANDRA A TRANOROA							
5328	110	9	1,0	0,6	0,3	3590	
REGION SUD-OUEST							
1250804005 - L'IHOSY A IHOSY							
1500	105	6	0,7	0,8	0,4	415	
1250802805 - LA ZOMANDAO A ANKARAMENA							
610	170	40	1,0	1,0	0,4	1160	
1250807705 - LA SAMBALAHY A LA RN42*							
15,0	154	111	1,0	1,0	0,4	(130)	
1250807905 - L'ITAOLA A LA RN7 (PK 496)*							
32,0	122	68	1,0	1,0	0,4	(330)	
1250801510 - LA MANANANTANANA A TSITONDROINA							
6510	140	6	0,9	1,0	0,5	1820	
1250807605 - L'ANDREAMIELY A ANDOHANONOKA*							
32,0	163	26	0,7	1,0	0,6	(102)	
1250802010 - LA MATSIATRA A FANORO							
1160	175	20	0,8	1,0	0,6	780	

1250802015 - LA MATSIATRA A MALAKIALINA	11715	125	10	0,8	1,0	0,5	4970
1250800105 - LE MANGOKY AU BANIAN	50000	140	4	1,0	0,9	0,4	16900
1255501505 - LA BERITSOKA AU SITE DE BARRAGE	577	170	6	0,8	0,6	0,4	500
1255502015 - LA SAKAMALY A MIGODO	788	170	7	1,0	0,9	0,4	1700
1255500105 - LA MORONDAVA A DABARA	4638	180	6	1,0	0,9	0,4	3600
1251305505 - LA SANDRANDAHY A SANDRANDAHY	286	150	5	0,7	1,0	0,6	(150)
1251306505 - LA SAHANIVOTRY AU PK 197,5	432	115	15	0,7	1,0	0,5	143
1251306005 - L'ANTALAVIANA A ANTALAVIANA*	113	141	35	1,0	1,0	0,6	(270)
1251305005 - LA MANANDONA A SAHANIVOTRY	1451	125	10	0,6	1,0	0,5	370
1251306205 - LA MAROFODIANA A VOHIBORY-ATSIMO*	5,20	136	47	0,9	1,0	0,5	(84)
1251306305 - L'ANDRIANTSAGO A AMBAMONDRANO*	4,40	110	38	0,9	1,0	0,5	(25)
1251306405 - L'IMORONA A ANDRAHALANA*	269	123	15	0,9	1,0	0,5	(150)
1251302025 - LA MANIA A AMBOROMANIA	1065	145	8	1,0	1,0	0,8	(620)
1251302020 - LA MANIA A SANDRANDAHY	1470	150	7	0,8	1,0	0,5	(620)
1251302005 - LA MANIA A FASIMENA	6795	130	5	0,7	1,0	0,5	1770
1251302002 - LA MANIA A ANKOTROFOTSY	17990	135	4	0,7	1,0	0,4	(3700)
1251304505 - LA MANAMBOLO A AMBATOLAHY	1893	130	10	1,0	0,8	0,4	4800
1251302705 - LA SAKENY A ANDRAKETA	3138	135	7	1,0	0,8	0,4	(3100)
1251302505 - LA MAHAJILLO A MIANDRIVAZO	14375	130	5	0,9	1,0	0,4	(5750)
1251300110 - LA TSIRIBIHINA A BETOMBA	45014	130	5	0,8	0,9	0,4	15000
1256103103 - LA KIMAZIMAZY A SOATANANA	259	225	10	0,9	0,8	0,4	(400)
1256101503 - LA DEMOKA A BEVATRY	1325	230	8	1,0	0,8	0,4	1200
1256101003 - LA NAMELA A ANTANANDAVA	680	230	8	1,0	0,8	0,4	(835)
REGION NORD-OUEST							
1250400102 - LA MAHAVAVY SUD A MAROVATO	10000	180	6	0,6	0,9	0,5	3220
1250100230 - L'IKOPA A FIADANANA	9450	130	7	0,6	1,0	0,5	1960
1250104005 - LA MAMOKOMITA A MAROHARANA	775	140	20	1,0	1,0	0,5	(940)

1250100221 - L'IKOPA A ANTSATRANA	18645	135	5	0,7	1,0	0,5	3420
1250199022 - BVR AMONT ANKABOKA*	1,80	150	12	1,0	1,0	0,4	(48)
1250199021 - BVR AVAL ANKABOKA	4,90	150	16	1,0	1,0	0,4	(73)
1250102005 - LA MAROVOAY A LA RN4	280	185	8	0,8	0,2	0,6	(23)
1250101805 - LA KARAMBO A BETSIREBIKA	189	185	8	0,8	0,2	0,6	(16)
1250101605 - L'ISINKO A AMBODIROKA	600	145	17	1,0	1,0	0,4	1440
1250100105 - LA BETSIBOKA A AMBODIROKA	11800	135	7	1,0	1,0	0,4	12070
1250101705 - LE KAMORO A LA RN4	11300	145	7	0,7	0,9	0,5	(4250)
1251203205 - LA SALOHY A ANDAMPIHELY	250	210	17	1,0	1,0	0,6	(190)
1251203005 - LA SANDRANGITA A KALANDY	400	200	17	0,9	1,0	0,6	300
1251202001 - LA MANGARAHARA A MANDRITSARA	1320	200	12	0,8	1,0	0,5	610
1251200101 - LA SOFIA A ANTAFIATSALANA	4100	180	9	0,8	1,0	0,5	(940)
1251200103 - LA SOFIA AU PONT DE LA RN6	23500	220	5	0,9	1,0	0,6	7300
1251201505 - LA BEMARIVO A ANDRANOMIDITRA	6515	170	7	0,8	1,0	0,5	4900
1250202510 - LA TSINJOMORONA A ANKOBKOBKA	886	210	11	0,6	1,0	0,7	(620)
1253400105 - LA MAHAVAVY NORD A AMBILOBE	3210	310	24	0,9	0,9	0,7	3500
1256001001 - LA MANANJEB A ANKATOTO	945	280	10	0,9	0,8	0,7	1010
1257102003 - LA RAMENA A AMBODIMANGA	1080	320	40	1,0	1,0	0,9	1930
1257100103 - LE SAMBIRANO A AMBANJA	2830	330	33	0,9	1,0	0,9	4280
HAUTS-PLATEAUX ET DEPRESSIONS INTERIEURES							
1250204503 - LA BEALANANKELY A BETAINKANKANA	85,0	140	12	0,6	1,0	0,5	(150)
1250207005 - LA BEALANANA A AMBINANINDRANO	95,0	200	25	0,9	1,0	0,5	(160)
1250206505 - LA BEANDRAREZONA A BEANDRAREZONA	190	250	27	0,9	0,9	0,7	365
1250204003 - L'ANTSAMAKA A ANTSAMAKA	565	175	12	0,4	1,0	0,5	175
1250202016 - LA MAEVARANO A BEROITRA	780	250	15	0,3	1,0	0,6	158
1250202010 - LA MAEVARANO A ANTELOPOLO	1185	230	12	0,3	1,0	0,6	245
1250202007 - LA MAEVARANO A AMBODIVOHITRA AVAL	2585	165	10	0,4	0,9	0,6	445

1251001701 - LA RANOFOTSY A ANDILANATOBY	191	120	9	0,8	1,0	0,5	330
1251003530 - LA SAHAMILAHY A MAHERIARA	157	140	18	0,7	1,0	0,5	(300)
1251001620 - LA SAHABE A LA RN3a (SB1)	1200	130	3	0,6	0,9	0,5	(440)
1251001210 - L'IVAKAKA A VOHIDIALA	173	130	8	0,7	1,0	0,5	(110)
1251001010 - L'ANONY A AMBOHIBOANJO	1485	140	4	0,7	1,0	0,5	(565)
1251000101 - LE MANINGORY A ANDROMBA	6855	125	3	0,3	1,0	0,5	363
1252800150 - L'IVONDRO A AMBODIFANA	717	260	6	0,3	1,0	0,7	(115)
1250901005 - L'ANDRANOBE AU PONT FANALAMANGA*	105	130	6	0,7	0,8	0,5	(170)
1250901505 - L'ANTSAPAZANA A LA RN2*	84,0	130	6	0,6	0,8	0,6	(100)
1250900110 - LE MANGORO A MANGORO GARE	3600	150	3	0,5	0,9	0,6	1210
1250900105 - LE MANGORO A AMBODIMANGA	4735	160	2	0,6	1,0	0,6	1250
1250199052 - BVR SUD AMBATOMAINTY	0,30	150	70	0,7	1,0	0,5	1,5
1250102311 - LA SISAONY A ANDRAMASINA	318	135	8	0,8	1,0	0,5	227
1250102315 - LA SISAONY A AMBATOFOTSY (PK 22)*	630	125	7	0,8	1,0	0,5	350
1250100218 - L'IKOPA A ANTELOMITA 1	846	130	10	0,8	1,0	0,5	300
1250107605 - LA RENIRANO A AMBOHISOA*	2,10	96	156	0,9	0,8	0,5	(6)
1250107905 - L'ANTSahalava A ANTSahalava*	6,10	114	38	0,9	1,0	0,5	(43)
1250199012 - LA TAFAINA A AMBOHIDRANO	4,50	122	34	1,0	1,0	0,5	52
1250199011 - LA SAOMANARIVO A ANDROVAKELY*	24,0	120	25	0,9	1,0	0,5	(180)
1250101209 - L'AMDROMBA A BEHENJY	321	140	10	0,7	0,9	0,6	(121)
1250101215 - L'ANDROMBA A TSINJONY	350	135	8	0,6	1,0	0,5	163
1250107705 - L'IOMBIFOTSY A ANTANIMASAKA*	45,0	140	47	0,9	0,8	0,5	(248)
1250104503 - LA KATSOAKA A NIAKOTSOARANO	563	120	8	0,6	0,8	0,5	(90)
1250100233 - L'IKOPA A MAHITSY-KELY	1684	130	6	0,5	1,0	0,5	227
1250100224 - L'IKOPA A BEVOMANGA	4194	125	6	0,4	1,0	0,5	460
1250108005 - LA NAMATOANA A MANJAKATOMPO*	48,0	165	43	0,9	0,5	0,7	(36)
1250906503 - L'AMBOROMPOTSY A ANTSAMPANDRANO	95,0	160	30	1,0	0,3	0,9	35



1250902015 - L'ONIVE A ILEMPONA*	1080	140	8	0,6	0,7	0,6	(310)
1250902010 - L'ONIVE A TSINJOARIVO	3200	130	6	0,5	0,8	0,6	585

Un essai, mené à partir de 115 valeurs et des trois premières variables explicatives, nous fournit une première relation

$$Q_{10} = 4,17 A^{0,72} H^{0,03} I^{0,26}$$

qui peut paraître satisfaisante ($R^2 = 0,886$) pour un grand nombre de stations, mais se révèle très insuffisante pour l'estimation des débits de pointe de bassins très perméables ou en partie marécageux.

Afin de se corriger, un second essai a été tenté avec comme variable à expliquer $[Q_{10}/4,17 A^{0,72} H^{0,03} I^{0,26}]$ et en nouvelles variables explicatives E, G et V.

Signification des résultats

La formule adoptée

$$Q_{10} = 4,34 A^{0,72} H^{0,03} I^{0,26} E^{2,31} G^{1,25} V^{-0,27}$$

bien qu'établie assez sommairement, semble assez satisfaisante pour l'évaluation des débits maximums décennaux de crue, puisque plus de 80% des couples de valeurs présentent des écarts inférieurs à 50%, pour une gamme de débits de 10 à 20000 m³/s (pl.3).

Toutefois, les valeurs de la plupart des variables explicatives ayant été estimées à partir de documents peu précis (cartes au 1/500000^e), il est souhaitable que cette formule puisse être par la suite améliorée, après une détermination plus correcte des variables :

- Répartition hypsométrique des différents bassins avant tout calcul d'indice de pente global.
- % de bas-fonds inondables établi à partir des cartes au 1/100000^e ou au 1/50000^e.
- Taux d'imperméabilité et indice de végétation établis après examen des cartes géologiques et de végétation.

