

LE CYCLONE TROPICAL DU 14 AU 22 JANVIER 1954 A MADAGASCAR

par

H. PELLERAY

Ingénieur I.E.T.

*Ingénieur-Hydrologue à l'Électricité de France
Service des Études d'Outre-Mer*

Venant de l'Océan Indien, un cyclone particulièrement violent franchissait le 14 Janvier 1954 la grande falaise de la côte Est et causait dans la région de TANANARIVE des dégâts importants.

Des pluies abondantes, tombant pendant plusieurs jours sur des milliers de km², déterminaient la montée simultanée des eaux de l'IKOPA et de tous ses affluents.

Les bas quartiers de TANANARIVE ont été épargnés de justesse grâce à des ruptures volontaires ou accidentelles de la digue R.G.

Après un rapide exposé des faits, nous étudierons l'influence de ce cyclone sur les débits de la VARAHINA-SUD et l'IKOPA.

Nous essaierons, en particulier, de déterminer, aussi exactement que possible, le débit maximum roulé à TSLAZOMPANIRY par la VARAHINA-SUD, 300 m. en aval du lieu où sera construit le barrage destiné à régulariser partiellement le cours de cette rivière.

I - ÉVOLUTION DU PHÉNOMÈNE

Une dépression cyclonique venant de l'Est-Nord-Est était signalée le 14 janvier 1954 à 6 h. (heure locale) entre TAMATAVE et VATOMANDRY.

La lecture barométrique à bord du "COLMAR" était de 941 millibars, ce qui laissait présager un tourbillon exceptionnellement violent.

La vitesse de translation était d'environ 20 km/heure.

La vitesse propre du cyclone s'atténua à la montée de la falaise de la côte Est et tomba à 13 km/heure. Les vents se ralentirent également puisque le maximum sur les plateaux ne dépassa guère 150 km/heure, alors que sur la côte Est il a été estimé à 250 km/heure.

Le météore passa à 60 km. au Sud de TANANARIVE et détermina, dans une large bande de part et d'autre de sa trajectoire, des vents dépassant largement 100 km/heure et des pluies approchant et dépassant même en certains points les maxima enregistrés depuis plusieurs décades.

Dans le bassin de l'IKOPA, les pluies commencèrent le 12 Janvier et persistèrent jusqu'au 19.

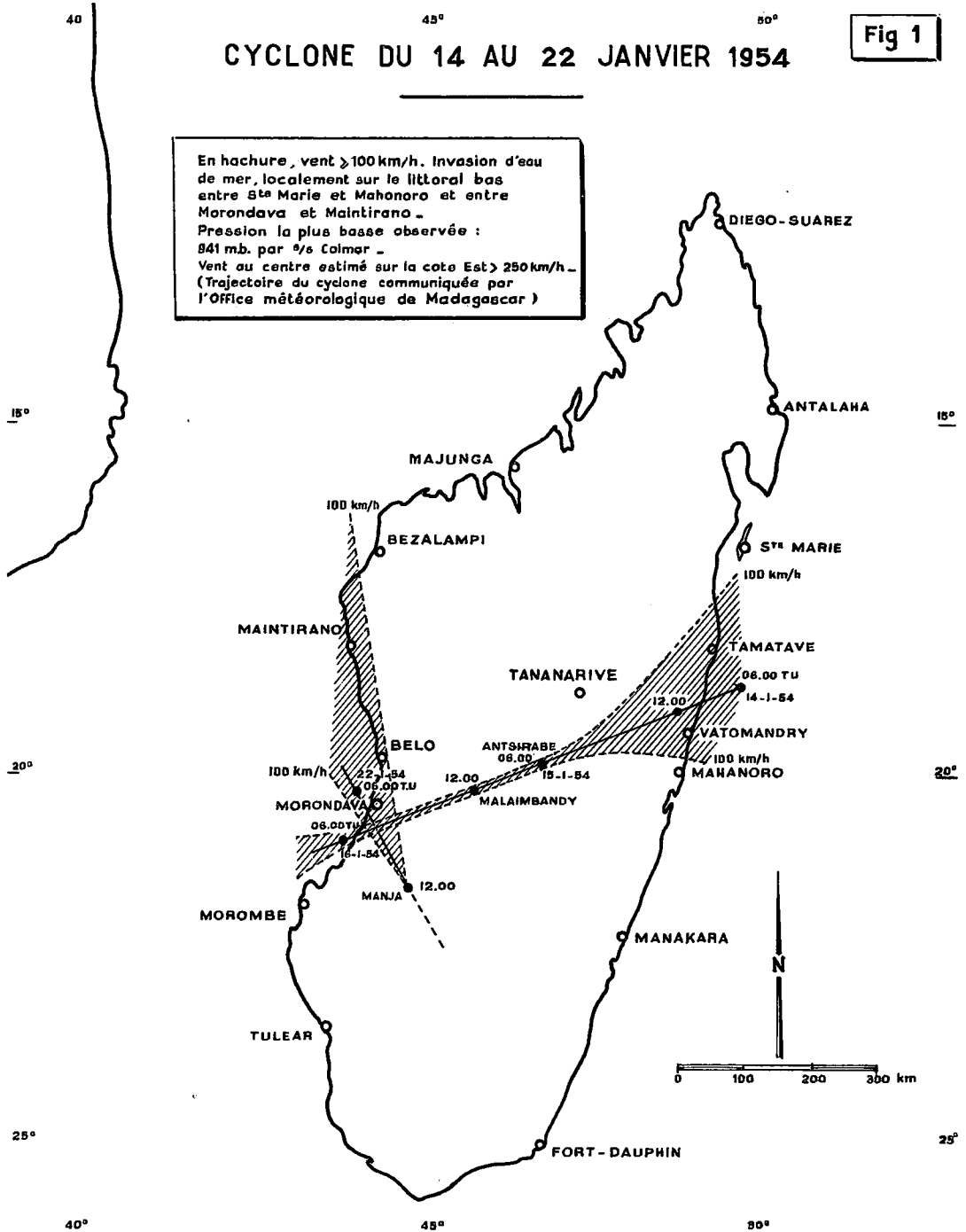
Poursuivant une trajectoire quasi-rectiligne vers la côte Ouest, le cyclone passait le 15 à 6 h. près de ANTSIRABÉ, à 12 h. sur MALAIMBANDY et atteignait la côte Ouest le 16 vers 6 h. du matin. Une perturbation secondaire prenait la direction MORONDAVA-MANJA, mais disparaissait dans la journée du 22 au Sud de MANJA.

