

LES CYCLONES DE MARS 1959 A MADAGASCAR

par

M. ALDEGHERI

*Maître de Recherches à l'O.R.S.T.O.M.
Chef du Service Hydrologique de l'I.R.S.M.*

Au cours du mois de Mars 1959, la côte Est de MADAGASCAR et la région des Hauts-Plateaux ont été ravagées par deux violents cyclones successifs, le premier du 15 au 24 Mars, le second du 25 Mars au 1er Avril. Ces deux cyclones conjuguant leurs effets ont donné lieu à des dévastations telles qu'il n'en avait pas été observé depuis un bon nombre d'années.

Nous donnerons tout d'abord un bref aperçu des phénomènes et une analyse de leur évolution. Puis, nous étudierons leurs conséquences sur les débits des rivières des Hauts-Plateaux dans la région de TANANARIVE.

Enfin, nous terminerons par un rapide examen des crues observées sur les fleuves coulant vers la côte Est dans la région TAMATAVE - BRICKAVILLE.

I - ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES PHÉNOMÈNES

L'observation et l'étude de ces météores ont fait l'objet de notes du Service Météorologique de MADAGASCAR. Nous en extrayons les passages suivants :

" CYCLONE TROPICAL DU 15 AU 24 MARS 1959 SUR LA CÔTE EST DE MADAGASCAR "

" Le 14 Mars, la zone de convergence intertropicale s'étend du Nord de MADAGASCAR aux régions comprises entre les Iles AGALÉGA au Nord et TROMELIN, SAINT-BRANDON au Sud. Le renforcement d'un anticyclone mobile au Sud-Sud-Ouest de MADAGASCAR s'accompagne de la formation d'une dépression sur la zone de convergence intertropicale.

Le 15 Mars, l'anticyclone atteint le Sud de MADAGASCAR et la dépression s'est déplacée vers l'Ouest, se situant entre AGALÉGA et TROMELIN. Le flux d'alizés, très instable d'après les observations de la côte orientale malgache, renforce sensiblement la circulation dépressionnaire et, dès la soirée du 15, la baisse du champ de pression est générale sur les îles du Nord des MASCAREIGNES et le Nord-Est de MADAGASCAR.

Le 16 Mars, le creusement de la perturbation se poursuit et la circulation dépressionnaire s'observe en altitude, sans que l'on puisse relever un renforcement sensible du flux équatorial d'Ouest; toutefois, l'observation de MAHÉ, aux SEYCHELLES, indique des vents au sol du secteur Nord-Ouest 15 noeuds. Le 16 après-midi, la rotation des vents en altitude de TROMELIN est le seul indice d'un lent déplacement vers l'Ouest de la perturbation.

Evoluant progressivement en cyclone tropical au cours de la nuit du 16 au 17, la tempête se rapproche des côtes de MADAGASCAR à la vitesse de 10 noeuds environ. Le ciel dépressionnaire d'altostratus, doublés de stratocumulus et fracostratus, s'étend sur le littoral Nord-Est, tandis que disparaît le caractère anticyclonique du flux d'Est qui touche l'ensemble de la côte Centre-Est de l'île. On observe de fortes précipitations du Cap-Est à MANANJARY. Durant la matinée, la trajectoire de l'ouragan s'infléchit vers l'Ouest-Sud-Ouest; le centre de la perturbation aborde la côte malgache sur la région du Cap-Est le 17 Mars vers 1300 TU. Continuant son déplacement vers l'Ouest-Sud-Ouest, l'ouragan traverse la presqu'île du Cap MASOALA en ralentissant et en perdant de son intensité.

Le matin du 18 Mars, la tempête atteint la baie d'ANTONGIL puis les versants Nord-Est au cours de la nuit suivante.

La station météorologique d'ANTALAHA, dans le demi-cercle Nord de la perturbation, n'enregistre pas de vent violent, les rafales n'atteignant que 47 noeuds (soit 24,2 m/s ou 87,1 km/h). Les précipitations s'élèvent à 95,4 mm le 16 et 63,2 mm le 17 Mars.

Par contre, à 200 km environ du centre de la perturbation dans le demi-cercle Sud, les vents moyens varient à l'île SAINTE-MARIE entre 18 et 22 noeuds avec des rafales atteignant 52 noeuds (soit 26,8 m/s ou 96,4 km/h) le 17 Mars à 10 h 50 et le 18 à 10 h 25 locales. Les précipitations sont fortes : 49,9 mm le 16; 128,4 mm le 17; 229 mm le 18 Mars.

A TAMATAVE qui s'est trouvée à plus de 300 km du centre, la station météorologique située sur le terrain d'aviation n'enregistre pas de violentes rafales. Par contre, en bordure de mer, la vitesse atteinte par les rafales est très nettement supérieure. Durant la nuit du 16 au 17 Mars, leur violence est telle qu'une grue du port, pesant plus de 100 tonnes, est poussée sur plus de 100 mètres tandis que le s/s Caplane, au mouillage, chasse sur son ancre et manque d'être jeté à la côte. L'avis Lapérouse, navigant à 70 km dans l'Est-Sud-Est de TAMATAVE, estime les rafales à 40 noeuds durant toute la journée du 18 Mars.

Dans ces conditions, il est certain que les parties les plus exposées du littoral Est de MADAGASCAR compris entre le Cap-Est et TAMATAVE ont été touchées par des vents atteignant 100 km/h.

Le 19 Mars, considérablement affaiblie par son parcours terrestre, la perturbation, centrée sur le Nord-Est des plateaux, ne s'accompagne plus que de coups de vent isolés en mer; par contre, elle provoque de très abondantes précipitations sur l'ensemble des régions orientales d'ANTALAHA à MAHANORO, les versants Nord-Est, les plateaux du Nord et la région Lac ALAOTRA - haute vallée du MANGORO, les versants Nord-Ouest.

Se déplaçant vers le Sud à la vitesse de 3 noeuds environ, la dépression arrive dans la région du Lac ALAOTRA le 20 Mars au matin. La zone pluvieuse s'étend maintenant jusqu'au littoral Sud-Est et aux versants correspondants. Accélérant son déplacement vers le Sud-Sud-Est au cours de la journée, la dépression sort sur mer, dans la région de TAMPINA- BRICKAVILLE, au cours de la nuit.

Le 21 Mars, un couloir dépressionnaire prolonge une dépression polaire jusqu'à nos régions et la perturbation continue son déplacement vers le Sud-Sud-Est à la vitesse de 5 noeuds. Du fait de son parcours sur mer, elle gagne de nouveau en intensité et les pluies persistent sur la côte Est de la Grande Ile.

Le 22 au matin, le couloir dépressionnaire s'est éloigné vers l'Est et une barrière anticyclonique s'établit au Sud de nos régions. Toujours alimentée par le courant équatorial d'Ouest et les alizés, la perturbation ralentit son déplacement vers le Sud et stationne à 120 milles au large de MANANJARY en début de nuit.

Le 23 Mars, la situation météorologique est complètement transformée. Au Sud de MADAGASCAR et des MASCAREIGNES, l'anticyclone continue de se renforcer; sur la zone de convergence intertropicale, une autre perturbation cyclonique s'est creusée au Nord-Est de l'île SAINT-BRANDON, coupant totalement l'alimentation équatoriale de la dépression au large de MANANJARY; celle-ci commence de se combler en se déplaçant vers l'Ouest à la vitesse de 7 noeuds et le diamètre de



Vue prise au droit du lac de Mandrozeza.
(cliché Armée de l'Air).



TANANARIVE
Vue de la plaine
d'inondation à Anosizato,
zone où les lits de l'Ikopa
et de la Sisaony sont le
plus rapprochés.
(Cliché Armée de l'Air)



Vue du quartier
d'Isotry.
(Cliché Armée de l'Air)

sa partie active diminue progressivement. C'est une perturbation atténuée qui, fait assez exceptionnel, atteint dans un champ de pression en hausse la cote Sud-Est de MADAGASCAR à proximité Nord de MANAKARA, au cours de la nuit du 23 au 24 Mars. Néanmoins, des rafales de 42 noeuds sont observées à 100 km du centre, à FARAFANGANA.

La zone centrale de ce cyclone n'a pas touché de centre urbain important; seules, des rafales de l'ordre de 95 à 100 km/h ont eu lieu sur le littoral oriental du Cap-Est à TAMATAVE. Par contre, les précipitations ont été très fortes; c'est ainsi que l'on a recueilli :

- à MANDRITSARA, en 5 jours, du 16 au 20 Mars	303	mm
- au lac ALAOTRA, en 5 jours, du 16 au 20 Mars	264	mm
- à l'île SAINTE-MARIE, en 4 jours, du 16 au 19 Mars	417	mm
- à TAMATAVE, en 4 jours, du 16 au 19 Mars	602,5	mm
- à ANIVORANO-Est, en 4 jours, du 17 au 20 Mars	447	mm

Dans la seconde partie de sa trajectoire cette perturbation va étendre la zone pluvieuse sur la côte Sud-Est de la Grande Ile.

On a enregistré :

- à VATOMANDRY, en 4 jours, du 18 au 21	412	mm
- à MAHANORO, en 4 jours, du 18 au 21 (dont 383,2 pour la seule journée du 20)	637,4	mm

Les précipitations sont plus faibles dans la zone MANANJARY, MANAKARA et FARAFANGANA."

CYCLONE TROPICAL DE TROMELIN - MANANARA NORD 25 MARS - 1er AVRIL 1959

"Le 21 Mars, alors que le cyclone précédent vient de sortir des terres sur la région BRICKAVILLE-TAMPINA, la zone de convergence intertropicale se reconstitue entre 13 et 15 degrés de latitude Sud. La branche orientale de cette zone est axée Ouest-Est et plusieurs dépressions de faible importance se reforment sur elle.