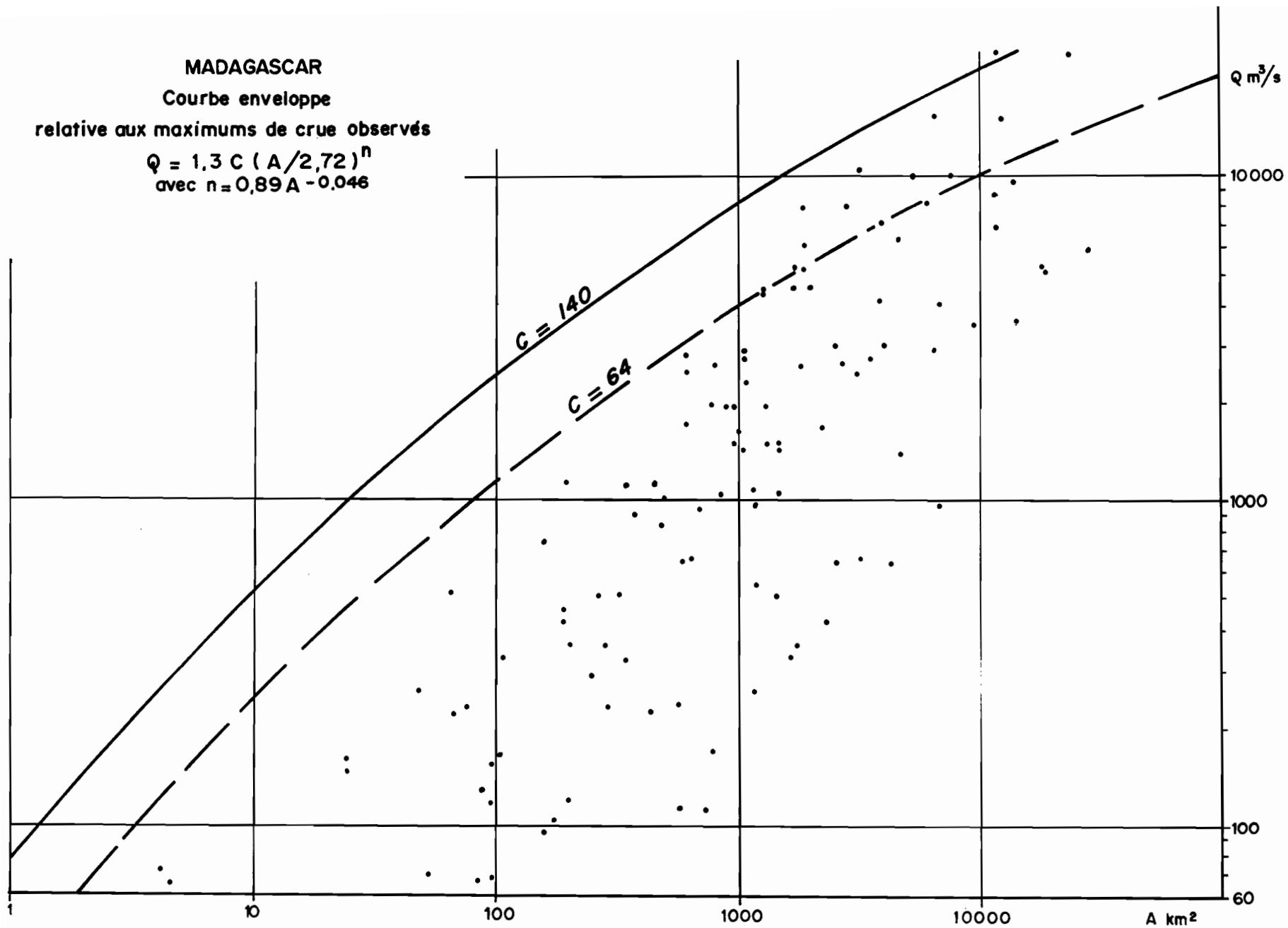
III.3 - VALEURS "EXTREMES" DES CRUES - COURBE ENVELOPPE

S'il est parfois difficile d'attribuer une période de retour à une crue "record", il est par contre assez facile de se calculer une courbe limite des débits de pointe correspondants, en fonction de la superficie des bassins versants, classiquement avec $Q = C A^n$ ou $Q/A = C A^{n-1}$, ou en utilisant des formules empiriques un peu plus élaborées, comme celles :

- de W.R. CREAGER [2] $Q = 1,3C (A/2,59)^n$ avec $n = 0,936 A^{-0,048}$

- ou de J. FRANCOU et J. RODIER [6] $Q/Q_0 = (A/A_0)^{1-k/10}$ avec $Q_0 = 10^6$ et $A_0 = 10^8$

MADAGASCAR
Courbe enveloppe
relative aux maximums de crue observés
 $Q = 1,3 C (A/2,72)^n$
avec $n = 0,89 A^{-0,046}$



Les plus fortes crues connues relevant le plus souvent des observations sur réseaux, et donc d'une gamme limitée de superficies (1000-10000 Km²), le choix pour Madagascar d'une formule de type CREAGER

$$Q = 1,3C (A/2,72)^n \quad \text{avec } n = 0,89 \quad A^{-0,046} \quad \text{et } C = 140$$

n'a été fait qu'après comparaison avec les données assez homogènes des débits décennaux de crues (C = 64).

Regroupement des crues de bassins aux risques très différents, tant par leurs caractéristiques que pour les périodes de retour des crues, cette courbe enveloppe (pl.4) s'appuie sur les plus fortes valeurs des débits maximums connus aux stations d'ANDRANOMIDITRA (BEMARIVO), d'AMBODIROKA (BETSIBOKA) et du BANIAN (MANGOKY).

Les estimations d'une période de retour de ces trois valeurs maximales variant entre 80 et 120 ans, la courbe enveloppe ainsi établie pourrait, en l'absence de toute observation, être retenue comme un moyen sommaire d'évaluation de la crue centennale des bassins de 100 à 20000 Km² présentant les risques les plus importants (très fortes pentes, absence de stockage, terrains peu perméables, faible couvert végétal et forte pluviométrie).

BIBLIOGRAPHIE CHAPITRE III

1 - Fichiers de la Météorologie Nationale
Serv. Météo. ANTANANARIVO

2 - 1945 CREAGER W.R., JUSTIN J.D., HINDS J.
Engineering for Dams
John Wiley and Sons, Inc., NEW YORK

3 - 1960 BESAIRIE H., COLLIGNON M.
Lexique stratigraphique international. Vol. 4 Afrique. Fasc. 11 MADAGASCAR
CNRS, 190 p.

4 - 1967 DORSCH X.
Rapport hydrologique pour l'étude de la route MANAKARA - MANANJARY
MUNICH

5 - 1967 A.
Etude d'une méthode de calcul de débouché à donner aux petits ouvrages d'art à MADAGASCAR (méthode simple de calcul, rapport de synthèse et annexes)
BCEOM - ME, Rapport multigr., 54 + 40 p.

6 - 1967 FRANCOU J., RODIER J.A.
Essai de classification des crues maximales observées dans le Monde
Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., Vol. 4, n° 3, pp. 19-46

7 - 1971 BLANCHET Ch.
Ponts de la côte Est de MADAGASCAR. Etude hydraulique TSARARAFANA sur la MANAMPATRANA - FANANDRANA sur l'IVONDRO
SOGREAH - DGEA, Rapport multigr.

8 - 1973 DURET L.

Estimation des débits de crue à MADAGASCAR. Bassins de 10 Km² à 50000 Km²
Edit. BDPA TANANARIVE, 134 p.

9 - 1976 DURET L.

Estimation des débits de crues à MADAGASCAR
Min. Fr. Coop. (2ème édit.)

10 - 1980 VISCHER D.

Le débit de crue maximal possible et la valeur limite empirique
Rev. l'Ingénieur et l'Architecte suisses, n° 40, pp.2-9

11 - 1981 DANLOUX J.

Evaluation de certaines contraintes hydrologiques pour la réalisation d'aménagements de microhydraulique sur les Hauts-Plateaux de l'IMERINA et du BETSILEO
ORSTOM - MHL, Rapport multigr. 116 p., 27 fig. + 3 ann. + 1 pl. h.t.

12 - 1983 WANDLE S.W. Jr.

Estimating peak discharges of small, rural streams in MASSACHUSETTS
U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2214, 26 p.

13 - 1984 ROCHE M., RODIER J.A.

Répertoire mondial des crues maximales observées. (MADAGASCAR - Identification des points d'observation et caractéristiques des bassins. Caractéristiques des crues)
AIHS Publ. n° 143, pp. 132-134, pp. 297-298, p. 354

14 - 1986 ALDEGHERI M.

Projet de réhabilitation des petits périmètres irrigués. Etude hydrologique des P.P.I. de la première tranche. Rapport définitif
LOUIS BERGER INTERNATIONAL - MPARA, Rapport multigr., 67 p., graph. et tabl.

15 - 1987 GOUEFFON M.

Estimation des débits de crue à MADAGASCAR. Rappel et comparaison des méthodes et références existantes
MPARA, Rapport multigr., 24 p. + annexes

CHAPITRE IV

COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT

Exception faite des bassins versants représentatifs et des bassins de l'IKOPA Supérieur, il n'existe aucun autre bassin disposant d'un réseau pluviométrique suffisamment dense qui permettrait les évaluations correctes des lames d'eau tombée et des coefficients de ruissellement.

Des données recueillies sur les bassins représentatifs et qui ont fait l'objet d'assez nombreux rapports de campagne et d'un rapport de synthèse [5], seules ont été extraites les caractéristiques globales des plus fortes crues connues.

Pour les bassins et sous-bassins de l'IKOPA Supérieur, ce sont les données citées dans les notes relatives aux épisodes cycloniques de janvier 1954 [1,2] et de mars 1959 [3,4]) qui ont permis les tracés des isohyètes et le calcul des hauteurs d'eau tombée.

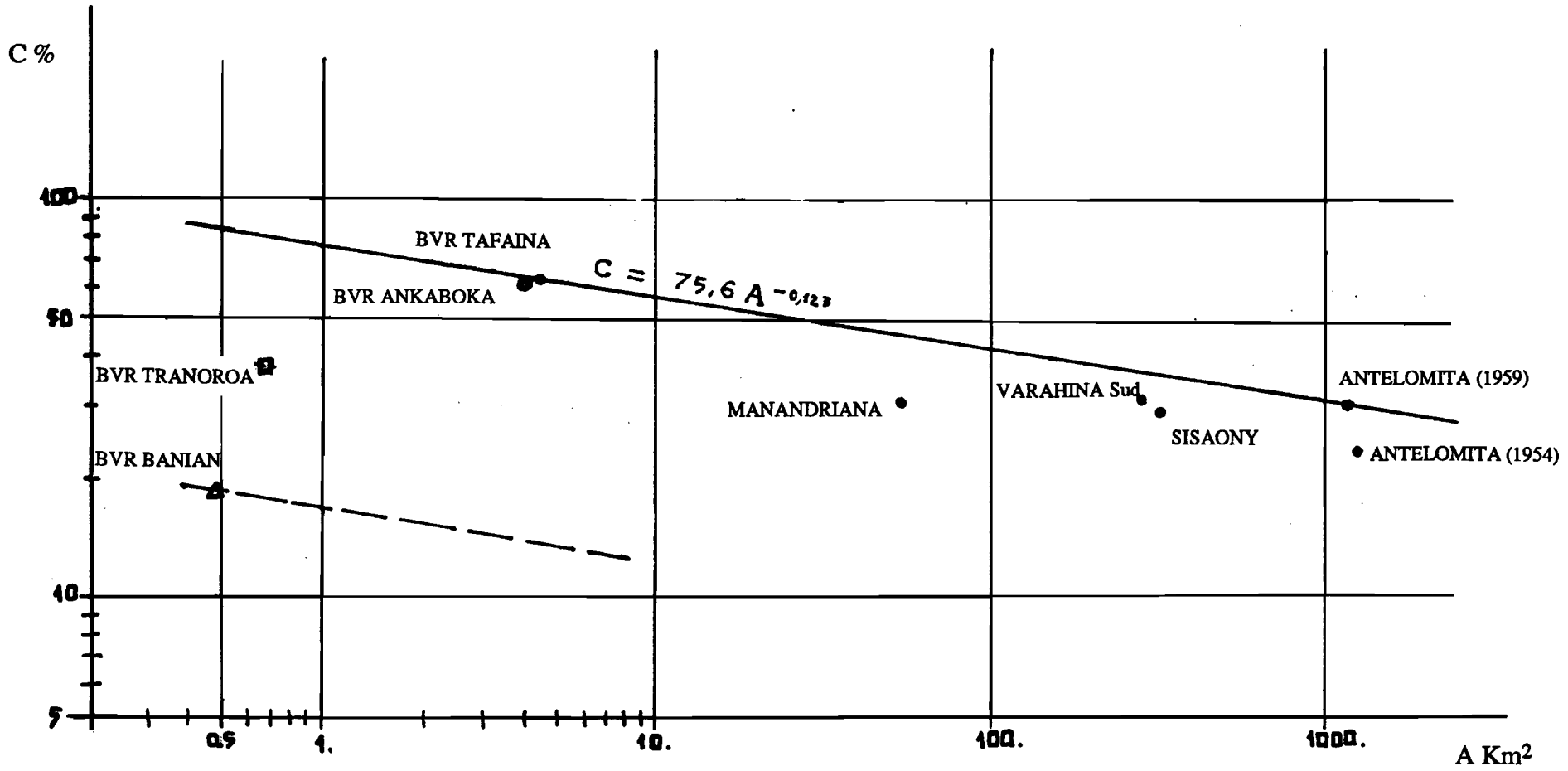
PLUS FORTES LAMES RUISSELEES CONNUES

STATION	Episode pluvieux	Lame d'eau tombée P mm	Lame d'eau ruisselée Lr mm	Coefficient de ruissellement %
BVR BANIAN	20/12/1964	155,2	28,4	18,3
BVR TRANOROA	29/01/1968	104,3	25,8	37,5
BVR ANKABOKA Aval	24-25/01/1962	120,5	72,9	60,5
BVR TAFAINA	05/12/1967	68,6	42,7	62,2
MANANDRIANA MANANDRIANA	14-15/01/1954	180,0	54,7	30,4
VARAHINA Sud TSAZOMPANIRY	14-15/01/1954	170	53	31,2
SISAONY ANDRAMASINA	17-29/03/1959	434	126	29,0
IKOPA ANTELOMITA	13-16/01/1954	≤316	73	≥23,1
IKOPA ANTELOMITA	17-29/03/1959	498	158	31,7