Toute la côte Ouest de MORONDAVA à BESALMAPY était soumise à des vents violents (figure 1 - Trajectoire du cyclone). La carte, fig. 2, donne la répartition des précipitations tombées sur le bassin versant de l'IKOPA le 14 Janvier.

Les pluies violentes commencèrent dans la journée du 13 Janvier et continuèrent le 14, apportant en certains points près de 200 mm. d'eau en 24 h. Les pluies ont déterminé pour plusieurs stations les hauteurs d'eau maxima connues en 24 heures. C'est le cas d'ANTELOMITA : 150 mm. contre 107,3 mm. en Mars 1947, et d'AMBOHIMIDANA :

CYCLONE DU 14 AU 22 JANVIER 1954

Fig 1



182 mm, contre 92 mm. en Janvier 1935. Les stations les plus arrosées sont situées dans la partie Est du bassin versant. Les isohyètes vont en décroissant vers le Nord-Ouest, c'est-à-dire en s'éloignant du centre du cyclone; elles se déforment et se renforcent pour franchir le massif de l'ANKARATRA. Les lames d'eau moyennes déversées sur le bassin de l'IKOPA furent les suivantes :

- le 13 : 23 mm.
- le 14 : 96,2 mm.
- le 15 : 37 mm.

De très fortes marées, accompagnées d'invasion de la mer, eurent lieu sur le littoral côte Est entre SAINTE-MARIE et MAHANORO et côte Ouest entre MORONDAVA et MAINTIRANO.