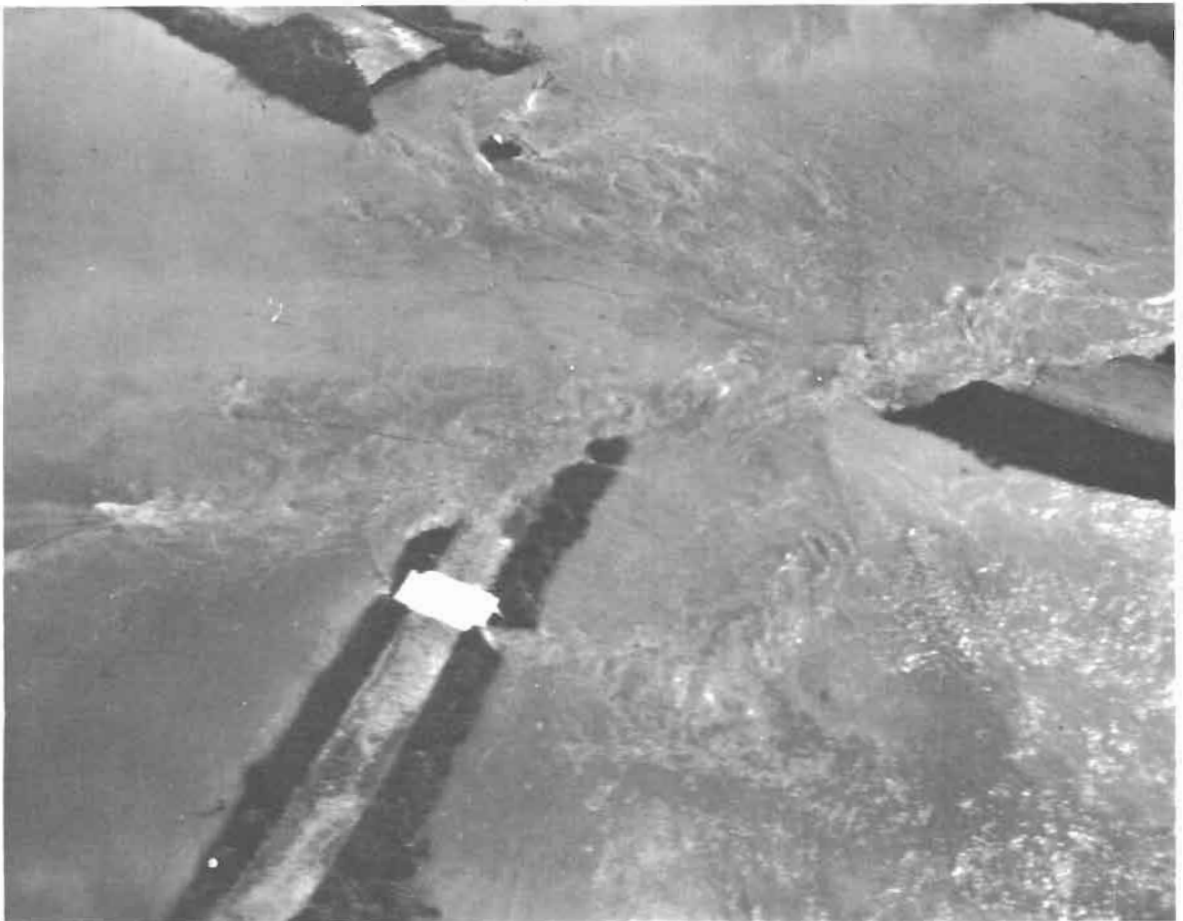
Le 22 Mars, après le passage rapide d'un thalweg polaire mobile vers l'Est, une cellule anticyclonique se renforce au Sud de MADAGASCAR et des MASCAREIGNES. L'ensemble du champ de pression est en hausse malgré le cyclone de faible diamètre situé au large de la côte Sud-Est de MADAGASCAR et les courants d'Est se trouvent renforcés au Sud de la convergence intertropicale. En altitude, ils conservent une courbure cyclonique; cependant, un pilot de MAHÉ, aux SEYCHELLES, indique que le courant équatorial qui était Ouest-Nord-Ouest le 21, est devenu Ouest-Sud-Ouest le 22 au réseau de 06 00 TU. L'alimentation de Nord-Ouest disparaissant, le cyclone méridional commence de se combler alors qu'au contraire une des dépressions de la zone de convergence se creuse immédiatement, et évolue au cours de la nuit suivante en dépression tropicale modérée puis forte.

Le 23 au matin, celle-ci se situe au Nord-Est de l'île SAINT-BRANDON. Mobile vers l'Ouest-Sud-Ouest à la vitesse de 7 noeuds elle passe au Nord de SAINT-BRANDON vers 15 00 TU. Continuant de se creuser, elle évolue en cyclone tropical au cours de la nuit.

Le 24, l'ouragan s'intensifie, se déplaçant à la vitesse de 10 noeuds en direction de l'Ouest-Sud-Ouest il se rapproche de l'île TROMELIN où la pression baisse rapidement à partir de 07 00 TU. Les vents augmentent progressivement d'intensité atteignant 80 noeuds à 15 00 TU avec rafales dépassant 100 noeuds (soit 185 km/h ou 51,4 m/s) lorsque le moulinet de l'anémomètre est arraché. Le centre du cyclone passe très près au Nord de l'île 3 heures plus tard et les vents ayant continué de s'intensifier ont certainement dépassé les 200 km/h. Le minimum de pression, 949,6 mb, est enregistré à 18 05 TU. Il n'est pas observé de calme central et les vents tournent par le Sud-Est et l'Est au Nord-Est où ils se stabilisent, indiquant que l'ouragan maintient son déplacement vers l'Ouest-Sud-Ouest.



Vue du quartier de Sonierana. (Cliché Armée de l'Air)

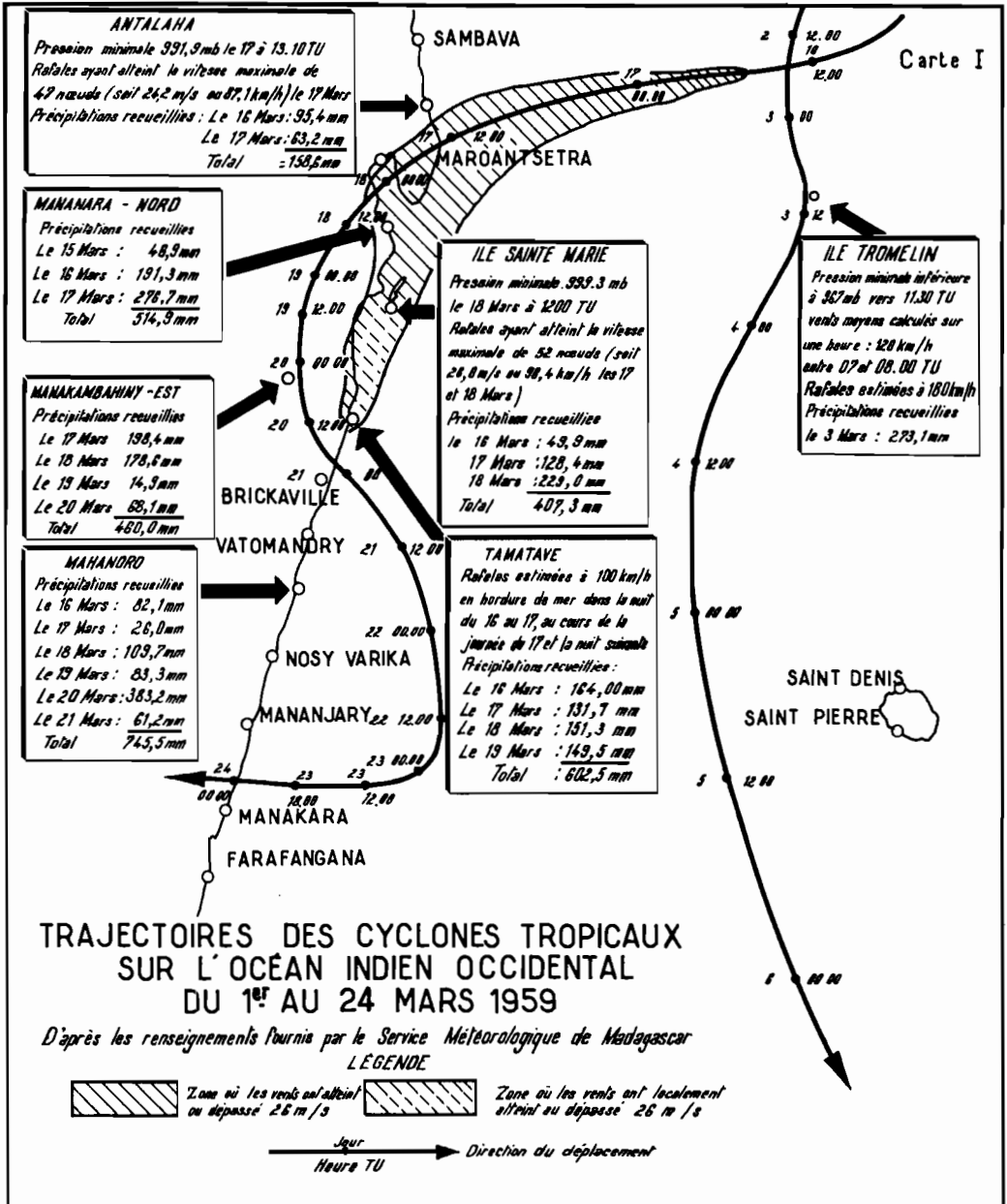


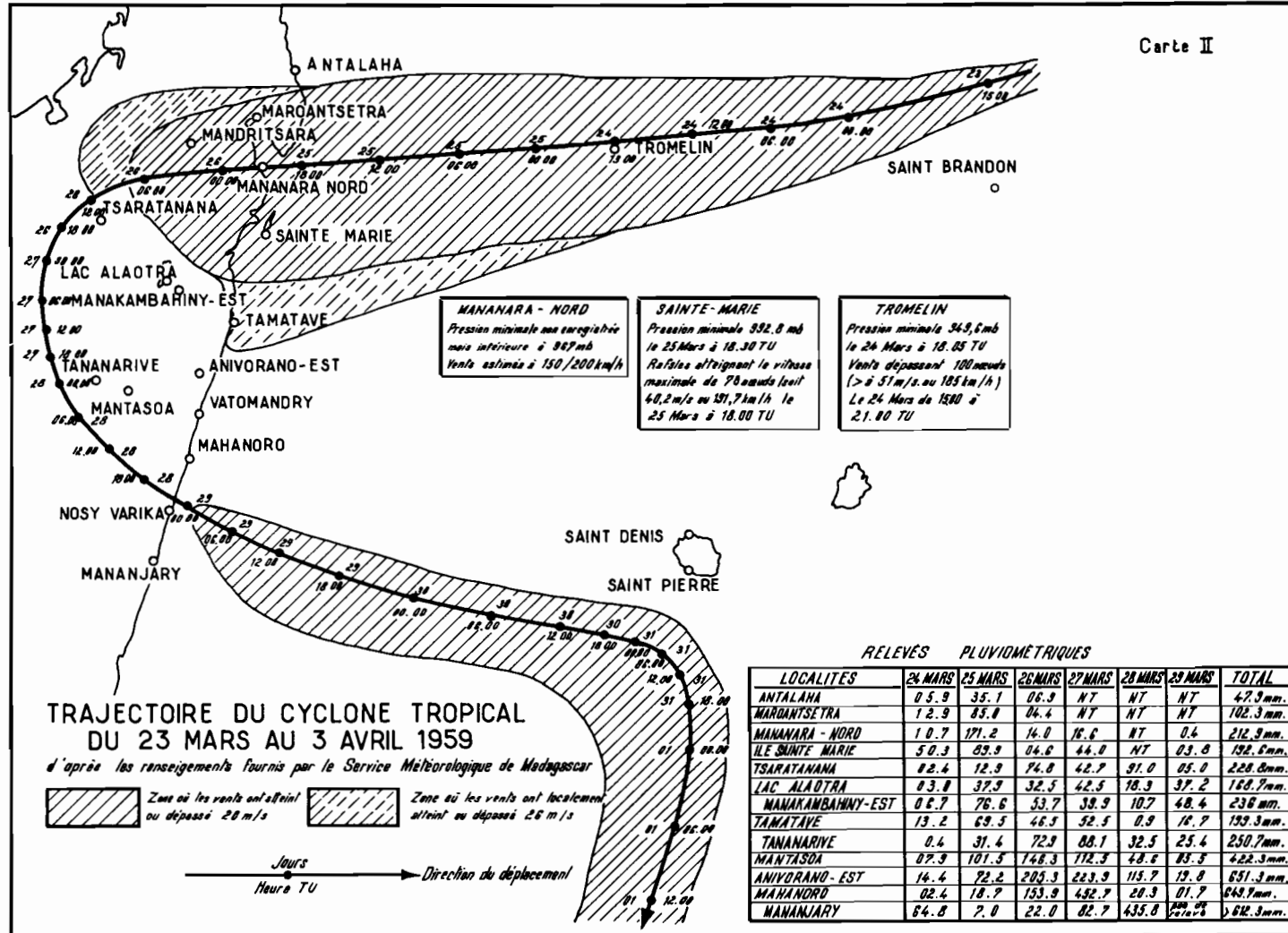
Vue de la brèche de Sonierana. (Cliché Armée de l'Air)

Le 25 Mars au matin, l'ouragan n'est plus qu'à 150 milles des côtes malgaches où le ciel se couvre par altostratus avec pluies. Les observations des s/s Ile Maurice et Tjipanas manoeuvrant pour se placer dans le demi-cercle Nord de la tempête confirment l'extension de celle-ci; le s/s Grenoble se réfugie en baie d'ANTONGIL. Maintenant sa direction de déplacement à l'Ouest-Sud-Ouest et sa vitesse de translation à 10 noeuds, l'ouragan atteint la côte de MADAGASCAR, à proximité Sud de MANANARA-Nord, entre 20 00 et 21 00 TU.