Une relation de type $C = \alpha A^{-n}$ avec $\alpha = 75,6$ et $n = 0,123$ pourrait correspondre à la courbe enveloppe (pl.5) des valeurs extrêmes des coefficients de ruissellement des bassins sur socle ancien à fort recouvrement latéritique (TAFAINA, ANKABOKA, SISAONY et branches mères de l'IKOPA).

Des valeurs de α , comprises entre 75 et 36, engloberaient les petits bassins aux sols bruts d'érosion du Sud (TRANOROA, IANAMOLORO [6] - $C = 64,2$ %) et les bassins sous savoka (brousse secondaire) du Centre-Est (BVR de MAROLAONA [7] - $A = 0,32$ Km² - $C = 66$ %).

MADAGASCAR - COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT LES PLUS IMPORTANTS



Enfin, avec des ruissellements maximums nettement plus faibles ($16 \leq \alpha \leq 35$), en raison des très fortes rétentions (couverture forestière ou formations très perméables) nous aurions les petits bassins sous forêt dense d'AMPANGALATSARY [7] ($A = 1,01 \text{ Km}^2 - C = 35\%$) et celui du BANIAN.

BIBLIOGRAPHIE CHAPITRE IV

1 - 1954 A.

Résumé mensuel du temps. Janvier 1954
Serv. Météo. MADAGASCAR et Dépendances, 8 p.

2 - 1955 PELLERAY H.

Le cyclone tropical du 14 au 22 janvier 1954 à MADAGASCAR
ORSTOM, Ann. Hydrol. FOM, Année 1953, pp. 67-75

3 - 1959 ALDEGHERI M.

Les cyclones de Mars 1959 à MADAGASCAR
ORSTOM, Ann. Hydrol. FOM, Année 1957, pp. 33-55

4 - 1968 A.

Extraits des annales des services météorologiques de la France d'Outre-Mer.
Territoires Français de l'Océan Indien. Année 1959
Dir. Météo. Nat. PARIS, 120 p.

5 - 1968 BAILLY C., BENOIT de COIGNAC G., de VERGNETTE J.

Etude de l'économie de l'eau à ANTANIMORO. Bassins expérimentaux de TSIMANDAHA et IANAMOLORA - Campagnes 1964-65, 1965-66, 1966-67
CTFT - MAER, Rapport multigr., 32p., fig. + 8 ann.

6 - 1972 CHAPERON P., DUBREUIL P., GUISCAFRE J., HERBAUD J.

Recueil des données de base des bassins représentatifs et expérimentaux - Années 1951-1969
ORSTOM

7 - 1973 BAILLY C., BENOIT de COIGNAC G., MALVOS Cl., NINGRE J.M., SARRAILH J.M.

Etude de l'influence du couvert naturel et de ses modifications.
Expérimentations en bassins versants élémentaires réalisées à MADAGASCAR. 1ère partie
CTFT - MDR, Rapport multigr. 73 p., fig. + 3 ann.

8 - 1973 NINGRE J.M.

Etude hydrologique comparative de 7 bassins versants de superficie et de couvert différents dans la zone forestière orientale de MADAGASCAR (PERINET-ANALAMAZAOTRA)
Campagnes 1962-63 à 1971-72)
CTFT - MADR, Rapport multigr.

9 - 1974 BAILLY C., BENOIT DE COIGNAC G., MALVOS Cl., NINGRE J.M., SARRAILH J.M.

Etude de l'influence du couvert naturel et de ses modifications à MADAGASCAR. Expérimentations et bassins versants élémentaires
Rev. Bois et Forêts des Tropiques (Suppl.). Cah. Scient. n° 4 114 p., fig., tabl., ann.

CHAPITRE V

TEMPS CARACTERISTIQUES DES CRUES

S'il n'était pas envisageable d'étudier la forme des crues, compte tenu des informations pluviométrique et limnimétrique disponibles et de la taille de nombreux bassins, une approche plus globale à partir du fichier débits instantanés était possible, pour l'évaluation des "temps caractéristiques".

Utilisé par F. MONIOD [1] pour l'étude des hydrogrammes de ruissellement des crues simples des Antilles Françaises, le temps caractéristique est défini comme le rapport du volume V_r au débit maximal Q_{MAX} ruisselés.

Par commodité et par analogie avec le coefficient de forme (rapport Q_{MAX}/Q moyen) de l'hydrogramme unitaire, l'inverse de ce rapport (Q_{MAX}/V_r) a été retenu pour présenter les crues les plus violentes connues sur chaque bassin.

Volume ruisselé- V_r $10^6 m^3$	Hauteur ruisselée-Hr mm	Débit maximal spécifique $l/s/Km^2$	Q_{MAX}/V_r 10^{-6}	Date
REGION NORD-EST				
1252200105 - LA FANAMBANA A MORAFENO				
192	105	1160	11,0	17-23/03/1982
REGION CENTRE-EST				
1252800109 - L'IVONDRO A RINGARINGA				
95,0	37	438	11,8	13-16/02/1972
1256602509 - LA VOHITRA A ROGEZ-ANDEKALEKA				
88,9	47	686	14,7	10-13/03/1975
1256602503 - LA VOHITRA A ANDEKALEKA				
77,6	30	201	6,78	30/01-07/02/1965
1256600110 - LE RIANILA A FETRAOMBY				
38,0	20	329	16,1	3-05/02/1965
1256600105 - LE RIANILA A VOHIBINANY-BRICKAVILLE				
502	84	425	5,08	20-29/01/1970
REGION SUD-EST				
1254500105 - LA MANANJARY A ANTSINDRA				
122	51	349	6,84	3-09/03/1969
1254502003 - L'IVOANANA A FATIHITA				
203	241	1072	4,45	21/02-07/03/1970
1255600110 - LE NAMORONA A VOHIPARARA				
67,4	151	766	5,06	3-11/02/1969
1252400115 - LE FARAONY A VOHILAVA				
84,2	42	274	6,53	15-18/01/1970
1250600105 - LA MANANARA-SUD A MAROANGATY				
967	68	103	1,51	22/03-07/04/1956
1256201903 - L'EFAHO A FANJAHIRA				
82,5	421	6071	14,4	26/02-06/03/1964
REGION SUD				
1250700106 - LE MANDRARE A ANDABOLAVA				
242	60	1168	19,5	28-31/01/1951
1250702206 - LA MANANARA A BEVIA				
177	163	2645	16,2	26/03-01/04/1961

1250700103 - LE MANDRARE A AMBOASARY-SUD	287	23	325	14,1	2-07/02/1963
1253900115 - LA MANAMBOVO A TSIHOMBE	64,7	24	398	16,7	23-29/01/1963
1255499041 - BVR TRANOROA	0,017	26	3720	144	29/01/1968
1255400121 - LA MENARANDRA A TRANOROA	389	73	1342	18,4	16-21/02/1971
REGION SUD-OUEST					
1250804005 - L'IHOSY A IHOSY	75,6	50	367	7,28	25/02-02/03/1970
1250802805 - LA ZOMANDAO A ANKARAMENA	19,3	32	1252	36,6	25-26/12/1978
1250801510 - LA MANANANTANANA A TSITONDROINA	255	39	226	5,76	9-23/01/1964
1250899031 - BVR BANIAN	0,013	28	12800	450	20/12/1964
1250800115 - LE MANGOKY A BEVOAY	2880	54	511	9,55	16-19/01/1970
1255500105 - LA MORONDAVA A DABARA	433	93	1268	13,6	14-18/01/1970
1251306505 - LA SAHANIVOTRY AU PK 197,5	9,98	23	208	8,99	03-09/03/1973
1251305005 - LA MANANDONA A SAHANIVOTRY	(34,1)	(24)	(154)	(6,57)	14-19/01/1970
1251302005 - LA MANIA A FASIMENA	332	49	234	4,79	23-28/02/1970
1251302502 - LA MAHAJILO A ANTSAKOAMADINIKA	639	40	240	6,04	20/02-02/03/1981
1251300110 - LA TSIRIBIHINA A BETOMBA	1420	32	90	2,85	5-16/02/1964
REGION NORD-OUEST					
1250100230 - L'IKOPA A FIADANANA	232	25	297	12,1	13-17/02/1972
1250100221 - L'IKOPA A ANTSATRANA	532	29	208	7,29	13-18/02/1972
1250199021 - BVR AVAL ANKABOKA	0,297	73	17200	236	24-25/01/1962
1250101605 - L'ISINKO A AMBODIROKA	49,8	83	2467	29,7	14-15/01/1970
1250100105 - LA BETSIBOKA A AMBODIROKA	817	69	1000	14,4	14-20/01/1965
1253400105 - LA MAHAVAVY NORD A AMBILOBE	598	186	3146	16,9	18-20/01/1962
1256001002 - LA MANANJEBA A MARIVORAHONA	15,6	14	162	11,9	19-21/03/1982
1257102003 - LA RAMENA A AMBODIMANGA	521	483	2352	4,87	26/03-02/04/1959
1257100103 - LE SAMBIRANO A AMBANJA	492	174	1339	7,70	22-29/01/1976

HAUTS-PLATEAUX ET DEPRESSIONS INTERIEURES

1251002005 - LA SASOMANGANA AU PONT MLA	7,29	26	237	9,08	10-15/04/1984
1251001701 - LA RANOFOTSY A ANDILANATOBY	(3,32)	(17)	(372)	(21,4)	19-21/03/1982
1251003530 - LA SAHAMILAHY A MAHERIARA	6,91	44	378	8,58	9-15/04/1984
1251001010 - L'ANONY A AMBOHIBOANJO	59,4	40	139	3,47	28/01-08/02/1982
1250900110 - LE MANGORO A MANGORO GARE	309	86	444	5,18	11-19/03/1975
1250900105 - LE MANGORO A AMBODIMANGA	135	29	131	4,60	14-18/02/1972
1250102311 - LA SISAONY A ANDRAMASINA	11,9	37	689	18,4	13-17/02/1972
1250100218 - L'IKOPA A ANTELOMITA 1	93,2	73	745	9,44	14-18/01/1954
1250199012 - LA TAFAINA A AMBOHIDRANO	0,192	43	14600	342	05/12/1967
1250101209 - L'AMDROMBA A BEHENJY	8,11	25	212	8,40	13-17/02/1972
1250100233 - L'IKOPA A MAHITSY-KELY	73,5	41	130	3,14	14-31/01/1954
1250100224 - L'IKOPA A BEVOMANGA	52,1	12	34	2,71	5-14/02/1972
1250902010 - L'ONIVE A TSINJOARIVO	68,6	21	75	3,48	2-11/03/1975

Bien que les périodes d'observations (de quelques années à quelques dizaines d'années) et que la nature et le nombre de relevés soient très variables, le report de ces valeurs en fonction de la superficie montre très clairement (pl.6) leur regroupement en 3 populations, avec :

- les bassins entièrement forestiers (RAMENA, IVOANANA) ou présentant de larges plaines d'inondations (plaine d'ANTANANARIVO, cuvette de l'ALAOTRA,...),
- les bassins très dégradés avec couverture végétale faible sur latérite (BVR TAFAINA et ANKABOKA, BETSIBOKA,...) ou la plupart des bassins sur socle ancien du Sud et de pente moyenne à forte,
- tous les autres bassins, aux couvertures plus ou moins dégradées.