47°33

ESSAI DE TRACÉ DES ISOHYÈTES DU 14 JANVIER 1954 SUR LE BASSIN SUPÉRIEUR DE L'IKOPA

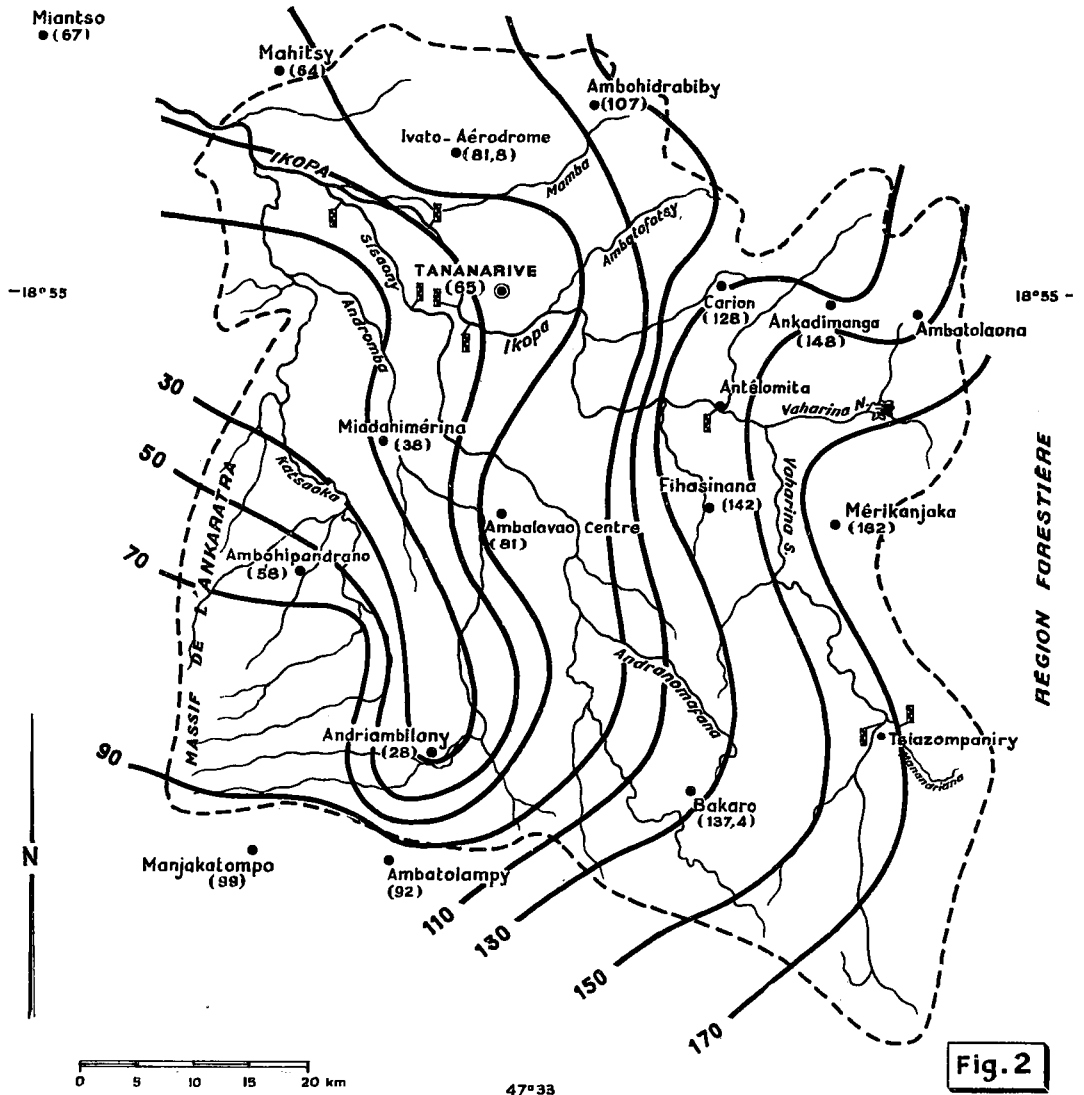


Fig. 2

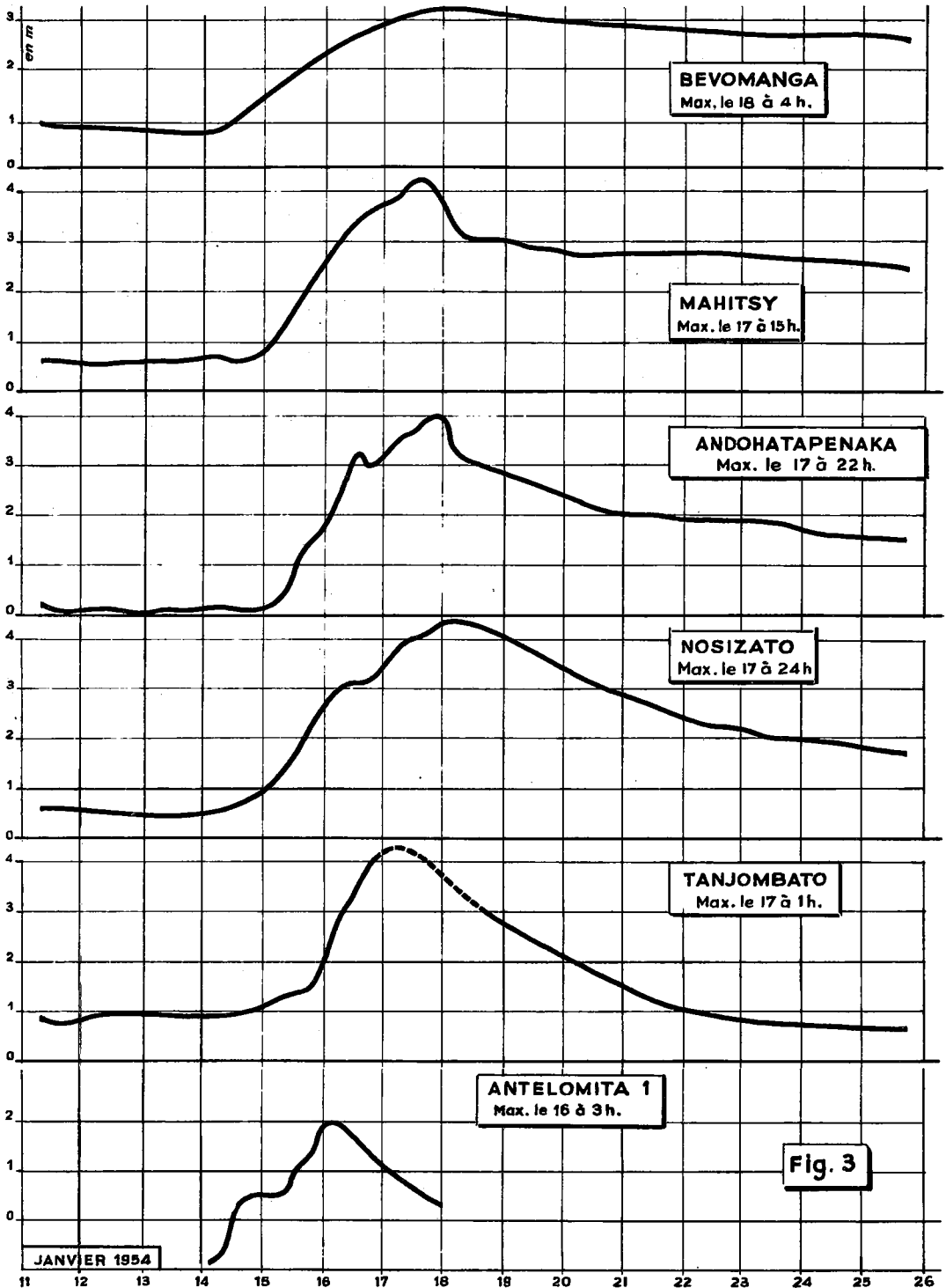
47°33

II - CONSÉQUENCES DES PLUIES CYCLONIQUES DANS LE BASSIN VERSANT DE L'IKOPA - PHYSIONOMIE DE LA CRUE

De nombreux postes d'observations hydrologiques sont répartis dans le bassin supérieur de l'IKOPA, sur l'IKOPA proprement dite et sur ses principaux affluents.

Les graphiques ci-joints, déduits des lectures faites aux échelles limnimétriques, nous permettent de suivre l'évolution de la crue (fig. 3 - Graphiques aux diverses stations du bassin versant de l'IKOPA - Fig. 4 Carte de situation des échelles et des ruptures de digues).

Le 14 au matin, les stations de la VARAHINA-SUD et de la MANANDRIANA accusaient déjà une nette montée du plan d'eau, plus d'un mètre dans la matinée. Le 15 au