En baie d'ANTONGIL, le s/s Grenoble observe le minimum de pression à 20 30 TU : 976,6 mb avec des vents de Nord-Nord-Ouest estimés 60/70 noeuds, soit 110 - 130 km/h.

A MANANARA-Nord, le minimum de pression n'a pas été enregistré, l'observateur auxiliaire n'ayant pas modifié le réglage de son barographe. Le diagramme indique une pression inférieure à 967 mb pendant 2 heures entre 19 00 et 21 00 TU. D'après des témoignages oraux, le calme central a été observé entre 20 30 et 21 00 TU.





A SAINTE-MARIE, les rafales atteignent 78 noeuds (soit 40,2 m/s ou 132 km/h); la pression minimale enregistrée est de 992,8 mb à 18 30 TU.

A TAMATAVE, de même que pour le cyclone précédent, de violentes rafales sont observées en bordure de mer mais ne sont pas enregistrées par l'anémomètre de la station météorologique du terrain d'aviation.

L'ouragan atteint le versant Nord-Est dans la nuit du 25 au 26 Mars et se situe sur les plateaux du Nord, au Sud de MANDRITSARA, le 26 au matin. Perdant progressivement de son intensité, du fait de son parcours terrestre, il ralentit également son déplacement et infléchit sa trajectoire au Sud-Ouest dans l'après-midi. Des coups de vent sont encore ressentis, localement, sur les plateaux alors que des précipitations continues débutent. Au cours de la nuit qui suit, le cyclone oriente son déplacement vers le Sud, sa vitesse de translation est tombée à 5 noeuds. Les coups de vent ont maintenant disparu et la perturbation se présente sous la forme d'une vaste zone dépressionnaire provoquant des pluies fortes et généralisées. Passant au voisinage de MAEVATANANA, la dépression traverse ensuite le 28 au matin, la région d'ARIVONIMAMO-TANANARIVE puis le versant Est près de la région de MAROLAMBO; les pluies généralisées persistent sur l'ensemble des plateaux du Nord et commencent de s'étendre à la côte Sud-Est.

Durant la nuit du 28 au 29, la dépression sort des terres au voisinage de NOSY-VARIKA et des précipitations exceptionnellement fortes sont recueillies sur MAHANORO (452,7 mm le 27) et MANANJARY (435 mm le 28).

Dès son passage en mer, la dépression gagne immédiatement en intensité et évolue, le 29 en soirée, en cyclone tropical de faible diamètre. La reconstitution de la tempête se poursuit au cours de la nuit et les observations du m/s Labourdonnais permettent d'en suivre les effets à plus de 180 milles dans le Nord.

Se déplaçant à 10 noeuds environ, l'ouragan se rapproche de La RÉUNION, mais durant l'après-midi du 30 Mars, on observe un ralentissement sensible de l'ouragan. Celui-ci, qui paraît stationner entre 60 et 80 milles au Sud-Ouest de La RÉUNION, amorce en réalité un nouvel infléchissement en direction du Sud à Sud-Ouest. La tempête s'éloigne de La RÉUNION, lentement durant l'après-midi du 31 et de plus en plus rapidement ensuite, en direction générale du Sud à Sud-Sud-Ouest.

Cet ouragan fut l'un des plus violents observés dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien. La ville de MANANARA-Nord a été détruite à 95% par des vents atteignant, comme à TROMELIN, une vitesse minimale de 200 km/h.

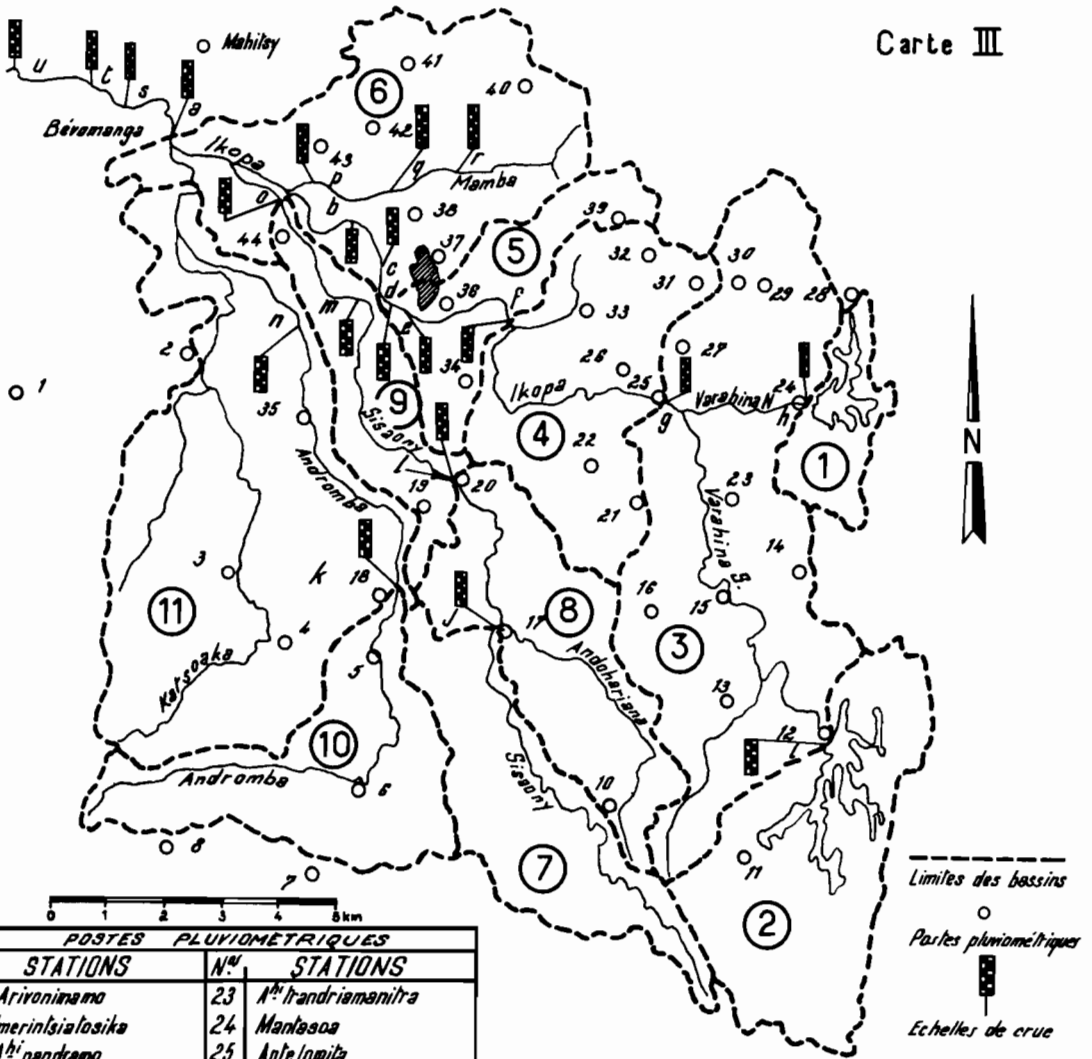
Les cartes des trajectoires des deux cyclones montrent que les deux météores ont atteint la Grande Ile à peu près au même endroit et que la même zone, comprise entre MANANARA-Nord, MANANJARY et les Hauts-Plateaux, a été directement soumise à leur désastreuse influence (Cartes I et II).

II - CONSÉQUENCES DES CYCLONES DANS LA PLAINE DE TANANARIVE

Nous essaierons dans ce qui suit, à l'aide de renseignements que nous possédons, et de ceux qui nous ont été très obligeamment fournis par le Service Météorologique, le Service Provincial des Travaux Publics, la Société d'Energie de MADAGASCAR et l'Electricité et Eau de MADAGASCAR, de déterminer les valeurs des débits maximaux des différentes rivières, ainsi que les quantités totales d'eau roulées par chacune d'elles durant la crue. Ces résultats nous permettront de calculer le volume d'eau qui a été déversé dans la plaine. Ce chiffre est important à connaître, car il sera utilisé par les Ingénieurs pour évaluer les dimensions des ouvrages à prévoir afin de mettre TANANARIVE, et surtout la plaine qui l'environne, à l'abri d'un nouveau cataclysme.

BASSIN DE L'IKOPA A BEVOMANGA

Carte III



POSTES PLUVIOMETRIQUES			
N ^o	STATIONS	N ^o	STATIONS
1	Arivoninana	23	A ^o trandriamanitra
2	Imerintsialosika	24	Mantasoa
3	A ^o ipandramo	25	Antelomita
4	Miasoaarivo	26	Ananamalaza
5	Behenjy	27	Ambatomanga
6	Andriambilany	28	Ambatolaoana
7	Ambatolampy	29	Manjakandriana
8	Manjakatampo	30	Ankadimanga
9	Antsampsandrano	31	Angavokely
10	Bakaro	32	Carion
11	Ambondrona	33	Anjera
12	Tsiazampaniry	34	Ambohijanaka
13	Ambohimiadana	35	Miadanimerina
14	Méritranjaka	36	Mandroseza
15	Anosibe	37	Méleô
18	Mangabe	38	Alarobia T.S.F.
17	Andramasina	39	Alarobia Centre
18	Androvakely	40	A ^o drabiby
19	Ambalavao	41	Imerimandroso
20	Ambatolohy	42	Ivalo
21	Fihasinana	43	A ^o dratrimo
2.2	A ^o dinantriana	44	Saamanjaka

ECHELLES					
N ^o	STATIONS	Cote du zéro	N ^o	STATIONS	Cote du zéro
a	Bevomanga	1243.00	l	PK 22	
b	Mahitsy kely	1245.72	m	Ampilalofika	1249.05
c	Andohalapehaka	1247.46	n	Ambohimirina	
d	Anosizato	1247.95	o	Andohavalo pont	
e	Tanjambalo avel	1248.78	p	Andrianlany	1244.59
f	A ^o merambola		q	Ambohidroa	1246.85
g	Antelomita I	1906.00	r	Saboley	1252.69
h	Mantasoa		s	A ^o trimerina	1241.79
i	Tsiazampaniry		t	Anosimpary	1240.37
j	Andramasina	6.41 ^m rous fablier du pont 93.56 systeme SH	u	Farahantsana	
k	Tsiujony		v	Anosizato à partir de 1-4-59	1247.693

SURFACE DES BASSINS PARTIELS			
①	96 km ²	⑨	186 km ²
②	335 km ²	⑩	350 km ²
③	750 km ²	⑪	830 km ²
④	322 km ²	⑤	188 km ²
		⑥	560 km ²
		⑦	318 km ²
		⑧	312 km ²

A) DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES

Le bassin de l'IKOPA Supérieur possède un nombre assez important de stations pluviométriques équipées et exploitées en majeure partie par le Service Météorologique de MADAGASCAR. La carte III donne leur emplacement. Sur le bassin de l'IKOPA à BÉVOMANGA, nous comptons une quarantaine de postes météo, soit environ un pour 100 km². Malheureusement, toutes ces stations n'ont pas pu être utilisées pour l'établissement des isohyètes. En effet, pour certaines, les relevés étaient incomplets pendant la période qui nous intéresse. C'est le cas de :

- IMERINTSIATOSIKA
- MANGABÉ

Pour d'autres, les relevés nous ont paru douteux après une étude critique très sévère faite par comparaison avec les chiffres donnés par les pluviomètres voisins. Les uns sont trop faibles, c'est le cas de :

- AMBOHIDRATRIMO
- AMBOHIMIADANA

d'autres donnaient des hauteurs de pluies beaucoup trop fortes, c'est le cas de :

- FIHASINANA

qui enregistre, pour les 26 et 27 Mars, des hauteurs de pluie de 117 et 205 mm, alors qu'aux stations voisines, dans les mêmes journées, les précipitations sont de l'ordre de 70 mm. Nous avons essayé de dessiner les isohyètes en tenant compte de cette station, mais nous arrivons à un tracé inadmissible pour des pluies à caractère cyclonique, donc uniformément réparties sur le bassin. Aussi nous l'avons finalement éliminée.