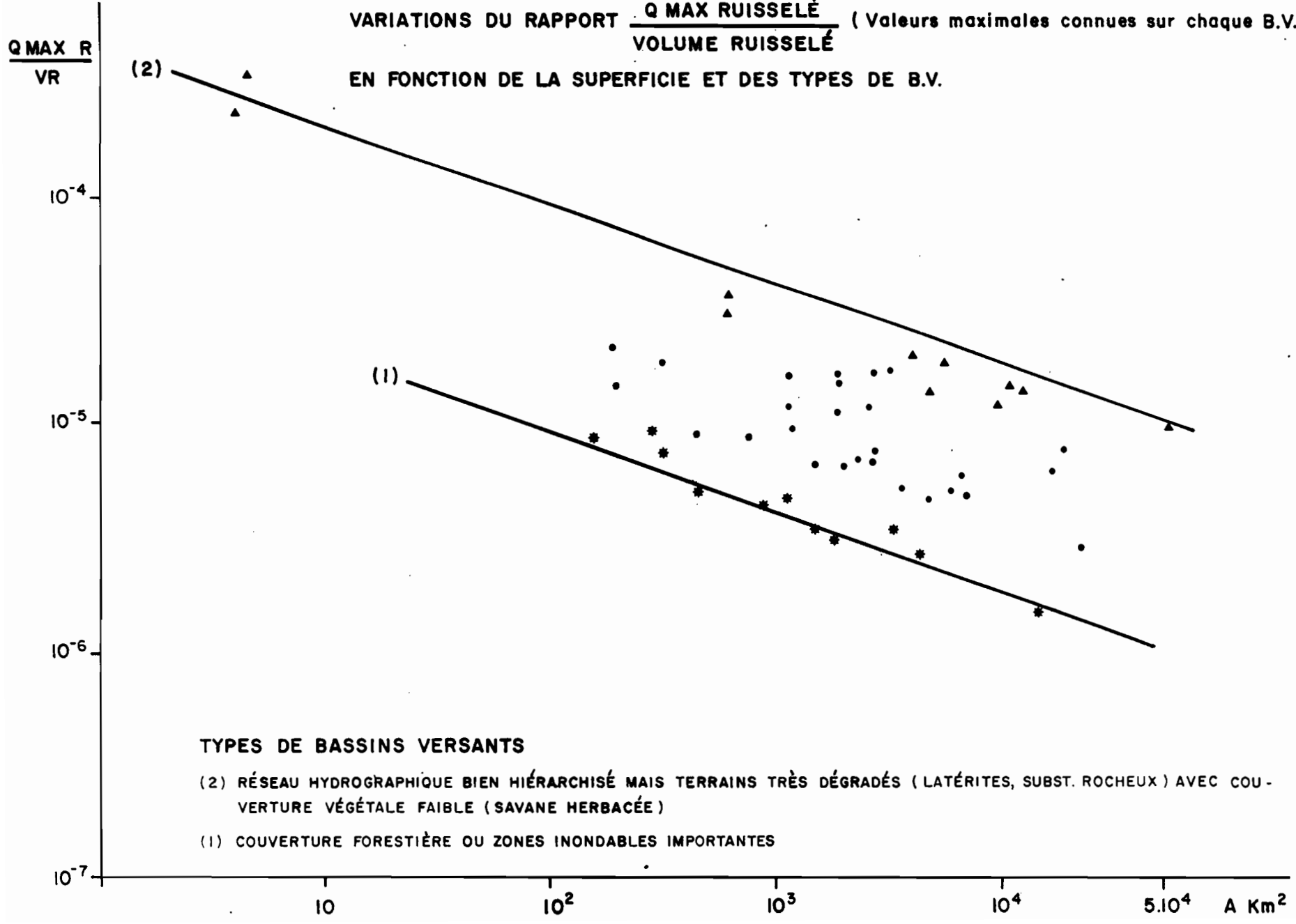
Le rapport Q_{MAX}/V_r , avant tout lié à la superficie, pourrait avoir pour expression $1/Q = m A^{-0,356}$, m variant avec les pentes (indice global de pente et % de zones inondables) et les états de surface (couverture).

Pour les trois familles de bassins sur socle ancien à Madagascar, m prendrait comme valeurs :

$$m_1 = 48 \cdot 10^{-6} \quad m_2 \leq 480 \cdot 10^{-6} \quad 48 \cdot 10^{-6} < m_3 < 480 \cdot 10^{-6}$$

MADAGASCAR

VARIATIONS DU RAPPORT $\frac{Q \text{ MAX RUISSELÉ}}{\text{VOLUME RUISSELÉ}}$ (Valeurs maximales connues sur chaque B.V.)
EN FONCTION DE LA SUPERFICIE ET DES TYPES DE B.V.



A titre de comparaison, pour les petits bassins sur formations volcaniques et aux fortes pentes de Martinique et de Guadeloupe une valeur moyenne de m , comprise entre $830 \cdot 10^{-6}$ et $390 \cdot 10^{-6}$, pourrait être prise égale à $650 \cdot 10^{-6}$

Fait important pour Madagascar, les déforestations excessives sur brulis (tavy) pourraient être la cause d'une aggravation des risques de crues (augmentation des débits de pointe), dans les secteurs les plus touchés (massifs de la seconde falaise Est en particulier).

BIBLIOGRAPHIE CHAPITRE V

- 1 - 1976 GUISCAFRE J., KLEIN JC., MONIOD F.
Les ressources en eau de surface de la MARTINIQUE
ORSTOM, Monographie Hydrol., n° 4, pp. 132-135
- 2 - 1985 CHAPERON P., L'HOTE Y., VUILLAUME G.
Les ressources en eau de surface de la GUADELOUPE
ORSTOM, Monographie Hydrol., n° 7, t. 1, pp. 398-402

CHAPITRE VI

PRECIPITATIONS ET CRUES CYCLONIQUES

VI.1 - GENERALITES

Durant l'été austral (de novembre à avril), l'équateur météorologique oscille entre 4 et 18° Sud, avec convergence vers ce thalweg et en surface, de vents du Nord-Ouest (mousson indienne d'hiver) et de l'Est.

Un renforcement de la convergence (due en particulier à une température de l'eau de mer supérieure à la normale,) peut être à l'origine de dépressions chaudes et de précipitations parfois très importantes dans le Nord de l'île, sans que ces systèmes évoluent en dépressions tropicales ou cyclones.

Les météorologues [9] ont déterminé un certain nombre de conditions (indices dynamiques et énergétiques) pour que ces amas nuageux s'organisent en vortex, se creusent et se déplacent. La position en latitude (force de coriolis) de la zone de convergence intertropicale (ZCIT) et la température de l'océan (profondeur de l'isotherme 26°C) en sont les facteurs les plus apparents.

Dans le Sud de l'Océan Indien, l'une des régions au monde les plus touchées par les cyclones tropicaux (14%), le nombre de dépressions et cyclones tropicaux est en moyenne d'une quinzaine par an.

La zone de cyclogénèse, au Sud de la trace au sol de la ZCIT, se situe entre 8° et 18° S. Les premières et dernières dépressions de la saison se forment le plus souvent entre 8 et 10° S, au Nord-Est de Madagascar (entre Agalega et Diégo-Garcia) et affectent principalement le Nord et le Nord-Est de l'île. En pleine saison, toute l'île peut être touchée par des dépressions qui se lèvent tant à l'Est entre les 10 et 18° S (St Brandon) qu'à l'Ouest, sur le canal de Mozambique.

VI.2 - PRECIPITATIONS EXCEPTIONNELLES

VI.2.1 - Hauteurs journalières

Probablement en raison d'un manque d'observations dans certains secteurs montagneux difficiles d'accès (MASOALA, pentes du TSARATANANA,...) et d'un nombre insuffisant de pluviographes ou de pluviomètres de grande capacité, les records de pluviométrie journalières stagnent.

La hauteur record du 12/12/1945 à AMBANJA (561,5 mm) n'a été dépassée que le 21/01/1977, avec 568,4 mm à MORONDAVA (cyclone Domitile - hauteur de 5h à 5h), alors que l'île de la Réunion toute proche détient les records mondiaux des hauteurs de pluie de 12h (1114 mm) à 15 jours (6078 mm).

VI.2.2 - Types d'averses et répartitions

Si le passage de fronts froids associés à des perturbations polaires et le renforcement de l'alizé peuvent occasionner d'assez fortes pluies de mai à octobre sur l'Est et le Sud, les averses importantes sont le plus souvent directement ou indirectement liés à l'activité de la ZCIT, sans qu'il soit toujours possible :

- de distinguer d'après les intensités le type de système convectif (orages et pluies de mousson, lignes de grains à l'avant de cyclones, bandes nuageuses extérieures, masse nuageuse du tourbillon central).
- d'estimer sans imagerie précise de la couverture nuageuse les réponses des différents bassins.

Ainsi, au cours de la première semaine de février 1977, le passage du cyclone Emilie provoque de très fortes crues sur les bassins de l'ANDROMBA et de la SISAONY, alors que l'IKOPA atteint péniblement sa cote d'alerte. Les branches-mères de l'IKOPA ne réagiront (seconde crue observée au cours de la période 1959-80) qu'aux séries d'averses orageuses des 8 et 9 février, liées à l'activité de la ZCIT sur Madagascar, alors que les dépressions Gilda et Fifi évoluent plus à l'Est.

VI.2.3 - Intensités

Bien qu'ils n'aient pu être réactualisés, certains résultats d'exploitation par le BCEOM [4] des pluviogrammes des stations du réseau de l'aéronautique civile et de la météorologie ont été repris, afin de permettre l'estimation (pl.2) d'un ordre de grandeur des intensités horaires (pour une période de retour $T = 5$ ans) à partir des précipitations journalières de fréquence décennale (variations du rapport $H_{24,10} / H_{1,5}$).

N° Code	STATION	Intensités - H mm			Périodes d'observations N ans
		Précipitations horaires T = 5 ans	Maximums connus		
			1 h	30 mn	
022400	AMBODIFOTRA	88	78,0	49,5	5
050000	ANALALAVA	95	98,0	69,0	6
053600	ANDAPA	64	55,0	47,5	6
087200	ANTALAHA	66	85,0	52,0	10
104800	ANTSIRABE	59	65,0	45,0	5
140800	ANTSERANANA	65	84,0	54,0	30
153200	FIANARANTSOA	60	55,0	45,0	7
170000	IVATO	75	82,0	49,5	8
191600	MAHAJANGA	72	96,0	63,5	31
199600	MANANJARY	69	62,0	52,0	8
232800	MORONDAVA	78	83,0	44,0	6
254400	SAMBAVA	76	60,0	39,5	7
262400	TOAMASINA	84	117,0	79,5	30
266800	ANTANANARIVO	61	74,5	51,5	27
278000	TOLEARA	47	54,0	47,0	20
280800	VOHEMAR	55	58,0	46,0	7

VI.3 - TRAJECTOIRES ET CRUES CYCLONIQUES

La masse centrale qui s'organise autour du centre dépressionnaire (oeil) d'un cyclone est décrite comme une masse compacte et un véritable "anneau de pluie".

Si cet anneau tourbillonnaire est la zone la plus active [10], notamment par son "demi-cercle dangereux" (à gauche dans le sens de la trajectoire pour les cyclones de l'hémisphère Sud), il ne semble pas forcément toujours être le siège des précipitations les plus intenses.

Le tracé des isohyètes n'étant pas permis en raison de la trop faible densité des postes, trois critères ont été retenus pour la localisation des cellules de fortes précipitations :

- le rapport des pluies journalières aux pluies accumulées au cours de l'épisode cyclonique
- les périodes de retour des hauteurs maximales journalières relevées
- les périodes de retour des différents maximums de crue.

Si un fichier assez complet des crues a pu être établi pour la plupart des perturbations identifiées au cours de la période 1953-79, pour les précipitations seuls quelques évènements remarquables ayant fait l'objet de notes assez détaillées ont été étudiés.

VI.3.1 - Le cyclone tropical d'ANDEVORANTO (pl.7 et 8)

Ce cyclone qui a traversé l'île d'ANDEVORANTO à MORONDAVO [2], et qui est responsable de nombreux dégâts sur la cote (vents et raz-de-marée) entre TOAMASINA et VATOMANDRY, est surtout connu par les précipitations et les crues (Haut IKOPA) qui ont surtout affecté de larges zones à droite de sa trajectoire.