RUPTURES DES DIGUES ET EMPLACEMENTS DES ECHELLES LIMNIMETRIQUES

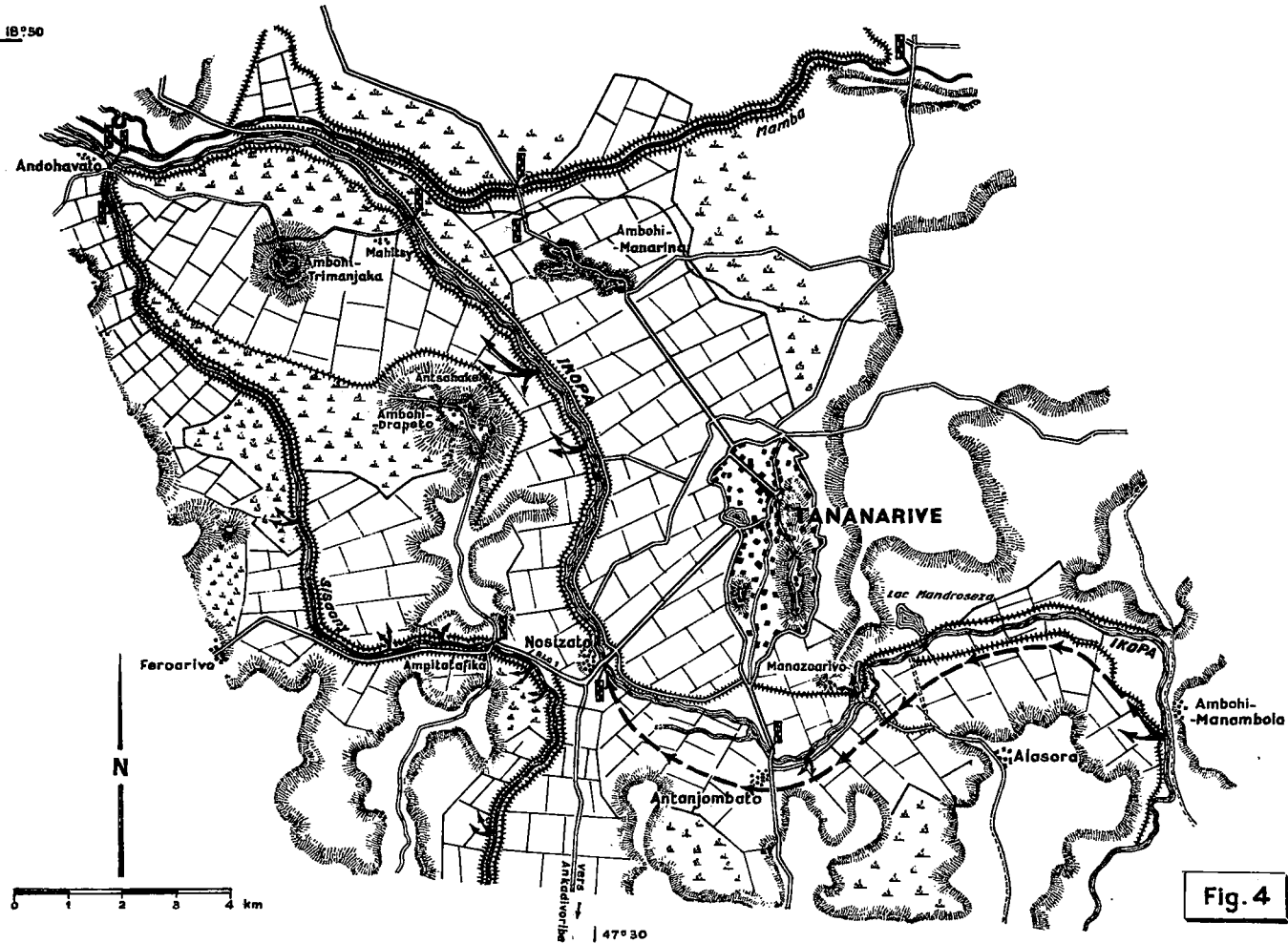


Fig. 4

matin, l'observateur notait 4,82 m. sur l'échelle de la VARAHINA-SUD et 5,30 m. sur celle de la MANANDRIANA, distantes seulement de quelques kilomètres.

Après le confluent de ces deux rivières, c'est environ 500 m³/sec. qui s'engouffraient dans la vallée heureusement encaissée et peu habitée.

Avant d'atteindre les usines hydroélectriques d'ANTELOMITA, la VARAHINA-SUD reçoit de nombreux apports du bassin intermédiaire en particulier la VARAHINA-NORD. Le débit fourni par cette rivière ne fut pas très important puisqu'il est commandé en tête par le barrage-réservoir de MANTASOA dont le plan d'eau s'exhaussa de 1,50 m. On peut estimer que le débit de pointe à ANTELOMITA a été écrété de 50 m³/sec. environ.

L'usine d'ANTELOMITA I notait le début de la crue dès le 15 au matin. L'IKOPA monta très rapidement toute la journée pour culminer le 16 à 3 h. du matin. Une lame d'eau de 2 m. d'épaisseur déversait alors sur le barrage. Plus de 900 m³/sec. franchissaient successivement les déversoirs des usines ANTELOMITA I et II, causant au dernier des dégâts sans gravité. Les usines furent épargnées d'extrême justesse et malgré quelques destructions, la fourniture du courant reprenait normalement le 18 Janvier.

C'est à la station d'ANTELOMITA I que nous avons pu estimer les débits avec une précision très suffisante en utilisant une formule analogue à celle de BAZIN.

A l'entrée de la plaine de TANANARIVE; au village de TANJOMBATO, les eaux de l'IKOPA ne se gonflèrent que dans la nuit du 15 au 16 accusant 3 m. à 6 h. le 16, contre 1,40 m. la veille au soir. Les 4 m. furent dépassés dans la journée.

Les montées toujours brutales du fleuve dans cette partie calme et plate de son cours, sont dues aux digues qui canalisent l'IKOPA dans toute la plaine de TANANARIVE. La largeur du lit est très réduite et la vitesse de propagation de la crue augmente en proportion inverse de cette largeur. Ces digues limitant les divagations du fleuve dans sa vallée permettent l'irrigation et le drainage, mais font courir en temps de crue de graves dangers à la campagne environnante qui se trouve dans ce cas à un niveau inférieur à celui du plan d'eau.

Brusquement, dans la matinée du 16, vers 9 h., avant même le passage du maximum, l'IKOPA rompa la digue R.G. en face du village de AMBOHIMANAMBOLA. Cette brèche, large de 150 m., permettait au fleuve de court-circuiter la boucle de MANDROSEZA et de regagner son lit en aval de TANJOMBATO. La digue déversait sur plus d'un km.

Le graphique de la montée des eaux à TANJOMBATO n'accusa qu'un léger fléchissement le 16 au matin en concordance avec cette rupture.

L'usine de MANDROSEZA qui alimente TANANARIVE en eau potable se trouva isolée de l'IKOPA durant plusieurs semaines jusqu'au colmatage de la brèche. Le lac de MANDROSEZA pallia fort heureusement ce grave inconvénient.

Quelques heures après la formation de cette première brèche une autre s'ouvrait au pied du village de MAHAZOARIVO, en R.D., sans grave conséquence. La digue cédait également en R.G. un peu en amont de TANJOMBATO coupant la petite route digue d'ALASORA.

Les eaux s'engouffrèrent alors au Sud de TANJOMBATO dans un canal de drainage et rejoignirent le lit de l'IKOPA en amont de NOSIZATO en utilisant probablement un ancien tracé du fleuve. Le village de TANJOMBATO était complètement isolé par les eaux.

A NOSIZATO la cote de première alerte était atteinte et dépassée dans la nuit du 15 au 16. La brèche du 16 au matin vers AMBOHIMANAMBOLA détermine sur le graphique des hauteurs d'eau un palier caractéristique.