Pour préciser la pluviométrie aux limites du bassin, nous avons utilisé également les hauteurs de pluie recueillie aux stations suivantes :

- ARIVONIMAMO
- MANJAKATOMPO
- AMBATOLAMPY
- ANTSAMPANDRANO

Pour MANJAKANDRIANA, nous avons utilisé soit les relevés journaliers de la station des gendarmes, soit ceux de la station météo. Pour la pluviométrie totale, nous avons fait la moyenne des relevés de ces deux postes.

Les données pluviométriques ont été recueillies à TANANARIVE sur les feuilles originales d'observations de chaque station. Certains renseignements qui nous paraissaient douteux ont été vérifiés sur place.

Les hauteurs journalières de précipitations aux stations du bassin du 17 au 29 Mars sont consignées dans les tableaux ci-joints. Nous avons indiqué également la pluie totale recueillie du 17 au 19 et du 23 au 29 Mars.

L'examen de ces tableaux montre que les précipitations n'ont pas atteint des valeurs exceptionnelles. La station la plus arrosée, compte non tenu de FIHASINANA, éliminée pour les raisons indiquées plus haut, est celle de MANJAKANDRIANA, dont la hauteur maximum a eu lieu le 26 Mars et a été de 160 mm au pluviomètre des gendarmes. Viennent ensuite ANKADIMANGA avec 158,3 mm, MERIKANJAKA avec 153,1 mm, MANTASOA 146 mm et TSIAZOMPA-NIRY avec 144 mm (Cartes IV à VI).

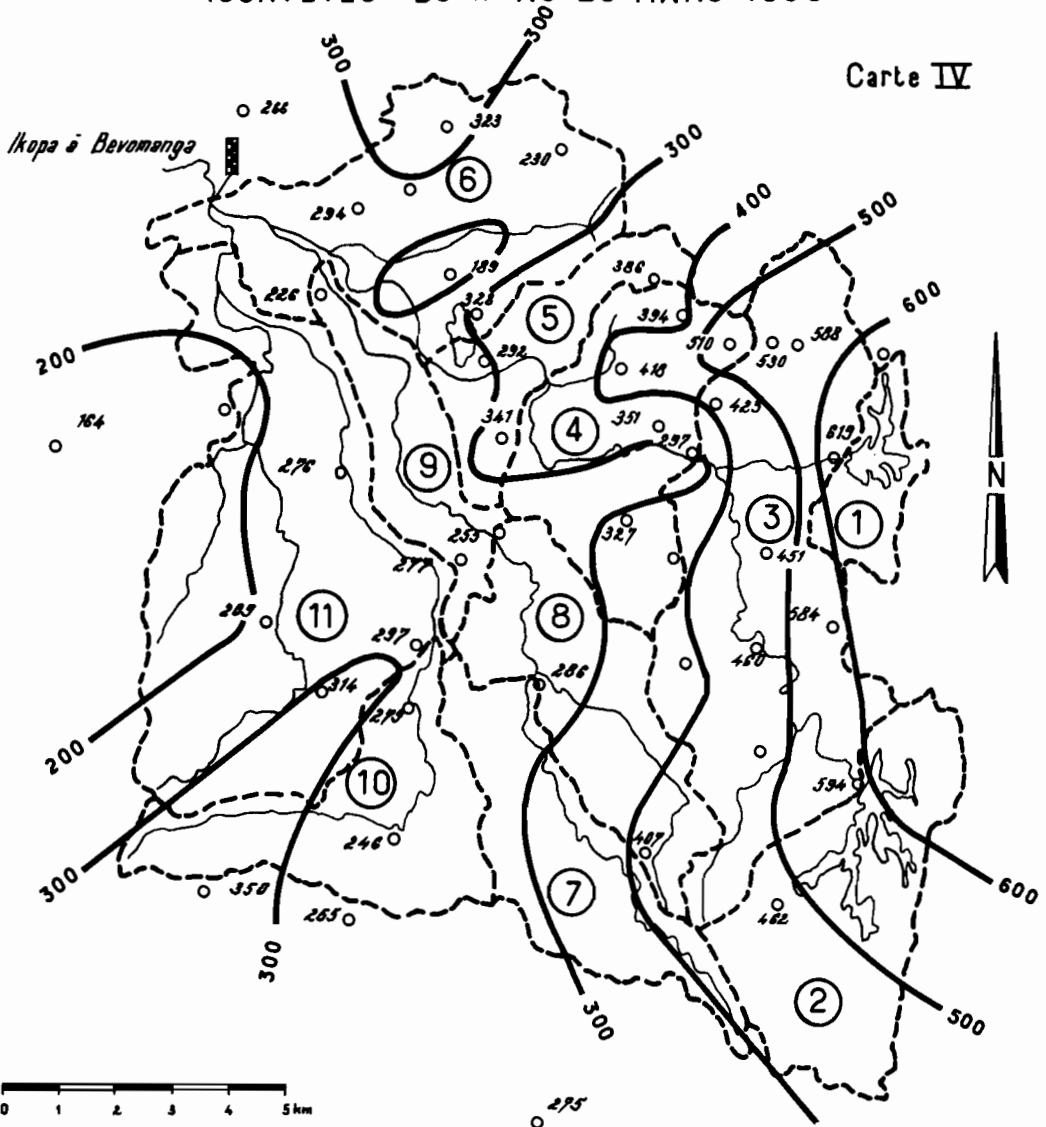
Toutes ces hauteurs ont été relevées le 26 Mars.

Les plus fortes précipitations ont été enregistrées sur la partie Est du bassin versant. En examinant les isohyètes journalières, on constate qu'elles vont en décroissant vers le centre du bassin avec toutefois un léger renforcement au Sud-Ouest sur le massif de l'ANKARATRA et au Nord, dû probablement au trajet suivi par le cyclone du 24 Mars. La zone la moins arrosée est située à l'Ouest du bassin.

BASSIN DE L'IKOPA A BEVOMANGA

ISOHYÈTES DU 17 AU 29 MARS 1959

Carte IV

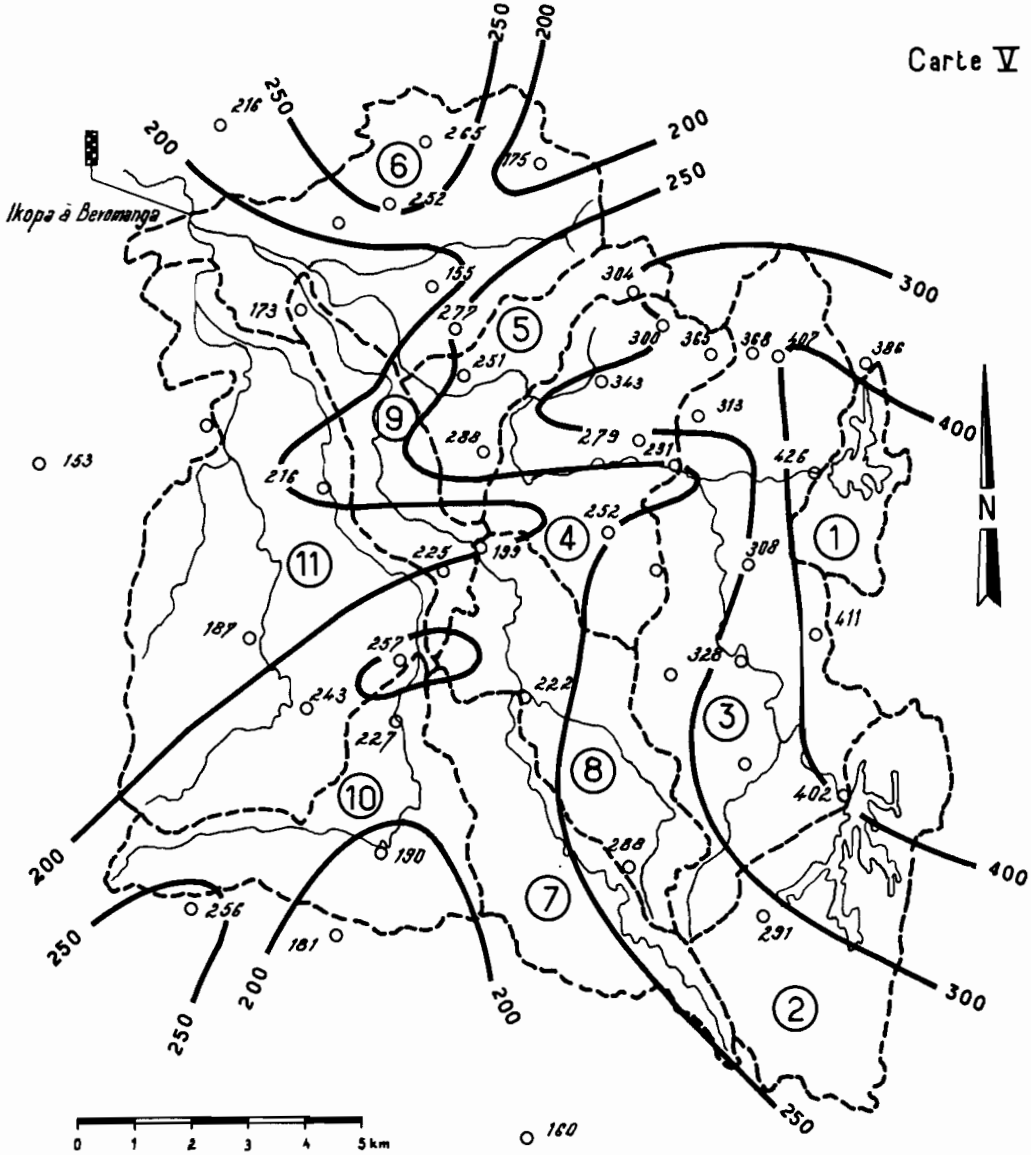


BASSIN	Bassins partiels	Surface km ²	Volume d'eau tombé Millions m ³	Lame d'eau moyenne mm	BASSIN	Bassins partiels	Surface km ²	Volume d'eau tombé Millions m ³	Lame d'eau moyenne mm
Varahina Nord à Mantasoa	①	96	61,74	643	Sisaony au PK22 Ambatofolay	⑦ ⑧	630	198,12	315
Varahina Sud à Isiazompaniry	②	335	177,62	530	Sisaony à Andahavato	⑦ ⑧ ⑨	818	244,33	298
Ikopa à Antelamila I	② ③	1085	540,85	500	Andromba à Tsinjony	⑩	350	92,02	263
Ikopa à Ambohimambato	② ③ ④	1407	649,34	464	Andromba à Antsahalava	⑩ ⑪	1180	284,45	241
Ikopa à Anosizato	② ③ ④ ⑤	1595	712,08	437	Ikopa à Bevomanga	Totalité	4247	1379,76	332 ⁽¹⁾
Sisaony à Andramasina	⑦	318	102,64	323	(1) Compte non tenu du bassin de Mantasoa Surface : 4.151 km ²			○ 423 hauteur de pluie en mm	