Les précipitations dans le secteur Ouest sont d'ailleurs plus fortes qu'elles n'apparaissent avec un découpage journalier de 7h à 7h. MAINTIRANO aurait ainsi reçu 412,4 mm du 15 (17h00) au 16 (17h00), comptabilisés dans les 271,7 et 198,9 mm des 15 et 16 janvier 1954.

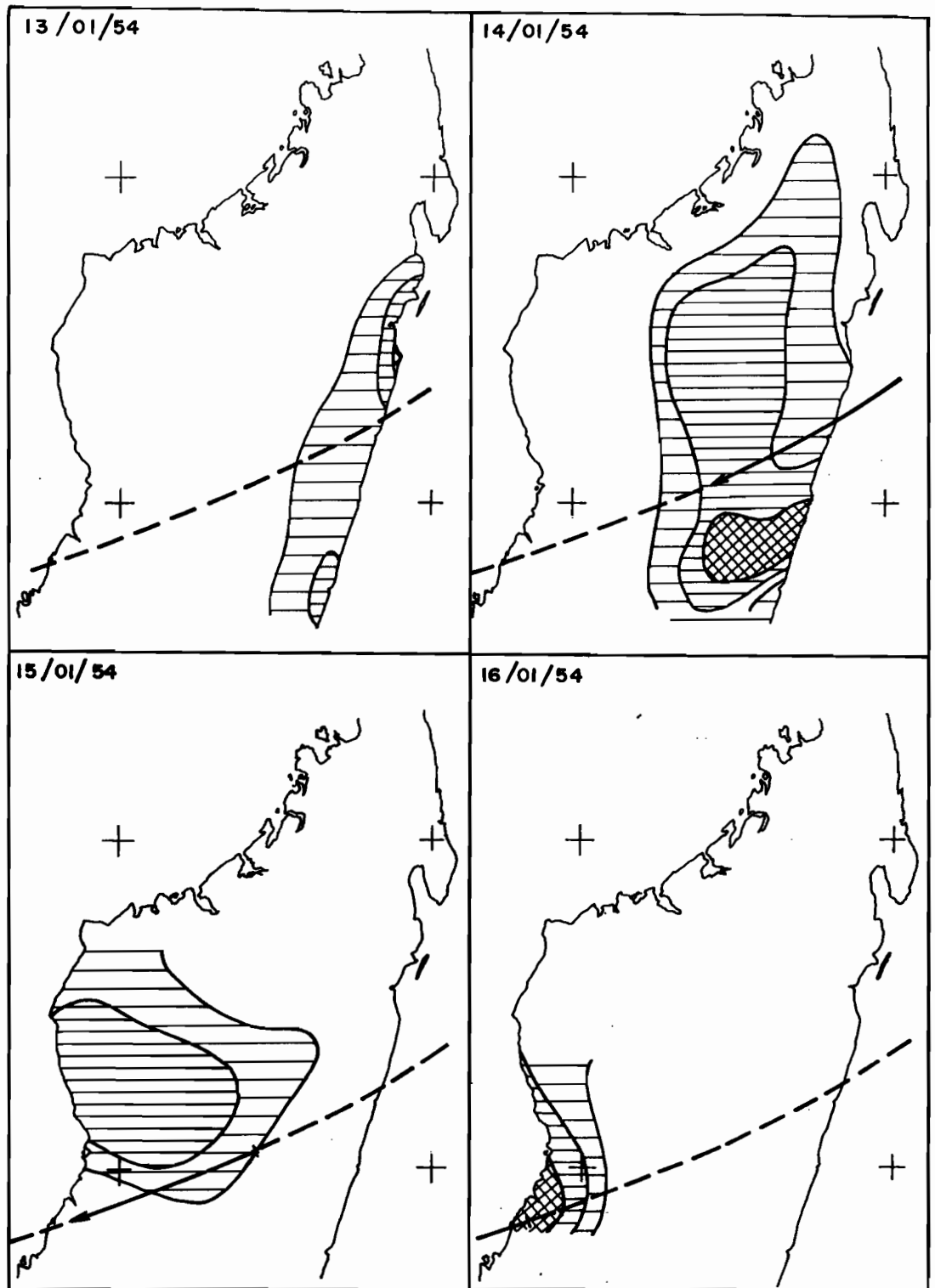
VI.3.2 - Le cyclone tropical de MANANARA Nord (pl.9 et 10)

Survenant après le cyclone de Cap Est - MANAKARA, ce cyclone tropical intense, tout en donnant normalement des vents forts à gauche de sa trajectoire (d'AMBODIFOTRA à TOAMASINA), a provoqué de fortes précipitations à droite de sa trajectoire, sauf lors de son infléchissement le 27 mars 1959 [3,5].

En ne tenant pas compte des bassins où les stockages consécutifs au premier cyclone ont contribué au renforcement de cette seconde crue (ANDROMBA, BEVOMANGA et dans une moindre mesure MANGORO et ROGEZ-ANDEKALEKA), ce sont les stations situées au Nord de la trajectoire (bassins SOFIA et BEMARIVO) qui présentent les crues les plus importantes.

VI.3.3 - Le cyclone tropical Eugénie (pl.11)

Se déplaçant vers l'Ouest Sud-Ouest, ce cyclone a traversé Madagascar en moins d'une journée, avec des vents forts entre FENERIVE et MANAKARA et des pluies violentes [6,7]



CYCLONE TROPICAL D'ANDEVORANTO

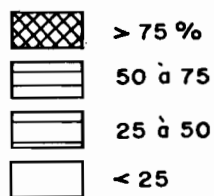
Rapport des pluies journalières aux pluies accumulées
du 13 au 16.01.54