A 4 km. en aval de NOSIZATO, la station d'ANDOATAPENAKA reproduit le graphique de NOSIZATO en accentuant l'influence de la première brèche.

La courbe des cotes enregistrées au pont de MAHITSY présente également une inflexion correspondant à la brèche amont.

Sur les affluents de l'IKOPA la situation évoluait de la façon suivante :

Tous les affluents étaient grossis par ces pluies cycloniques, mais ils présentaient leur maxima à des dates différentes, évitant ainsi de catastrophiques superpositions de crues. Cette non concordance entre les temps de concentration pour des pluies simultanées est due à des différences de structure, de relief, de forme et de dimensions entre les bassins versants.

SISOANY -

Grâce aux routes-digues d'ANKADIVORIBÉ et R.I.G. n° 1, ses eaux ne purent rejoindre l'IKOPA à NOSIZATO. De nombreuses brèches s'étaient ouvertes dans ses digues dès son entrée dans la plaine durant la nuit du 15 au 16.

Le 16, vers 14 h., une rupture importante se produisait en R.G., au Nord de FENOARIVO noyant encore quelques centaines d'hectares. Cette brèche se sent nettement sur les graphiques d'AMPITATAFIKA et d'ANDOHAVATO. Le palier enregistré le samedi dans la soirée en est la conséquence.

La SISOANY trouva son maximum plus rapidement que l'IKOPA, le 16 à 18 h. pour la station d'AMPITATAFIKA.

A ANDOHAVATO le maximum se produisit également dans la soirée du 16. On constate une remontée du plan d'eau le 17 au soir qui ne figure pas sur le graphique de la station amont. Le second maximum est dû au maximum principal de l'IKOPA qui exhaussa le plan d'eau d'environ 0,50 m. au confluent de la SISOANY.

ANDROMBA -

L'ANDROMBA était également en crue depuis le 14 au matin. Il monta de 2,50 m. en 48 h. et l'observateur enregistra le 16 vers 18 h., la cote maximum du plan d'eau.

Les affluents rive droite de l'IKOPA accusèrent une crue, due également au cyclone, mais leurs bassins versants, aux dimensions assez faibles, entraînèrent des maxima précoces et relativement peu importants se situant le 15 dans la soirée.

En résumé les affluents de l'IKOPA et l'IKOPA elle-même, dépassaient largement les cotes d'alerte et rompaient leurs digues le 16 et surtout le dimanche 17.

La situation s'aggravait, car malgré ces hémorragies importantes qui déversaient dans les rizières et dans les champs des volumes énormes, les eaux montaient inexorablement. La digue R.D. était la seule protection pour les bas quartiers de TANANARIVE, quartiers très peuplés : ISOTRY, ANTANIMENA, SOANIERANA, quartier de la Gare. Si la digue R.D. était emportée, la catastrophe était donc sans remède.

Le service Provincial des Travaux Publics qui centralisait toutes les hauteurs d'eau dans la plaine de TANANARIVE, proposa dans l'après-midi du 17 à M. le Chef de Province, en accord avec la Direction du Génie Rural, la rupture de la digue rive gauche de l'IKOPA, un peu au Sud d'AMBOHIDRAPETO.

Après avoir prévenu la population, des équipes de travailleurs s'attaquèrent à la digue rive gauche. Vers 18 h. la digue était crevée et les eaux commençaient à s'écouler dans la plaine. La digue ne fut pas emportée rapidement comme on l'escomptait et le fleuve continua sa montée. La digue rive droite commençait à être submergée en certains points près de NOSIZATO.

La situation devenait de plus en plus critique lorsque, vers 22 h., le plan d'eau s'abaissa rapidement. Une brèche énorme s'était ouverte à quelques kilomètres en aval, en face du village d'ANTSAHAKELY.

Les graphiques des stations au voisinage de la brèche enregistraient dans la nuit une baisse d'environ 1 m. La ville était définitivement hors de danger.

A TANJOMBATO, l'absence de relevés pour cette période capitale de la crue est très gênante. Il semble toutefois que la décrue s'amorçait déjà le dimanche soir. Elle se précisa nettement à partir du 18.

Pour NOSIZATO, la montée des eaux fut stoppée par la brèche d'ANTSAHAKELY, mais le graphique ne présente pas de décrochement. La distance entre la station et le point de rupture a dû atténuer fortement le remous d'abaissement du plan d'eau et la zone d'inondation en amont de NOSIZATO a pu maintenir les débits en restituant un volume important à la rivière. La décrue, plus lente qu'à TANJOMBATO malgré la très faible distance séparant les deux stations, souligne l'influence des débordements dans la plaine intermédiaire.

Comme on peut le constater sur les graphiques, le maximum de NOSIZATO semble imprécis et très tardif.

Le graphique de la station d'ANDOHATAPENAKA est nettement affecté par la brèche principale du 17 au soir. La montée du plan d'eau est brutalement arrêtée au moment de la rupture de la digue. Le maximum, en avance sur celui de NOSIZATO, est purement artificiel. La décrue s'amorce immédiatement et suit fidèlement la courbe de NOSIZATO. Il n'y a aucun apport important entre ces deux stations.