BASSIN DE L'IKOPA A BEVOMANGA

ISOHYÈTES DU 23 AU 29 MARS 1959

Carte V



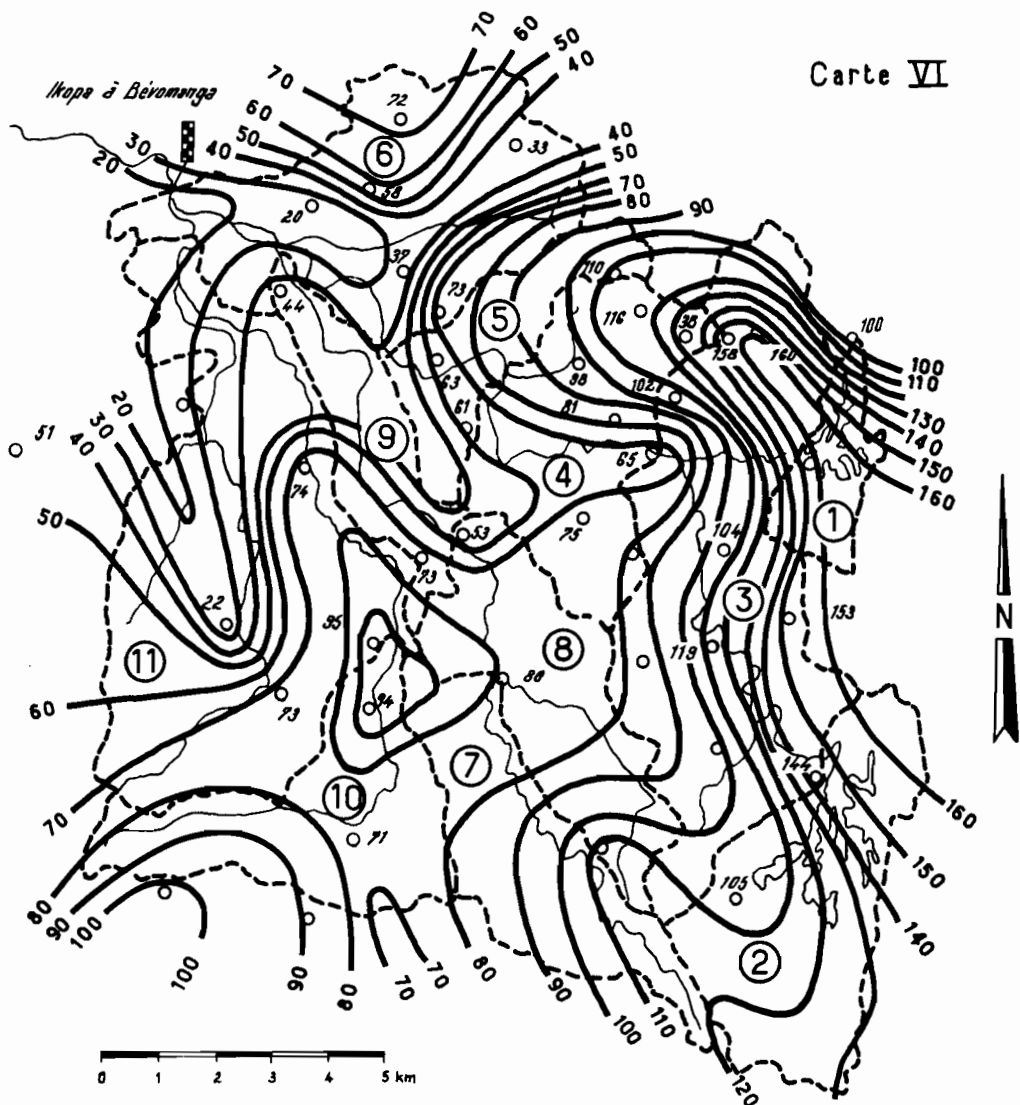
BASSIN	Bassins partiels	Surface Km ²	Volume d'eau tombé Millions m ³	Lame d'eau moyenne mm	BASSIN	Bassins partiels	Surface Km ²	Volume d'eau tombé Millions m ³	Lame d'eau moyenne mm
Varahina Nord à Mantsoa	①	96	42,7	445	Sisaony au PK22 à Ambatofotsy	⑦ ⑧	630	146,77	233
Varahina Sud à Tsiacompaniry	②	335	114,87	342	Sisaony à Andohavato	⑦ ⑧ ⑨	816	184,12	226
Ikopa à Antelomita I	② ③	1085	371,27	342	Andromba à Tsinjony	⑩	350	73,88	211
Ikopa à Amohimanambola	② ③ ④	1407	456,67	324	Andromba à Antsahalava	⑩ ⑪	1180	237,69	203
Ikopa à Anosizato	② ③ ④ ⑤	1595	508,95	319	Ikopa à Bevomanga Totalité		4247	1039,21	250 ⁽¹⁾
Sisaony à Andramasina	⑦	318	74,23	234					

(1) Compte non tenu du bassin de Mantsoa (Surface 4.151 km²)
 ○ 222. hauteur de pluie en mm

BASSIN DE L'IKOPA A BEVOMANGA

ISOHYÈTES DU 26 MARS 1959

Carte VI



68

BASSIN	Bassins partiels	Surface Km ²	Volume d'eau Tombé Millions M ³	Lame d'eau moyenne mm	BASSIN	Bassins partiels	Surface Km ²	Volume d'eau Tombé Millions M ³	Lame d'eau moyenne mm
Karakina Nord à Mantasoa	①	98	14,80	154	Sisaony au PK22 Ambalo Fotsy	⑦ ⑧	630	54,09	85,9
Karakina Sud à Tsiempamany	②	335	42,43	128	Sisaony à Andoharala	⑦ ⑧ ⑨	816	64,06	78,5
Ikopa à Antelomila I	② ③	1065	129,0	119	Andromba à Tsinjony	⑩	350	28,12	80,4
Ikopa à Ambahimambola	② ③ ④	1407	155,58	110,5	Andromba à Antsahalava	⑩ ⑪	1180	73,71	62,5
Ikopa à Anosizalo	② ③ ④ ⑤	1595	169,96	106,5	Ikopa à Bevomanga	Totalité	4247	333,4 ⁽¹⁾	80,2 ⁽¹⁾
Sisaony à Andemasina	⑦	318	29,53	92,8	(1) Compte non tenu du bassin de Mantasoa (Surface : 4.151 km ²) ○ 153 Hauteur de pluie en mm				

BASSIN DE L'IKOPA

PLUVIOMÉTRIE DU 17 AU 29 MARS 1959
(Hauteurs de Pluie en mm)

Stations	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	Total du 17 au 29	Total du 23 au 29
Ambalavao	0	11,0	24,6	8,9	0	7,3	7,7	5,5	7,0	73,5	84,3	44,6	2,2	276,6	224,8
Ambondrona	5,1	52,4	72,2	40,6	1,0	0	3,3	10,3	69,0	105,0	90,0	13,3	0	462,2	290,9
Alarobia (T S F)	0,3	10,6	16,9	6,0	0	0,3	9,7	1,3	15,0	37,2	58,6	15,6	17,7	189,2	155,1
Ambohidrabiby	39,7	28,5	27,7	11,8	10,3	7,3	16,9	16,2	38,1	33,2	32,6	24,8	12,8	229,9	174,6
Alarobia	6,2	34,8	34,1	4,8	0,4	1,7	15,2	0,3	54,6	110,5	73,7	47,9	2,0	386,2	304,2
Antanamalaza	3,8	29,6	32,2	6,4	0,1	0	34,9	0	46,8	80,6	67,9	45,0	3,5	350,8	278,7
Manjakandriana (Gend.)	22,0	65,3	72,8	31,0	0,5	10,1	3,9	5,1	98,2	160,0	94,5	40,0	5,9	609,3	407,6
Arivonimamo	0,3	0,4	6,2	2,4	1,9	0,6	2,5	3,3	9,0	51,0	66,0	17,1	3,8	164,5	152,7
Manjakatompo	13,0	16,4	50,5	10,6	3,4	0	0	1,6	34,6	102,1	112,0	5,5	0,5	350,2	256,3
Ambohipandrona	0	4,0	12,5	0	0	6,0	12,4	5,6	63,9	21,7	68,0	15,3	0	209,4	186,9
Miantsoarivo	0	32,2	9,5	17,9	6,9	4,2	27,3	0	47,8	72,7	57,8	27,9	9,8	314,0	243,3
Miadanimerina	8,4	21,8	5,2	5,2	2,1	17,7	3,2	30,3	35,2	74,4	64,3	8,5	0	276,3	215,9
Merimanjaka	15,8	62,8	70,4	24,6	0	0	11,2	6,8	90,3	153,1	116,7	29,3	3,3	584,3	410,7
Antsampandrana	18,9	31,0	43,0	21,1	0	0,6	0	0,6	32,1	67,6	56,4	3,6	0	274,9	160,3
Imerimandroso	4,2	19,4	26,1	6,2	2,5	0	41,8	0	27,6	71,7	76,3	33,1	14,5	323,4	265,0
Soamanjaka	4,5	12,0	37,1	0	0	0	15,0	0	25,2	43,9	40,0	41,6	7,3	226,6	173,0
Mahitsy					5,5	0	29,0	5,0	25,5	58,0	88,3	10,0	0	221,3	215,8
Ankadimanga	7,9	50,9	53,2	43,9	1,0	5,4	4,2	4,9	97,9	158,3	59,4	30,1	13,0	530,1	367,8
Ambohijanaka	0	8,1	20,6	11,0	7,3	5,5	38,2	0	28,5	60,7	67,9	45,3	47,7	340,8	288,3
Ambohitrandriamanitra	15,0	51,2	56,4	19,5	0,7	0	2,0	4,7	50,8	103,7	112,8	34,0	0	450,8	308,0
Anjeva	4,3	23,5	35,3	7,5	0	5,0	68,0	3,5	41,5	97,5	66,4	64,5	1,5	418,5	342,9
Ankadinandriana	0	23,9	25,0	9,1	0	17,0	8,0	4,5	43,0	75,0	74,5	46,4	0,5	326,9	251,9
Anosibe	7,6	46,7	56,3	20,6	0,2	0	13,7	3,7	58,0	119,0	109,8	23,9	0,3	459,8	328,4
Antelomita	2,3	24,2	28,2	6,0	0	5,5	10,9	2,1	43,1	64,7	59,4	49,5	1,0	296,9	230,7
Bakaro	12,4	30,0	76,0	0	0	0	12,0	10,0	58,0	113,2	90,0	5,0	0	406,6	288,2
Manjakandriana	14,5	20,6	75,4	42,6	11,6	0	13,9	4,7	78,1	152,8	88,8	54,9	10,3	568,2	403,5
Mantaoa	18,6	68,4	74,3	29,5	0,3	1,2	4,1	7,9	101,5	146,3	112,5	48,6	5,5	618,7	426,4
Tsiazompaniry	4,1	84,7	78,5	24,7	0	0	23,8	10,0	88,4	144,0	122,2	13,4	0	593,8	401,8
Ambatofotsy	0	9,2	22,5	9,9	0	14,3	7,1	0,4	27,4	53,4	77,6	31,2	1,8	254,8	198,9
Ambatolampy	6,0	18,0	38,0	12,0	0	0	0	2,9	25,0	89,9	63,2	0	0,2	255,2	181,2
Ambatolaona	14,7	81,6	83,2	34,4	2,8	3,7	12,3	12,8	99,7	100,2	129,4	12,5	18,8	606,1	385,7
Ambatomanga	7,0	38,5	42,2	9,7	0,4	12,0	15,7	5,8	56,0	102,0	83,0	42,5	8,0	422,8	313,0
Andramasina	0	13,4	36,5	12,9	0	1,3	1,0	0	35,9	80,0	85,3	21,2	0	287,5	223,4
Andriambilany	2,5	6,7	40,5	6,1	0	0	7,6	5,9	18,0	71,2	75,6	11,9	0	246,0	190,2
Angavokely	14,5	54,0	53,2	13,4	0	5,5	9,7	4,9	78,2	138,1	131,9	40,3	2,2	505,9	365,3
Behenjy	4,0	4,5	36,8	6,7	0	0,1	20,3	0,1	27,9	94,3	63,5	21,0	0	279,2	227,1
Carion	6,4	29,7	45,0	6,0	0	6,6	25,8	1,5	49,6	115,7	65,1	42,0	0,6	394,0	300,3
Ivato	0,4	14,1	21,5	6,3	0	0	57,2	4,3	22,5	58,4	78,2	18,0	13,0	293,9	251,6
Mandroseza	0,6	10,0	19,1	6,4	0	4,5	37,7	0	30,3	62,6	75,6	32,2	13,0	292,0	251,4
Tananarive	0,6	11,6	24,2	7,7	0	1,8	26,1	0,4	31,4	72,9	88,1	32,5	25,4	322,7	276,8
Androvakely	0	10,0	20,0	10,0	0	0,0	21,0	0,2	30,0	95,0	81,0	30,0	0	297,2	257,2