Parcours en 24^h

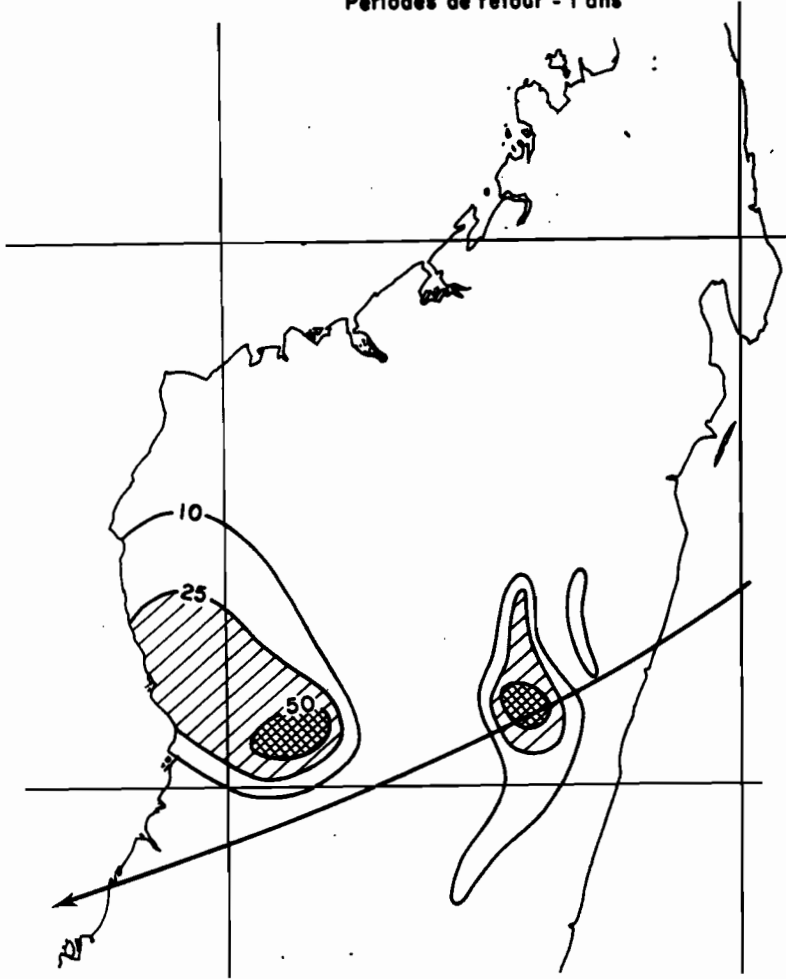


Trajectoire

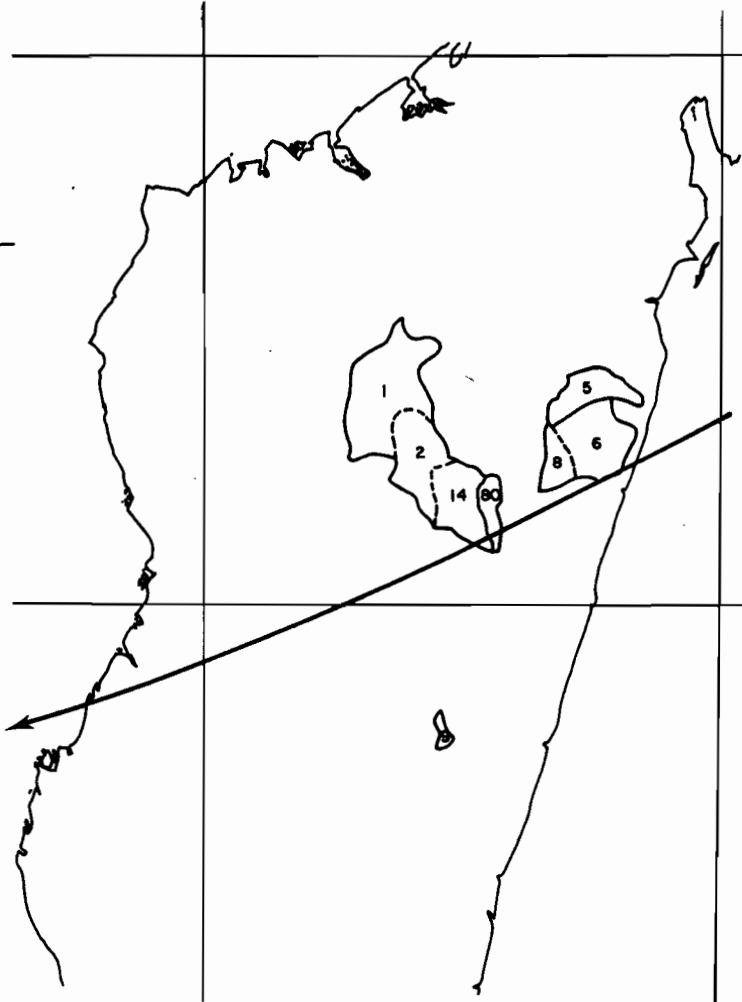


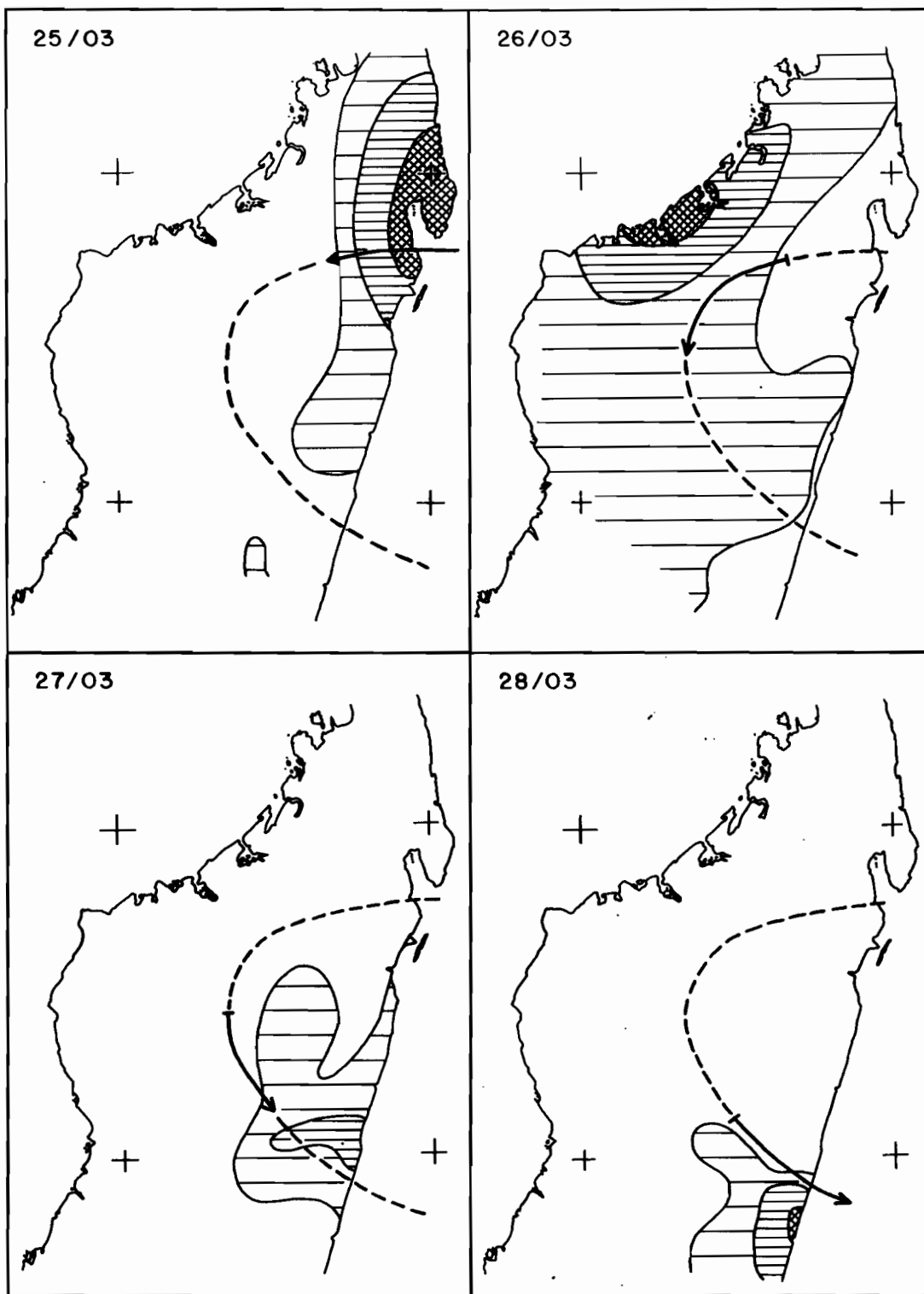
CYCLONE TROPICAL D'ANDEVORANTO

Maximum journalier connu du 13 au 16/01/1954
Périodes de retour - T ans



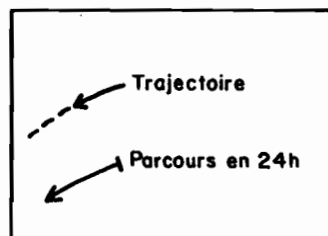
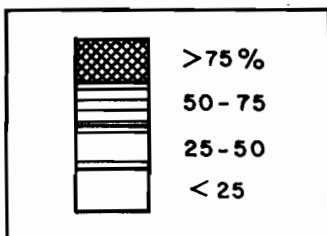
Maximum de crue observée - Périodes de retour T ans

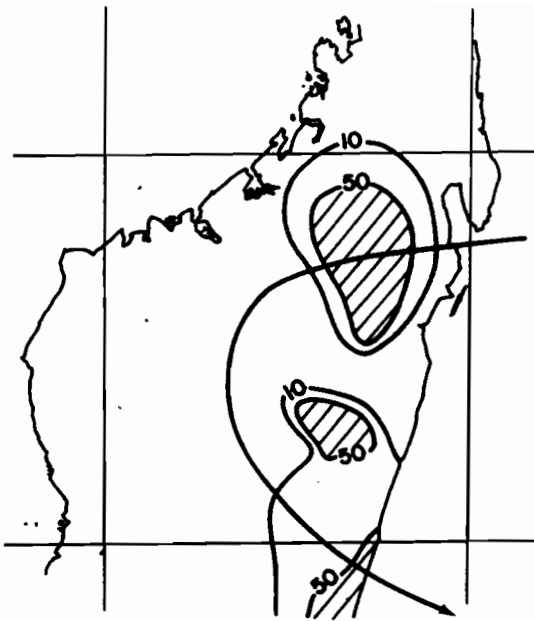




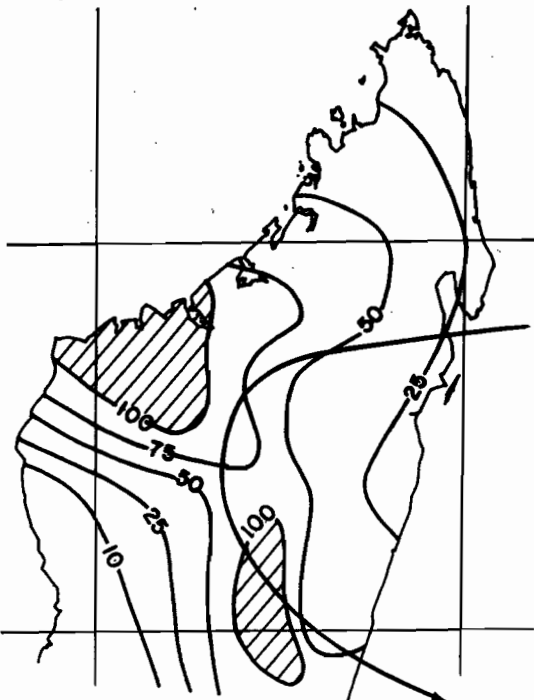
Cyclone tropical de MANANARA Nord

Rapport des pluies journalières aux pluies accumulées
du 25 au 28/03/1959



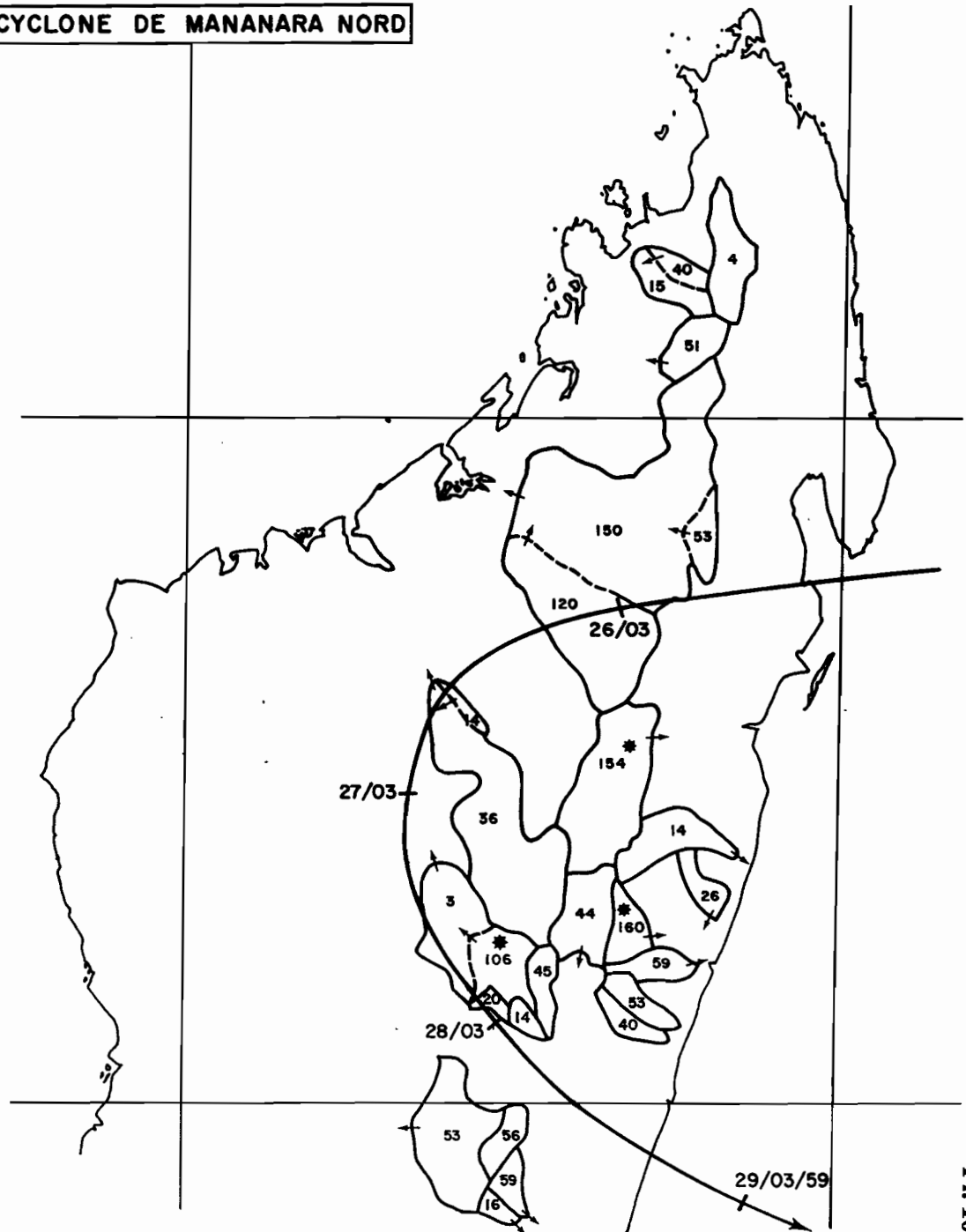


Maximum journalier connu du 25 au 28/03
Période de retour Tans

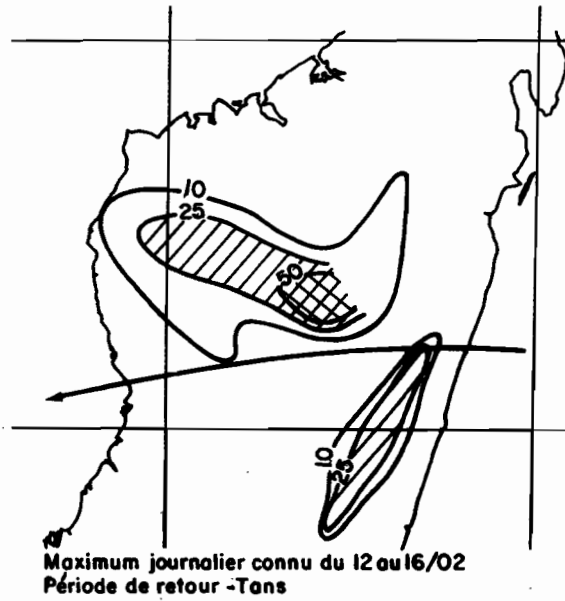


Rapport des pluies accumulées du 25 au 29
à la période du 16 au 29/03/59

CYCLONE DE MANANARA NORD



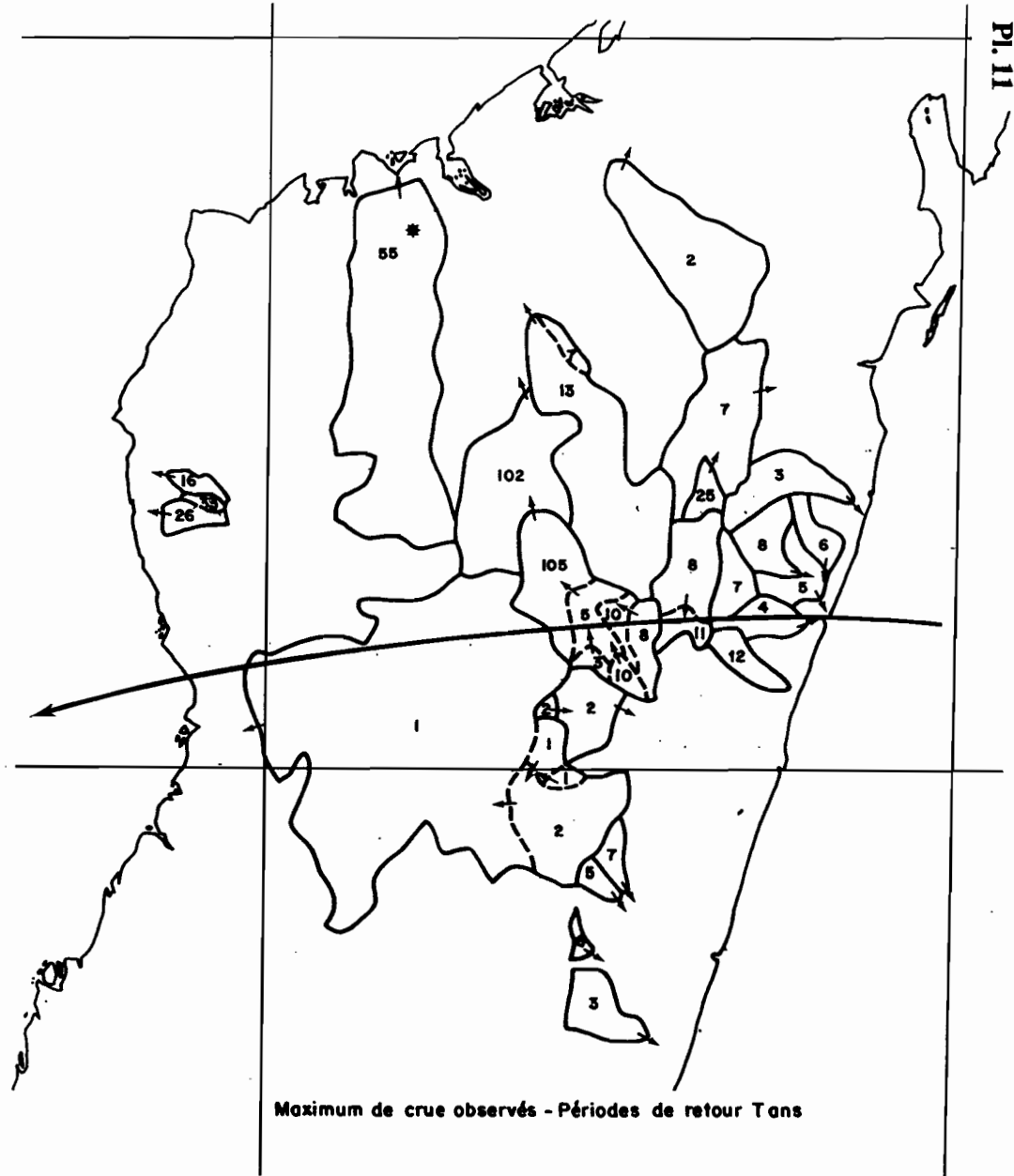
Maximums de crue observés - Périodes de retour Tans



Maximum journalier connu du 12 au 16/02
Période de retour -Tans



Rapport des pluies accumulées
les 13 et 14/02 au mois (02/1972)



Maximum de crue observés - Périodes de retour Tans

CYCLONE EUGÉNIE

qui ont surtout intéressé des secteurs à droite de sa trajectoire (crues extrêmement fortes sur l'IKOPA à FIADANANA et à ANTSATRANA ainsi que dans la région de MAINTIRANO).