Le maximum de la station de MAHITSY semble se situer le 17 à 15 h. Ce renseignement est probablement faux. Il y a peut-être une erreur du lecteur. Ceci est vraisemblable car la situation de l'échelle, sur une pile rive droite du pont, obligeait l'observateur à rester sur la digue rive droite. Il risquait donc d'être isolé au cas où la route d'AMBOHITRIMANJAKA aurait été submergée. Il est donc plus correct d'admettre que le maximum se situe le 17 à 22 h. comme pour la station d'ANDOHATAPENAKA. Les graphiques des deux stations durant la nuit du 17 au 18 sont d'ailleurs très voisins.

On constate que la décrue est beaucoup plus lente à MAHITSY qu'aux stations amont. Les débits sont, en effet, soutenus par toute la zone d'inondation qui s'étend au pied

d'AMBOHITRIMANJAKA. Le plan d'eau mettra dix jours environ pour s'abaisser d'un mètre à MAHITSY contre 36 h. à TANJOMBATO.

Sur la SISOANY, la descente des eaux fut plus lente à la station aval d'ANDOHAVATO, proche du confluent, qu'à la station amont d'AMPITATAFIKA. D'une part, la première station est soumise à l'influence directe de l'IKOPA qui suit une loi de décrue plus lente que celle de la SISOANY. D'autre part, entre les deux stations, subsistait un champ d'inondation qui, en se vidant, soutenait les débits d'ANDOHAVATO uniquement.

Les effets retardateurs des zones d'inondation devaient s'ajouter à l'extrémité aval de la plaine du BETSIMITATATRA. La station de BEVOMANGA enregistra une montée lente du plan d'eau, un maximum très aplati le 18 à 4 h. et une décrue extrêmement lente puisqu'il fallut plus de 20 jours pour passer de 3,20 à 2,20 m.

Il convient de noter l'aplatissement très important qu'a subi la crue au cours de la traversée de la plaine de TANANARIVE.

Nous avons évalué à 1 000 m³/sec. environ le débit de pointe en amont de TANJOMBATO. Mais la crue fut très courte puisqu'en moins de deux jours les débits passèrent, à ANTELOMITA, de 300 m³/sec. à 1 000, puis de 1 000 à 300 m³/sec.

Les diverses ruptures de digues écrêtèrent considérablement la crue à l'aval de TANJOMBATO et le maximum de BEVOMANGA ne fut que de 310 m³/sec., inférieur en particulier de 90 m³/sec. au maximum de 1952.

Il convient de souligner la violence de ce météore qui frappa la région de TANANARIVE.

Le creux barométrique, 941 mb sur la côte, est exceptionnel; seul le cyclone du 3 Mars 1927 sur TAMATAVE avait déterminé une hauteur barométrique aussi faible.

A notre connaissance, il est impossible de lier la violence d'un cyclone à la lecture barométrique minimum, mais on constate qu'il faut remonter à 1921 pour retrouver une crue de l'IKOPA aussi désastreuse. Depuis cette époque, les cultures ont envahi la plaine, les villages se sont agrandis et TANANARIVE a plus que décuplé sa population. Les dégâts dans ces conditions ne pourraient pas se comparer.

Les services compétents ont estimé en première approximation à plus de 200 millions de Fr. C.F.A. les pertes matérielles. Il n'y eût aucune victime.

Pour assurer la protection de TANANARIVE, différents dispositifs pour la prévision des crues, à partir des précipitations, seront installés sous peu. L'exemple du Service de Protection contre les Crues de la vallée du PO pourra être étudié avec profit. Dans le bassin versant de l'IKOPA, des postes d'observation seront reliés par fil et par radio à TANANARIVE. Il s'écoule environ 3 jours entre la fin d'une averse brève et le passage de la pointe de crue correspondante à TANANARIVE. Ce délai, invariable, est suffisant pour prendre toutes les mesures utiles à la protection efficace de la ville et de la population.

De plus, dans un très proche avenir, le barrage-réservoir de TSIAZOMPANIRY retiendra un volume appréciable de la crue et permettra de ne restituer à la rivière que des débits modérés avec un retard important.

III - CALCUL DES DÉBITS MAXIMA A L'ENTRÉE DE LA PLAINE DE TANARIVE ET A TSIAZOMPANIRY

1°) - Calcul du débit maximum de l'IKOPA à ANTELOMITA :

Les relevés des hauteurs de déversement sur le barrage d'ANTELOMITA I nous ont permis de reconstituer la crue et d'en calculer le maximum.