La répartition des pluies est analogue à celle observée en Janvier 1954 avec, cependant, des maxima journaliers en général plus faibles. En effet, on avait relevé 150 mm à ANTELOMITA, alors que cette année le maximum à cette station n'a été que de 64,7 mm. A MÉRIKANJAKA, 182 mm étaient tombés le 14 Janvier 1954. Ce chiffre est supérieur de 30 mm au maximum du 26 Mars 1959. Par contre, dans le Massif de l'ANKARATRA, la station de MANJAKATOMPO a enregistré, en 1959, des hauteurs de pluies plus importantes qu'en Janvier 1954 (102 et 112 mm les 26 et 27 Mars contre 99 le 14 Janvier 1954).

La différence essentielle, avec les précipitations de Janvier 1954, réside dans le fait que la période pluvieuse du 24 au 29 Mars 1959 est survenue après les pluies du 17 au 20 Mars dues au premier cyclone et qui avaient contribué à saturer les terrains. D'autre part, les fortes chutes de pluies ont duré plus de deux jours entiers pendant le deuxième cyclone. L'enregistreur de TANANARIVE Météo indique une pluie continue du mercredi 25 Mars à 19 h 30 au vendredi 27 Mars à 4 h, avec un léger arrêt le jeudi entre 9 et 11 heures. La pluie a recommencé à tomber le vendredi 27 à 8 heures et elle ne s'est arrêtée que le samedi 28 vers 14 heures. L'intensité maximum enregistrée a été de 18 mm/h le 27 Mars entre 15 et 16 heures. Cette intensité relativement faible est parfaitement en accord avec le caractère dépressionnaire des précipitations.

Nous avons tracé, sur la carte du bassin, les isohyètes journalières pour la période du 17 au 29 Mars. Après planimétrage des surfaces limitées par les lignes d'égales précipitations intéressant les différents bassins, nous avons obtenu les volumes d'eau tombés journallement, ainsi que les lames moyennes sur chaque bassin partiel.

La carte VI donne l'ensemble des isohyètes pour la journée du 26 Mars au cours de laquelle les plus fortes précipitations ont été enregistrées. Nous donnons également les isohyètes pour les périodes du 17 au 29 et du 23 au 29 Mars.

Les lames d'eau moyennes tombées à l'amont de BEVOMANGA, compte tenu du bassin de MANTASOA, ont été les suivantes :

- le 18 Mars = 25,1 mm	}	pluies dues au premier cyclone
19 " = 37 mm		
20 " = 12 mm		
- le 25 " = 46,6 mm	}	pluies dues au deuxième cyclone
26 " = 80,2 mm		
27 " = 77,1 mm		
28 " = 24,7 mm		

Si l'on tient compte du bassin de MANTASOA, la lame d'eau moyenne sur le bassin de l'IKOPA pour le 26 Mars devient égale à 82 mm. Ce chiffre est inférieur de 14 mm à celui obtenu le 14 Janvier 1954.

La période pluvieuse, légèrement plus longue mais survenant après quelques jours de pluie qui avaient contribué à saturer les bassins, à remplir les rivières et les barrages, est à l'origine des différences d'ampleur des dégâts constatés à la suite des cyclones de 1954 et 1959.

B) OBSERVATIONS LIMNIMÉTRIQUES

La carte III donne l'emplacement des différentes échelles de crues ainsi que les rattachements de leur zéro par rapport au nivellement du Service Géographique de MADAGASCAR. La plupart de ces échelles sont observées par le Service Provincial des Travaux Publics, sauf celle d'ANTELOMITA qui est observée par Electricité et Eau de MADAGASCAR, celles de MANTASOA et de TSIAZOMPANIRY par la S.E.M. Enfin, le Service Hydrologique exploite les stations de TSINJONY sur l'ANDROMBA et ANDRAMASINA sur la SISAONY.

Toutes ces échelles, sauf celle de l'ANDROMBA à TSINJONY, sont lues trois fois par jour.

A l'aide de ces observations, nous avons tracé les diagrammes de hauteurs d'eau de chaque station (graphique 1). L'examen de ces courbes montre :

1°) Que l'effet du deuxième cyclone et des pluies importantes dont il a été la cause s'est fait sentir sur l'IKOPA et tous les affluents, alors que la crue, due au premier cyclone, n'était pas encore écoulée.

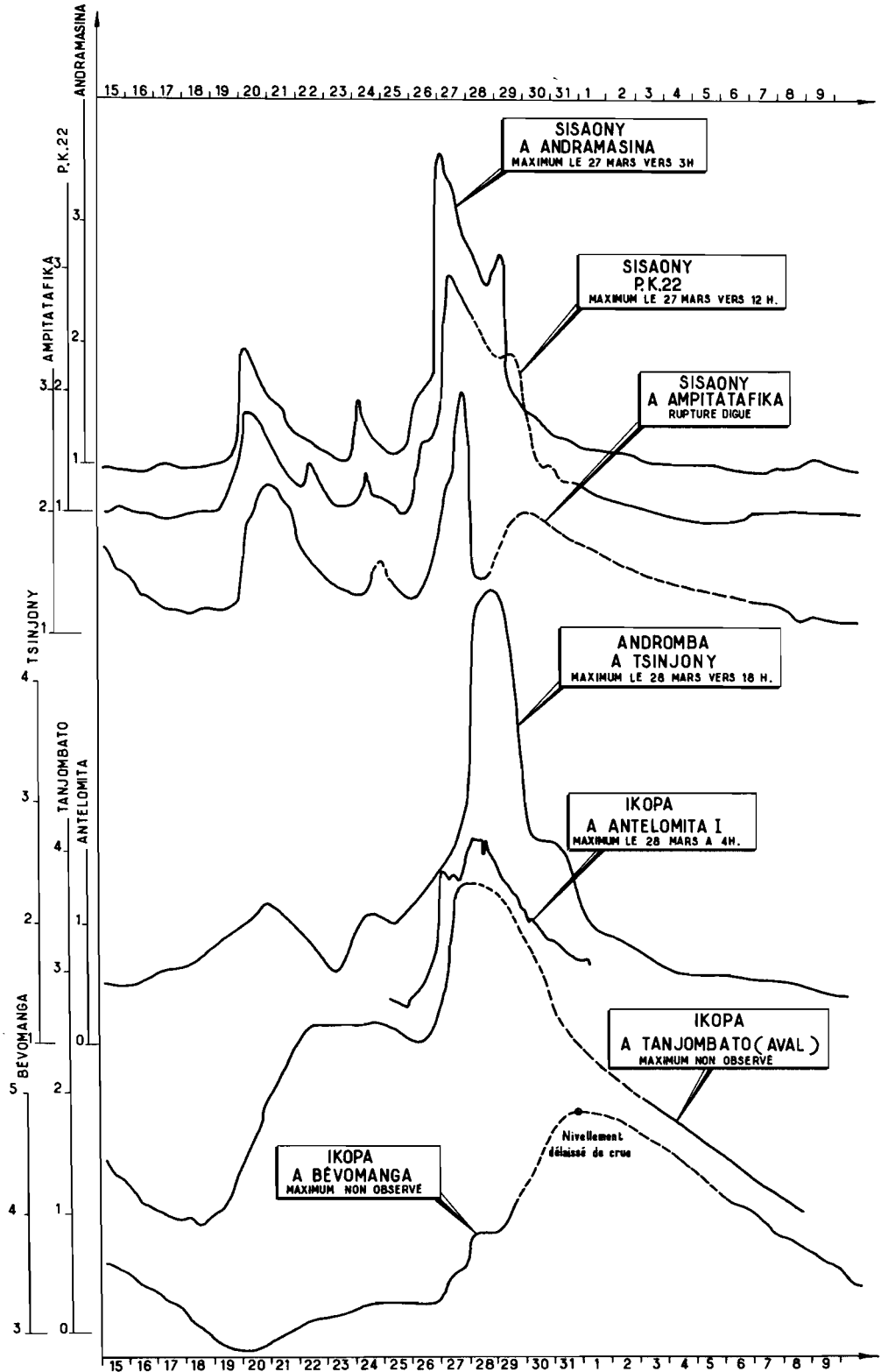
2°) Que cet état de choses a entraîné un engorgement au seuil de BÉVOMANGA, ce qui a provoqué la rupture simultanée des digues de la SISAONY, de l'ANDROMBA et de l'IKOPA dans la nuit du 27 au 28, bien avant l'arrivée des débits maximaux de chaque rivière à l'entrée de la plaine de TANANARIVE.

Ces ruptures ont eu pour effet des baisses rapides du plan d'eau particulièrement visibles sur les courbes de la SISAONY à AMPITATAFIKA, de l'ANDROMBA à AMBOHIMARINA, de l'IKOPA à ANDOHATAPÉNAKA et MAHITSY-KÉLY.

L'IKOPA à ANOSIZATO a accusé deux baisses du plan d'eau, la première le 27 dans l'après-midi correspondant à une rupture de la digue rive gauche au droit du village d'AMBOHIMANARINA, un peu en amont du pont de MAHITSY-KÉLY, l'autre dans la matinée du 28 correspondant probablement à la rupture de la digue à AMBOHIMANAMBOLA, rupture qui doit s'être produite le 27 dans l'après-midi.