VI.3.4 - Interprétation des résultats d'observations

De pareils résultats pourraient laisser à penser que les plus fortes pluies et crues se retrouvent systématiquement à droite de la trajectoire, sauf quand celle-ci s'incurve ou que la dépression se comble.

L'examen de l'imagerie satellitaire [8] ayant montré que le déplacement d'un cyclone était lié à l'absence (incurvation de la trajectoire) ou à la présence de cellules extérieures de cumulo-nimbus (extrémité de la bande nuageuse extérieure), les grains les plus violents pourraient surtout être produits par :

- les amas de cumulo-nimbus les plus développés des bandes extérieures et face au cyclone (trajectoire maintenue)
- l'anneau tourbillonnaire, en l'absence de cumulo-nimbus à l'avant de la trajectoire et amenant son infléchissement.

VI.3.5 - Trajectoires et crues anciennes - Essai d'interprétation à partir des résultats précédents

Si les observations satellite sont malheureusement trop récentes, un certain nombre de trajectoires anciennes identifiées devrait permettre l'amélioration de l'information crues, comme pour cette année 1945 où quatre fortes dépressions ont été recensées (pl.12) :

Cyclone tropical de SOALALA (16-19/01/1945)

Connu comme "cyclone de faible intensité, ayant traversé l'île d'Ouest en Est du 17 au 18/01/1945 sans crue importante signalée", cette perturbation a dû amener la descente de la ZCIT vers le Sud et le développement d'une activité orageuse dans le Nord-Ouest (crue du SAMBIRANO le 18 - $Q = 5000 \text{ m}^3/\text{s}$ - $T = 15$ ans).

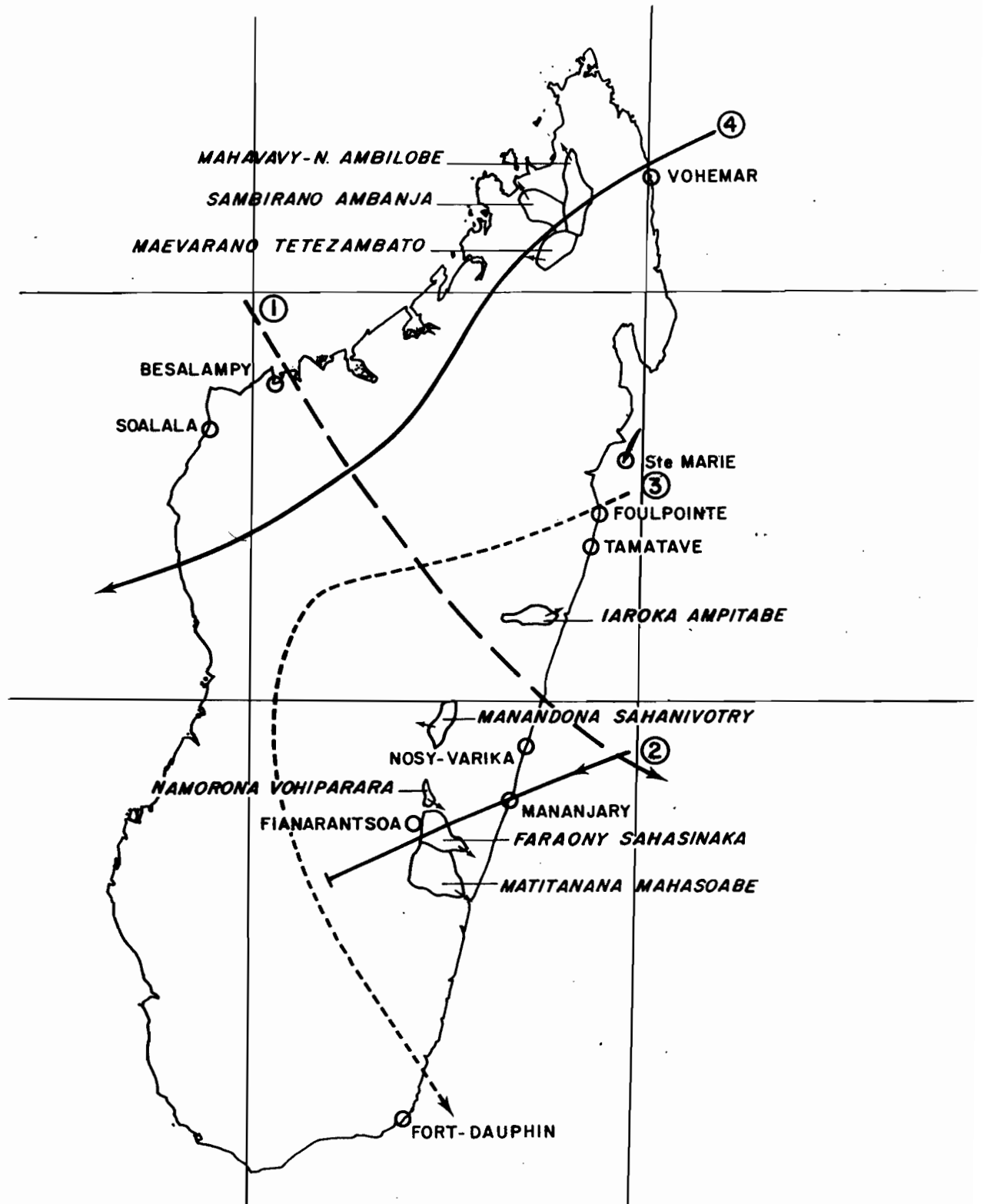
Dépression tropicale de NOSY VARIKA

Cette "dépression tropicale de forte intensité aborde la cote malgache près de MANANJARY le 5 février et se comble le 6 sur les plateaux du Sud, provoquant des pluies torrentielles à l'intérieur du triangle FIANARANTSOA - MANANJARY - MANAKARA et causant des dégâts très importants à la voie ferrée MANAKARA - FIANARANTSOA".

Des crues relativement importantes sont connues (données d'enquêtes) à droite de la trajectoire, sur la IAROKA ($Q = 3900 \text{ m}^3/\text{s}$ - $T = 33$ ans) et la MANANDONA ($Q = 510 \text{ m}^3/\text{s}$ - $T = 38$ ans), puis à gauche de celle-ci (cf. comblement) sur le NAMORONA, le FARAONY ($Q = 4500 \text{ m}^3/\text{s}$ - $T = 59$ ans) et la MATITANANA ($Q = 4100 \text{ m}^3/\text{s}$ - $T = 24$ ans).

Cyclone tropical de FOULPOINTE

Ce "cyclone d'intensité modérée aborde entre SAINTE-MARIE et TAMATAVE le 14 février et ressort toujours sur l'Océan Indien près de FORT-DAUPHIN le 17, causant des pluies abondantes dans les régions Nord-Ouest et Ouest où l'on enregistre des inondations (SAMBIRANO et région de BESALAMPY - MAINTIRANO)".



Les cyclones de l'année 1945 et leurs effets

Non seulement de fortes précipitations sont signalées à droite de la trajectoire mais des maximums de crues ont été relevés sur la MAEVARANO à AMBODIVOHIRA ($Q = 550 \text{ m}^3/\text{s} - T = 24 \text{ ans}$) et le SAMBIRANO à AMBANJA ($Q = 3300 \text{ m}^3/\text{s} - T = 6 \text{ ans}$).

Cyclone tropical de VOHEMAR

Ce "cyclone traverse Madagascar du Nord-Est à l'Ouest du 11 au 13 et provoque des pluies très abondantes sur le Nord et le Nord-Ouest de l'île".

Les records déduits des enquêtes se situent tous les deux à droite de la trajectoire, sur le SAMBIRANO à AMBANJA (crue du 12/12/1945 - $Q = 5180 \text{ m}^3/\text{s} - T = 17 \text{ ans}$) et la MAHAVAVY Nord à AMBILOBE ($Q = 7940 \text{ m}^3/\text{s} - T = 45 \text{ ans}$).

VI.3.6 - Le cyclone tropical Félicie

On ne saurait clore ce chapitre sans présenter la trajectoire du cyclone Félicie; trajectoire assez peu académique puisque ce cyclone a intéressé toute la Grande Ile du 19 janvier au 5 février 1971, en traversant à trois reprises. La planche 13 présente, après séparation des hydrogrammes de ruissellement, les débits moyens journaliers spécifiques établis pour les principales stations.

Les bassins du Nord-Ouest (SAMBIRANO et MAHAVAVY Nord), tout comme ceux du Sud-Est (NAMORONA et FARAONY) bien arrosés, sont touchés directement par une perturbation bien organisée ou qui vient de se régénérer.

Les bassins du Nord-Ouest et du Centre-Ouest sont relativement peu affectés par un cyclone qui, progressant d'Ouest en Est, remonte ces bassins.

À la troisième traversée, l'atténuation est rapide et seuls les bassins du Sud Sud-Est (MANANARA Sud, EFAHO et MANDRARE) sont très sérieusement touchés.

BIBLIOGRAPHIE CHAPITRE VI

1 - Fichiers de la Météorologie Nationale
Serv. Météo. ANTANANARIVO

2 - 1954 A.
Résumé mensuel du temps. Janvier 1954
Serv. Météo. MADAGASCAR et Dépendances, 8 p.