Le déversoir peut-être considéré comme proche d'un seuil Creager auquel nous pouvons appliquer la formule :

$$Q = \left(0,405 + \frac{0,003}{h} \right) \left(1 + 0,55 \frac{h^2}{(h+p)^2} \right) l h \sqrt{2g \left(h + \frac{V_0^2}{2g} \right)}$$

avec, comme notation :

Q = débit calculé en m³/sec.

h = charge sur le seuil en m.

p = profondeur en amont du seuil = en moyenne 5,20 m.

l = longueur du seuil = 168,40 m.

g = accélération de la pesanteur en m/sec.²

Ce calcul nous donne un débit maximum de 922 m³/sec. se déversant sur le seuil. A ce chiffre, il convient d'ajouter le débit qui s'écoulait par la vanne de chasse R.D., soit environ 38 m³/sec.

Le maximum instantané sur le barrage d'ANTELOMITA I a donc été de 960 m³/sec.

L'aplatissement de la crue dû à la retenue créée par le barrage est certainement très faible étant donné le volume réduit de cette retenue. Nous l'avons estimé à 50 m³/sec.

Le barrage-déversoir de l'usine d'ANTELOMITA II aurait pu nous servir de recoupement pour l'évaluation du débit maximum de l'IKOPA en ce point.

Le calcul donne un débit légèrement supérieur à 800 m³/sec. Il est probable qu'un certain laminage de la crue se soit produit dans la réserve d'ANTELOMITA II d'une part. D'autre part, le parement aval du barrage a été emporté à l'endroit où la dépression est maximum, sur quelques dizaines de m. offrant ainsi une section plus importante que celle prise en compte.

Nous conserverons donc le chiffre de 960 m³/sec. pour le maximum à ANTELOMITA I, soit 700 l/sec/km² sur 1 375 km² de bassin versant.

2°) - Calcul du débit maximum de la VARAHINA-SUD à TSIAZOMPANIRY :

Durant le passage du cyclone, aucune mesure de débit n'a pu être effectuée sur la VARAHINA-SUD. Les routes impraticables et souvent submergées ont interdit l'accès de TSIAZOMPANIRY pendant plusieurs jours.

Les moyens d'estimer, à posteriori, cette crue exceptionnelle se réduisent aux mesures de pente faites sur le terrain d'après les délaissés et aux indications des observateurs.

Les traces du niveau maximum de la crue sont très visibles en certains points mais sur une distance assez faible (300 m. environ).

Le nivellement des délaissés de crue a donné une pente moyenne de 0,0018, chiffre considérable pour une rivière lente et calme comme la VARAHINA.

Nous avons levé deux profils en travers de part et d'autre de la station.

Le calcul des sections a montré que nous étions dans une zone légèrement convergente, mais la correction correspondante sur la mesure de pente est négligeable.

Nous avons utilisé la formule de MANNING pour calculer la vitesse moyenne dans la section considérée :

$$V = \frac{R^{1/6}}{n} \sqrt{R.J.}$$

Le choix du coefficient "n" était assez délicat. Par analogie, nous avons été conduits à adopter la valeur 0,06 de la classification de HORTON.

Cette importance rugosité est due principalement à la végétation dans le lit majeur : arbres et arbustes sur un épais tapis d'herbe.

Le calcul nous a donné :

$$\begin{aligned} V_m &= 1,72 \text{ m/sec.} \\ \text{et } Q &= 360 \text{ m}^3/\text{sec.} \end{aligned}$$

soit un débit spécifique de 1 270 l/sec/km² pour les 283 km² du bassin versant de la VARAHINA.

Ce résultat ne peut être donné qu'à 15 ou 20 % près.

Il serait d'ailleurs illusoire de chercher une précision meilleure. Comme nous l'avons vu, une forte partie du lit majeur est boisée et, de ce fait, échappe aux estimations habituelles du coefficient de rugosité.

Au cours de la crue, le lit de la rivière a été profondément affouillé et il est impossible de mettre en compte ce surcroît de travail qui a dû se traduire par des variations de pente et de vitesse.

CONCLUSION -

Comme nous l'avons vu plus haut, la fréquence de cette crue semble faible. Il est possible qu'il s'agisse d'une crue cinquantenaire.

Malgré des pentes non excessives, et une couverture végétale réduite à des graminées, mais relativement dense, les débits spécifiques obtenus sont assez élevés :

- 700 l/sec/km² pour 1 400 km².
- 1 300 " " 300 km².
- certainement plusieurs milliers de l/sec/km² pour des superficies inférieures à 20 km².

Les valeurs élevées observées tiennent surtout à l'allure cyclonique et, par suite, à la répartition homogène des précipitations.

Généralement, cette région n'était qu'effleurée par les grands cyclones de sorte que les crues connues jusqu'ici étaient relativement bénignes et de l'ordre de 60 m³/sec. au maximum. L'exemple de cette crue doit mettre en garde les ingénieurs contre les dangers de sous-estimation des crues exceptionnelles auxquels peuvent donner lieu certains bassins versants proches des zones balayées par les cyclones. Il suffit d'un léger déplacement par rapport aux trajectoires habituelles pour que le bassin soit soumis en entier aux pluies cycloniques et que, par suite, le débit résultant soit beaucoup plus élevé que les maxima déjà observés, parfois même depuis plus de cinquante ans.