HAUTEURS D'EAU AUX STATIONS DE L'IKOPA ET DE SES AFFLUENTS

PENDANT LA PÉRIODE DU 15 MARS AU 20 AVRIL 1959



A BÉVOMANGA, la rupture à l'amont du pont de MAHITSY-KELY s'est traduite par un palier caractéristique dans la journée du 28 Mars.

Toutes ces ruptures rendent inutilisables les relevés des hauteurs d'eau effectués à partir du 28 Mars aux stations d'AMPITATAFIKA, ANDOHAVATO, AMBOHIMIARINA, ANOSIZATO, TANJOMBATO, ANDOHATAPENAKA et MAHITSY-KELY.

L'échelle d'ANOSIZATO a été emportée le 28 Mars à 22 heures. La dernière cote enregistrée a été 4,40 m, mais elle n'a déjà plus de valeur pour l'estimation du débit au droit de la section, les digues ayant déjà été rompues en plusieurs endroits depuis la veille. Cette échelle a été remplacée le 1er Avril. Les hauteurs d'eau mesurées à partir du 1er Avril ont été ramenées à l'ancien système sur le graphique 1, en tenant compte du nivellement effectué par le Service Provincial des Travaux Publics et du décalage de 25 cm qui a été trouvé.

C) DÉBITS DE L'IKOPA ET DE SES AFFLUENTS

1) VARAHINA NORD à MANTASOA :

Surface du bassin versant : 96 km²

Pendant le cyclone du 17 au 29 Mars 1959, les vannes du barrage de MANTASOA ont été fermées et la retenue a déversé sur le bassin de la MANDRAKA par la digue d'ANALAVORY.

Les débits ont été calculés à partir des graphiques d'extrapolation du barrage et de la courbe de remplissage du réservoir.

Le maximum des débits naturels a été de 153 m³/s, soit 1600 l/s.km² le 27 Mars à 2 heures..

2) VARAHINA SUD à TSIAZOMPANIRY :

Surface du bassin versant : 335 km²

Les pluies dues au premier cyclone ont donné un maximum du débit naturel égal à 228 m³/s, soit 683 l/s.km².

Cette pointe dure très peu de temps (10 heures au-dessus de 150 m³/s et 44 heures au-dessus de 100 m³/s), elle remplit le barrage qui commence à déverser le 19 Mars. Elle est suivie d'une petite augmentation du débit le 23. Le 26 Mars, l'onde de crue due au deuxième cyclone atteint 330 m³/s, soit 980 l/s.km² au lieu de 1070 l/s.km² en Janvier 1954, et décroît ensuite rapidement; le débit est resté au-dessus de 200 m³/s pendant 37 heures et au-dessus de 100 m³/s pendant 62 heures. Le débit maximum déversé a été égal à 190 m³/s.

3) IKOPA à ANTÉLOMITA

La surface du bassin versant, déduction faite du bassin versant de la VARAHINA Nord et de la VARAHINA Sud, est de 750 km².

Les débits à ANTÉLOMITA sont, en période de crue, égaux à la somme des débits turbinés, des débits déversés au-dessus du barrage, du débit passant à travers les vannes de fond et du débit sur le déversoir du canal.

Tous ces débits sont calculés par E.E.M. à partir des formules classiques et à l'aide des hauteurs d'eau observées toutes les heures.

On note une première montée du plan d'eau le 18 Mars à la suite des pluies des 17 et 18 Mars. Cette montée se poursuit jusqu'au 21 Mars au matin et atteint 200 m³/s. Ensuite, une décrue assez lente s'amorce et le 26 Mars à 0 h, nous avons encore, à ANTÉLOMITA, un débit de 125 m³/s. C'est à ce moment-là que débute la crue, résultat des pluies des 24 et 25 Mars. La crue, après une montée assez rapide pendant trois heures, marque un léger ralentissement le 26 dans la matinée et grimpe ensuite très rapidement dans l'après-midi et la nuit à la suite des pluies abondantes et bien réparties de la nuit du 26 au 27. Dans la matinée du 27, la crue s'arrête brusquement. Ce palier est probablement dû à des débordements.

ments dans les plaines situées sur la VARAHINA Sud en amont de son confluent avec la VARAHINA Nord. La montée rapide reprend ensuite dans l'après-midi du 27.

Le maximum a été atteint le 28 Mars à 4 heures avec $970 \text{ m}^3/\text{s}$. Si nous déduisons le débit maximum déversé sur le barrage de TSIAZOMPANIRY, nous obtenons, pour les 750 km^2 du bassin versant, un débit spécifique de crue égal à 1040 l/s.km^2 .

Le débit est resté supérieur à $500 \text{ m}^3/\text{s}$ pendant 76 heures et supérieur à $200 \text{ m}^3/\text{s}$ pendant 152 heures, soit pendant plus de 6 jours.

4) SISAONY à ANDRAMASINA :

Surface du bassin versant : 318 km^2

Le maximum a été atteint le 27 Mars vers 3 heures du matin avec $260 \text{ m}^3/\text{s}$, soit 820 l/s.km^2 . Le débit a été supérieur à $100 \text{ m}^3/\text{s}$ pendant 56 heures.

5) SISAONY au P.K. 22 :

Surface du bassin versant : 630 km^2

Cette station située suffisamment en amont, n'a pas été influencée par les ruptures de digues qui se sont produites le 27 au soir. L'onde de crue est passée le 27 Mars à 12 h avec un débit maximum de $420 \text{ m}^3/\text{s}$, soit 665 l/s.km^2 . Nous avons un débit supérieur à $200 \text{ m}^3/\text{s}$ pendant 66 heures et supérieur à $100 \text{ m}^3/\text{s}$ pendant 80 heures.

6) ANDROMBA à TSINJONY :

Surface du bassin versant : 350 km^2

Le maximum de la crue a été estimé, d'après les délaissés qui ont été nivelés, à $194 \text{ m}^3/\text{s}$ le 28 Mars, soit 590 l/s.km^2 . Le débit est resté au-dessus de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ pendant 46 heures.

7) IKOPA à BÉVOMANGA :

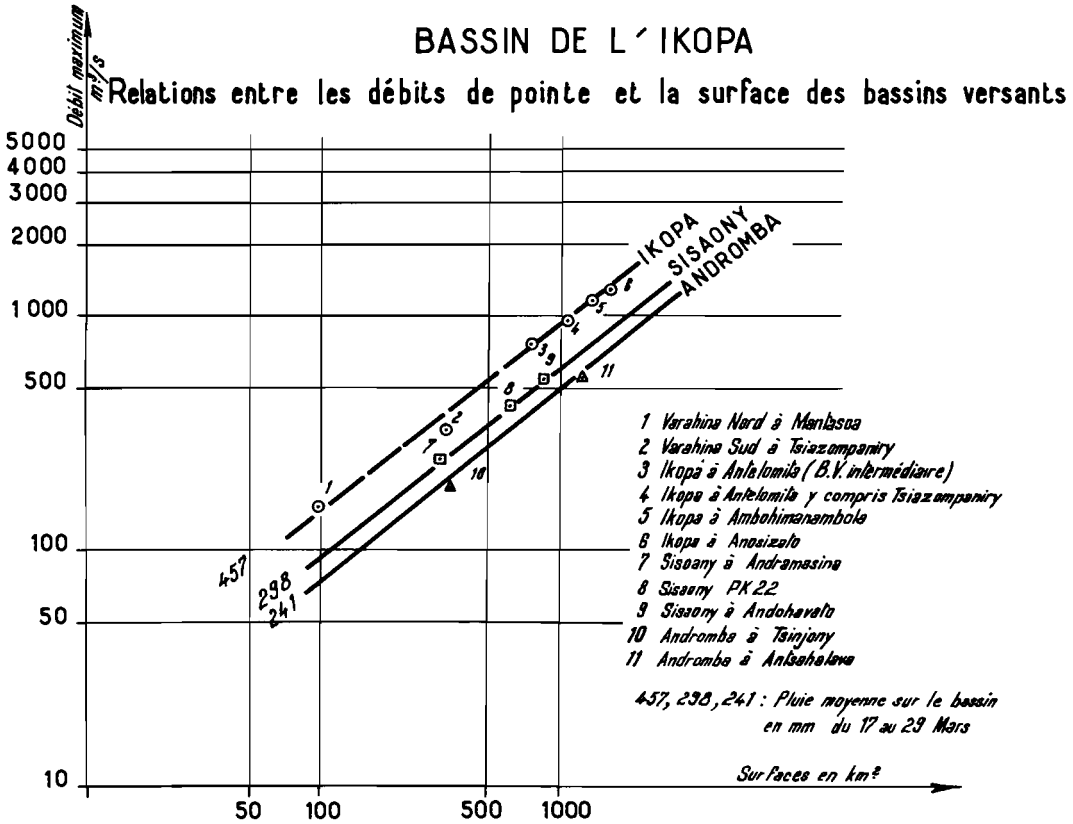
Surface du bassin versant, compte non tenu du bassin de MANTASOA : 4151 km^2

La crue, après son passage dans la plaine de TANANARIVE, se trouve fortement écrêtée à BÉVOMANGA. Le maximum, qui était de $970 \text{ m}^3/\text{s}$ à ANTÉLOMITA le 28 au matin, n'est plus que de $550 \text{ m}^3/\text{s}$ (130 l/s.km^2) le 1er Avril au seuil de BÉVOMANGA.

Le tableau suivant rassemble les divers renseignements obtenus ci-dessus :

DÉBITS SPÉCIFIQUES DES DIFFÉRENTS BASSINS

Bassins versants	Superficie km^2	Débit maximum m^3/s	Débit spécifique l/s.km^2	Pluie moyenne du 17 au 29 mm
Mantasoa	96	153	1595	643
Tsiazompaniry	335	330	1000	530
Andramasina	318	260	817	323
Antelomita	1085	970	894	500
Bassin intermédiaire . . . Tsiazompaniry-Antelomita	750	780	1040	485
P.K. 22	630	420	668	315
Tsinjony	350	190	543	263



8) IKOPA à AMBOHIMANAMBOLA et ANOSIZATO :

Surfaces des bassins versants : 1407 et 1595 km²

Les débits maxima à ces stations ont été calculés à partir de celui d'ANTELOMITA en adoptant une méthode inspirée de la théorie des hydrogrammes unitaires.

Nous avons trouvé 1200 m³/s à AMBOHIMANAMBOLA et 1280 m³/s à ANOSIZATO, soit respectivement 850 et 800 l/s.km².

9) SISAONY à ANDOHAVATO :

Nous avons calculé de la même manière le débit maximum de la SISAONY en amont de son confluent avec l'IKOPA. Ce débit a été égal à 548 m³/s, soit 670 l/s.km².

10) ANDROMBA à ANTSAHALAVA :

Avant de se jeter dans l'IKOPA, nous avons calculé que l'ANDROMBA apportait au maximum 580 m³/s, soit 490 l/s.km².

Nous avons tracé sur le graphique 2 en coordonnées logarithmiques les variations des débits maxima en fonction des surfaces des bassins. Ces débits se placent sur trois droites parallèles, les plus forts se trouvant sur le bassin de l'IKOPA, bassin ayant été le plus arrosé au cours du cyclone.

11) ESSAI DE COMPARAISON DES DÉBITS MAXIMA DE 1954 ET 1959 :

Le cyclone de Janvier 1954 avait donné, sur le bassin de la VARAHINA Sud, un débit spécifique de crue légèrement supérieur : 1070 l/s.km² au lieu de 980 en 1959.