3 - 1959 CHAUSSARD A., LAPLACE L.
Les perturbations dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien. Saison chaude 1958-1959
Rev. La Météorologie, pp. 323-366

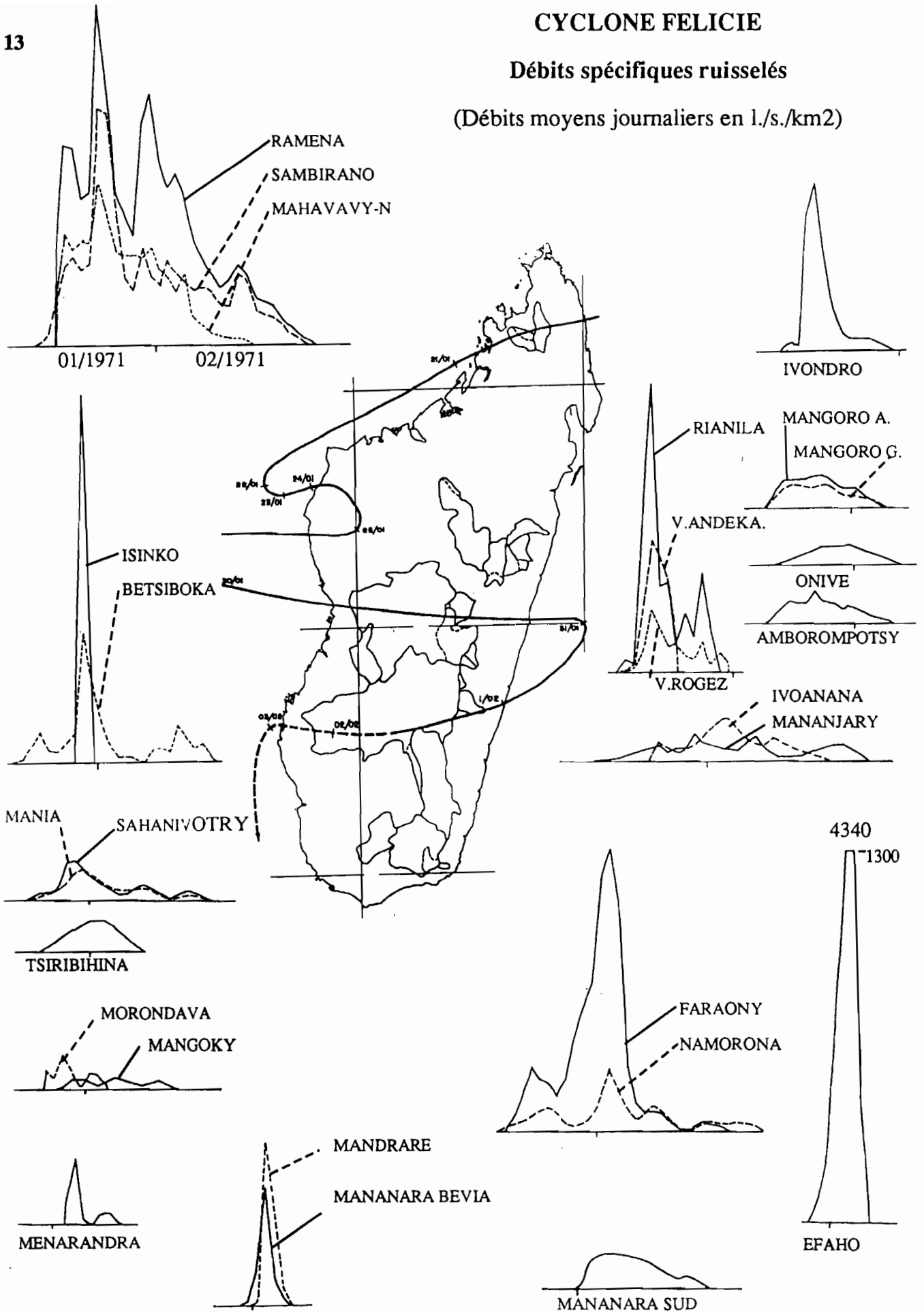
4 - 1967 A.
Etude d'une méthode de calcul de débouché à donner aux petits ouvrages d'art à MADAGASCAR (méthode simple de calcul, rapport de synthèse et annexes)
BCEOM - ME, Rapport multigr., 54 + 40 p.

5 - 1968 A.
Extraits des annales des services météorologiques de la France d'Outre-Mer.
Territoires Français de l'Océan Indien. Année 1959
Dir. Météo. Nat. PARIS, 120 p.

CYCLONE FELICIE

Débits spécifiques ruisselés

(Débits moyens journaliers en l./s./km²)



6 - 1972 A.

Rapport technique sur le cyclone tropical Eugénie
MN, Rapport multigr., 13 p. dont ann.

7 - 1972 A.

Saison cyclonique 1971-1972
MN REUNION, Rapport multigr., 24 p. + graph. + photos

8 - 1976 LAJOIE F.A., NICHOLLS N.

Relation entre le mouvement d'un cyclone et sa structure nuageuse
Rev. Met-Mar, n° 91, pp. 32-39

9 - 1976 GRAY W.

Genèse des cyclones tropicaux
Rev. La Météorologie, n° spécial 6, pp.275-295

10 - 1983 AUZENEAU S., DARCHEN J.

Autour de la saison 1982-1983 des perturbations tropicales en Polynésie Française
Rev. Met-Mar, n° 120, pp. 14-30

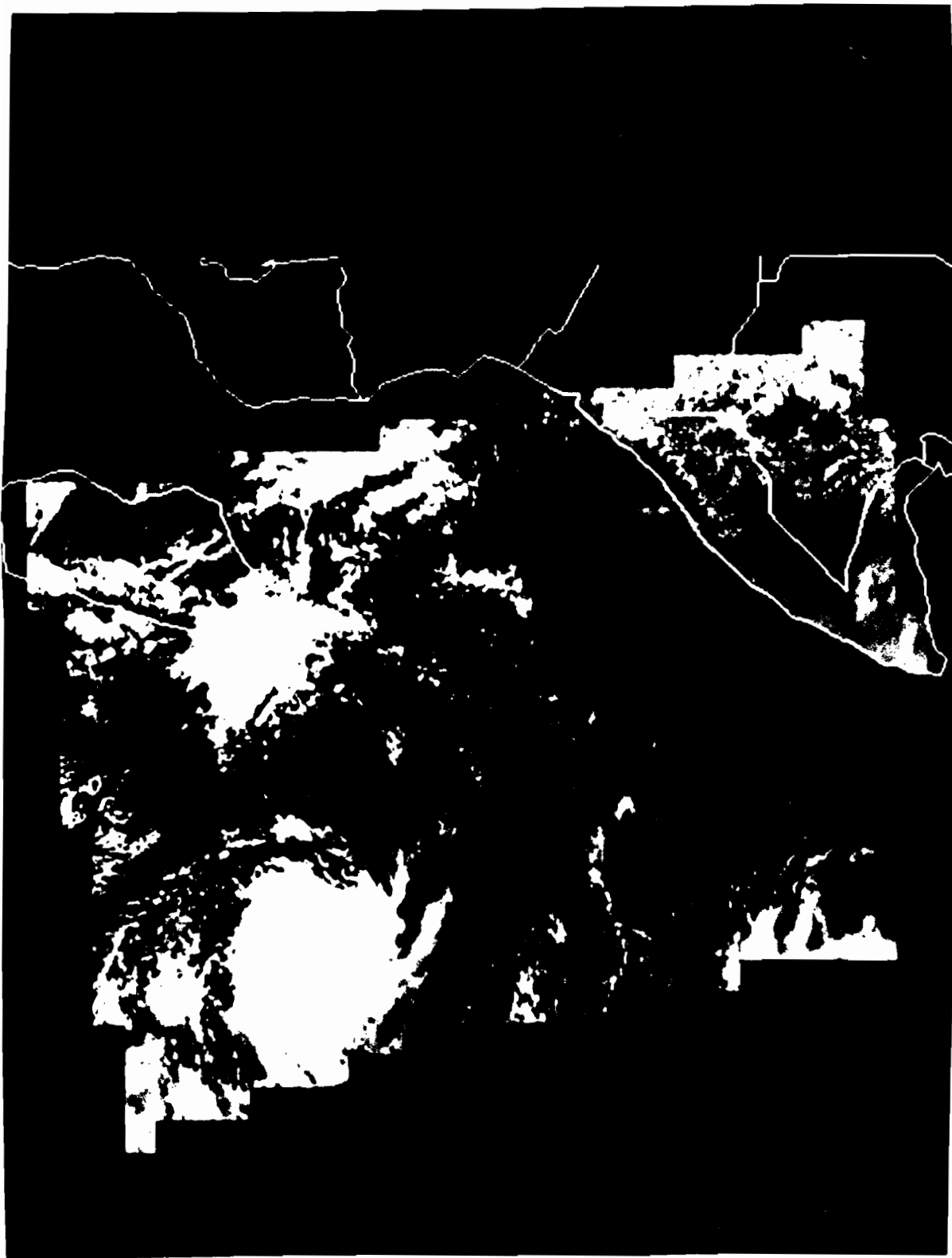
11 - 1983 DANLOUX J.

Crues d'origine cyclonique dans l'Océan Indien (MADAGASCAR) et le Pacifique Sud
(NOUVELLE-CALEDONIE et TAHITI)
AIHS Coll. HAMBOURG - Août 1983 Publ. n° 140, pp. 29-37

ANNEXE I

**Relation entre le mouvement d'un cyclone
et les bandes nuageuses extérieures**

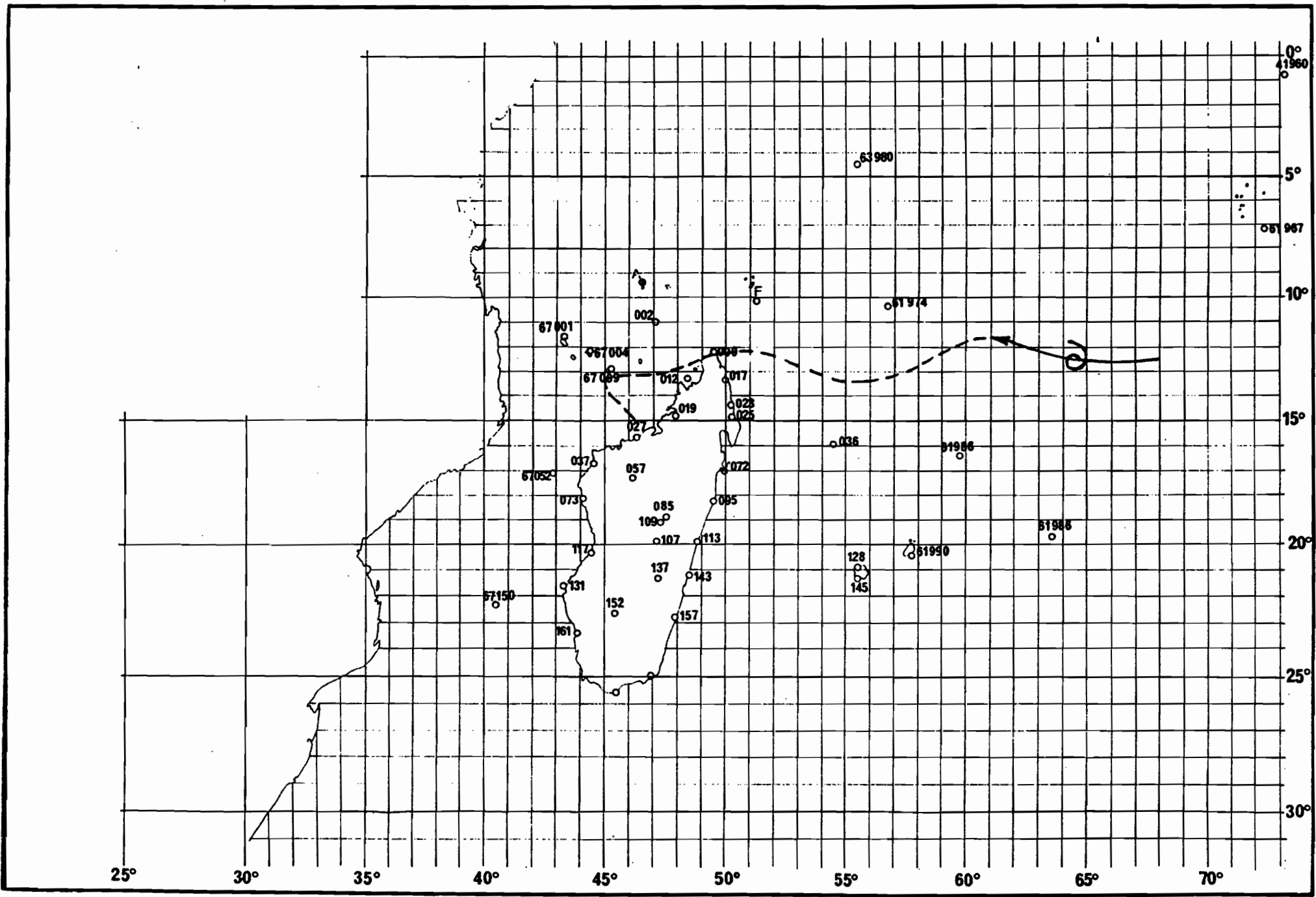
**Trajectoire et image du cyclone KAMISY
(d'après documents de la Météorologie Nationale)**



ANNEXE II

Evaluation des maximums de crue

Conditions et limites d'utilisation des méthodes proposées



	Microhydraulique (prise, radier)	Franchissement (pont routier)	Prise ou pont dans zone à haut risque et en l'absence de données	Prise d'eau avec régularisation	Grand barrage
Evaluation du débit par profil et pente	X	X		X	X
Caractéristiques du bassin (A, H, I, E, G, V)	X	X	X	X	X
Enquête historique	X	X		X	X
Evaluation de la crue décen- nale (régression multiple)	X	X	X		
Evaluation d' une crue supé- rieure (facteur multiplicatif) Q_T/Q_{10}		X			
Courbe enveloppe			X	X	
Pluie de pro- jet et modèle pluie-débit					X
Gradex,...					X
Risque majeur	Contournement d'ouvrage	Contournement ou destruction par submersion			
Protection possible	Limitation du "bétonnage"	Digue fusible			