A ANTÉLOMITA, les débits de pointe de 1954 et 1959 ont été les mêmes à quelques m³ près. Cependant, en 1954, la crue de la VARAHINA Sud n'a pas été écrêtée, le barrage de TSIAZOMFANIRY n'étant pas encore construit. Il en résulte que le débit spécifique du bassin intermédiaire a été plus fort en 1959.

D'autre part, la crue a duré plus longtemps en 1959.

Il semble donc que la fréquence de la crue de 1959 soit plus faible que celle de 1954. Cette fréquence est toutefois difficile à déterminer par suite du nombre trop faible d'années d'observation.

A BÉVOMANGA, le débit maximum en 1954 a été égal à 312 m³/s. En 1959, nous avons eu 550 m³/s. Mais cette comparaison n'est pas significative. Il s'agit là de débits qui résultent en grande partie du comportement des digues. Si l'IKOPA avait été entièrement endiguée à une hauteur suffisante, le débit à BEVOMANGA aurait atteint 1700-1800 m³/s, soit environ 450 l/s.km².

Pour les autres rivières, nous n'avons pas d'éléments de comparaison, la SISAONY au P.K. 22 n'ayant pas été observée en 1954 et les stations d'ANDRA-MASINA et de TSINJONY n'existant pas.

D) LES COEFFICIENTS D'ÉCOULEMENT :

Les coefficients d'écoulement (rapports entre volumes écoulés et volumes des précipitations) sont assez délicats à déterminer puisqu'il s'agit de cours d'eau à écoulement permanent et qu'il n'est pas facile de déterminer l'instant où le volume emmagasiné dans les nappes souterraines a retrouvé les conditions du début du cyclone. Diverses méthodes ont été utilisées. La plus raisonnable conduit à des valeurs du coefficient d'écoulement variant de 90 à 95% pour les bassins les plus petits et les mieux arrosés (650 mm), à 60 à 65% pour les bassins les moins arrosés (300 mm). Inutile de préciser que pour des coefficients de l'ordre de 90-95% il est facile d'aboutir à des résultats bruts extravagants, dépassant 100%, il suffit simplement que les précipitations moyennes soient difficiles à apprécier ou que la précision de la courbe de tarage soit insuffisante.

A BÉVOMANGA, le coefficient d'écoulement tombe à 55-60%, ce qui est logique, une partie importante de l'eau répandue dans la plaine ne retourne pas à la rivière.

E) DÉGÂTS CAUSÉS PAR CES CYCLONES DANS LA RÉGION DE TANANARIVE:

Sur la carte VII sont indiqués les principaux points de rupture des digues de l'IKOPA et de ses affluents.

Les quelques photos ci-jointes montrent la plaine d'inondation et quelques brèches.

Nous avons calculé qu'il s'était répandu dans la plaine environnant TANANARIVE un volume d'eau égal à 500 000 000 m³, alors que les rivières débouchant dans la plaine ont amené 1 020 000 000 m³, soit sensiblement le double. La surface totale inondée a été de 250 km².

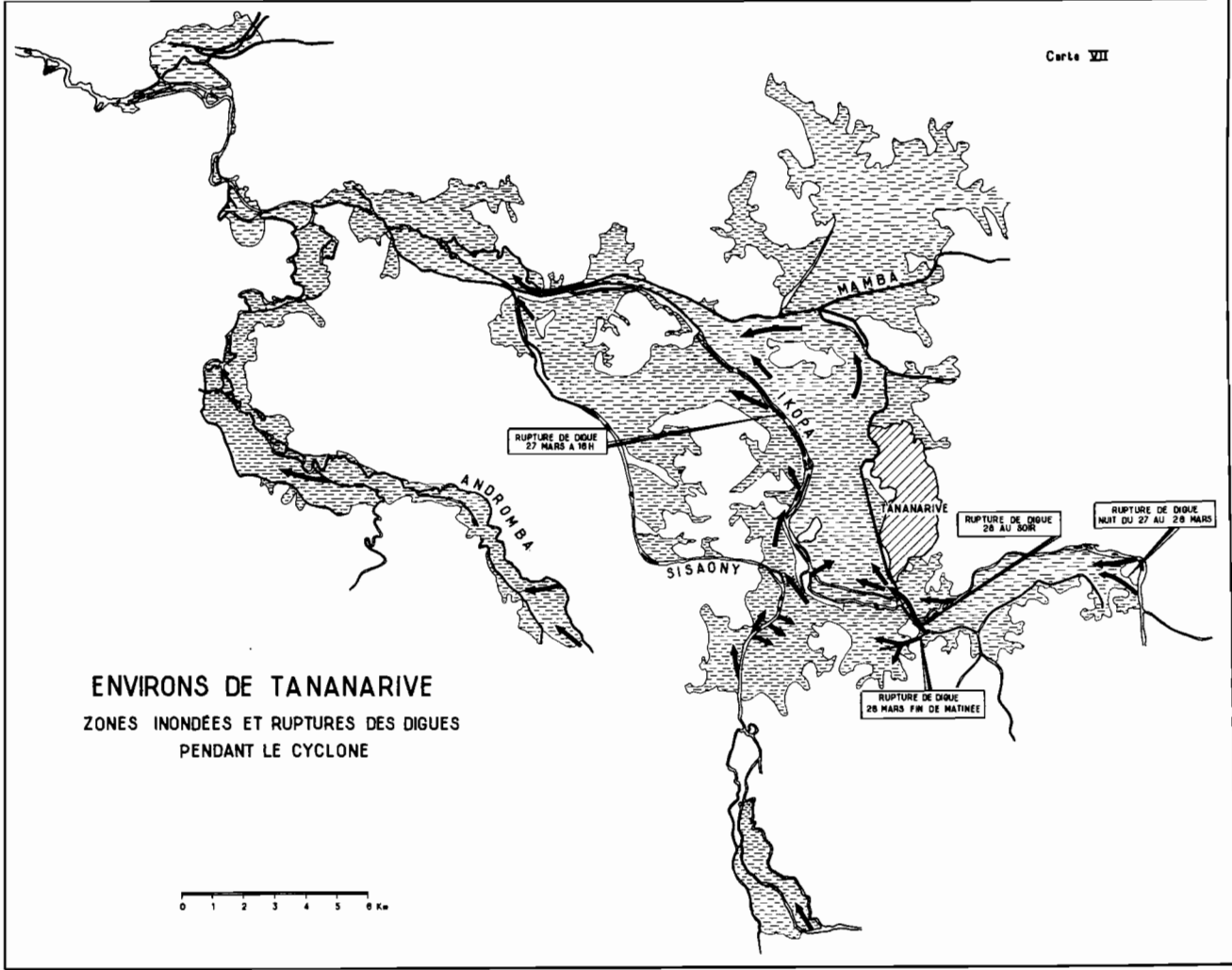
Il y a eu près de 6 000 maisons détruites et environ 4 000 endommagées.

Quarante personnes ont trouvé la mort et 43 autres ont été blessées pendant l'inondation.

Les dégâts causés aux routes et ouvrages hydrauliques ont été évalués à plus de 300 millions de francs C.F.A.

Les récoltes et surtout le riz ont beaucoup souffert de cette immersion prolongée; 12 000 hectares sont restés sous l'eau pendant plus de 10 jours et une douzaine de milliers de tonnes de riz ont été perdues.

Les Services compétents étudient actuellement les moyens à mettre en oeuvre pour lutter efficacement contre les inondations de l'IKOPA. Dans l'état actuel des



ENVIRONS DE TANANARIVE
ZONES INONDÉES ET RUPTURES DES DIGUES
PENDANT LE CYCLONE

choses et en admettant que le barrage de TSIAZOMFANIRY eût été vide avant le cyclone, il aurait emmagasiné au maximum 100 000 000 m³ d'eau. Cela ne représente que le 1/5 de la quantité totale répandue dans la plaine. Ces chiffres montrent qu'il sera très difficile d'empêcher complètement l'inondation et que la protection de la plaine de TANANARIVE demandera de très gros moyens matériels et financiers.

F) RIVIÈRES DE LA CÔTE EST :

Notre étude très sommaire se bornera à l'examen des débits maxima enregistrés sur les rivières RIANILA à BRICKAVILLE, IVONDRO à RINGARINGA, VOHITRA à ROGEZ et MANGORO à MANGORO.

Les cartes des trajectoires des cyclones montrent que ces rivières se trouvent dans la zone la plus touchée par les deux météores.

Les lames d'eau tombées sur les bassins sont très importantes. La station de TAMATAVE a reçu du 16 au 19 Mars : 602,5 mm et du 24 au 29 Mars : 199,3 mm, soit un total de 801,8 mm en 10 jours. MAHANORO, située plus au Sud, a reçu 745,5 mm du 16 au 21 et 649,7 du 24 au 29, soit 1395,2 mm en 10 jours.

Les lames d'eau moyennes de Mars et d'une année calculée sur une longue période, sont les suivantes :

Bassin	Mars mm	Année mm
Vohitra	451	2645
Mangoro Supérieur	269	1830
Mangoro Inférieur	440	2660

Ainsi, du 16 au 29 Mars, le bassin du MANGORO Inférieur a reçu à peu près la moitié de l'eau qui tombe normalement au cours d'une année.

Ces pluies, très abondantes, ont entraîné des montées rapides des plans d'eau et les rivières ont atteint des cotes exceptionnelles.

Le tableau ci-dessous donne les plus grandes hauteurs enregistrées avant 1959 et celles de Mars 1959.

Bassin	Plus grande cote connue au cours de la période 1952-1958 m	Date	Cote Mars 1959 m	Date
Ivondro à Ringaringa	> 6	8.2.56	11,98	26.3
Rianila à Brickaville	9,35	7.2.56	10,53	26.3
Vohitra à Rogez	7,40 (7,50 m le 7.3.1949)	14.1.54	12,46	26.3
Mangoro à Mangoro	station récente		9,85	4.4

Ces chiffres montrent clairement les conséquences extrêmement brutales des cyclones sur ces bassins situés pratiquement à la verticale de leurs trajectoires.

L'estimation des débits correspondants est assez difficile du fait des plaines d'inondation importantes et aussi en raison de l'imprécision des courbes d'étalonnage dans la zone des hautes eaux.

Les chiffres ci-après ne sont que des ordres de grandeur et sont donnés avec les plus grandes réserves.

Stations	Surface du B.V. km ²	Débit maximum m ³ /s	Débit spécifique l/s.km ²
Ivondro à Ringaringa	2600	2900	1115
Rianila à Brickaville	5900	6300	1070
Vohitra à Rogez	1950	2950	1510
Mangoro à Mangoro		2200	

Ces rivières ont eu des débits spécifiques de crue supérieurs à 1000 l/s.km². Ces valeurs sont très fortes. Les plus grandes crues connues avant 1959 avaient donné :

865 l/s.km² pour la RIANILA
565 l/s.km² pour la VOHITRA

En Mars 1959, sur des bassins inférieurs à 1000 km², il est probable que les débits spécifiques ont été nettement supérieurs.

Les rivières du Nord-Est ont présenté également de très forts débits : le SAMBIRANO à AMBANJA est monté à la cote 12,59 m (plus de 6 m le 6.2.1957), ce qui correspond à un débit de l'ordre de 2500-3000 m³/s, soit environ 1000 l/s.km². Mais l'estimation du débit est encore plus délicate que pour les cours d'eau de la côte Est.

Ces chiffres montrent que l'évaluation des crues exceptionnelles est difficile, car ils peuvent varier dans de grandes limites avec les caractéristiques des cyclones qui les ont provoquées. Un léger déplacement des trajectoires ou les concordances de deux météores peuvent faire doubler ou même tripler les débits spécifiques de crue.