

Photo Hueber.

*Barrage - Piège à sable d'Ianamolora en cours de comblement.*

# ÉTUDE DE L'ÉCONOMIE DE L'EAU A ANTANIMORA (SUD DE MADAGASCAR)

par MM. BENOIT de COGNAC, BAILLY,  
de VERGNETTE, MALVOS et R. HUEBER,

*Division Sol et Forêt. C. T. F. T. Madagascar.*

## SUMMARY

### THE WATER ECONOMY IN ANTANIMORA, SOUTH MADAGASCAR

*The region of Antanimora, in the South of Madagascar, is very arid, with a short rainy season. The soil is skeletal on gneiss, and the vegetation is thin and poor as a result of bush fires and excessive grazing. A 330-acre basin has been developed in accordance*

*with water and soil conservation techniques, and it has been possible to follow during 5 successive months, on this basin and on a neighbouring control basin, the regeneration of the deteriorated grazing land, the regularization of the rate of flow of the stream, and the storage of water in permeable terrains.*

*The effectiveness of the basin is reflected in a drop from 100 to 15 in the maximum flood levels, a better utilization of water, a doubling of small flows in the dry season, and a reduction of soil losses to one hundredth of the former figure.*

## RESUMEN

### ESTUDIO DE LA ECONOMIA DEL AGUA EN ANTANIMORA (SUR DE MADAGASCAR)

*La región de Antanimora, en el Sur de Madagascar, es muy árida, con una corta temporada de lluvias, suelos esqueléticos sobre gneiss, una vegetación clareada y degradada, debido a los incendios de selva y a los abusos de pastoreo. Una zona de 155 hectáreas ha sido acondicionada según las técnicas de conservación del agua y del suelo y los estudios emprendidos han permitido seguir durante 5 años consecutivos en esta zona, así como en una zona testigo cercana, la regeneración de los pastoreos degradados, la regularización del caudal de escorrentía y el almacenamiento del agua en los terrenos permeables.*

*La eficacia de los trabajos realizados en la zona acondicionada, se manifiesta por una disminución de 100 a 15 del máximo de las avenidas, una mejor utilización del agua, un aumento de doble contra sencillo de los pequeños caudales en temporada seca y, asimismo, pérdidas de tierra 100 veces inferiores.*

La région Sud de Madagascar est très aride et de ce fait très déshéritée en points d'eau permanents. Cette situation pose un problème ardu pour l'alimentation en eau des humains et des troupeaux, ceux-ci étant parfois obligés de parcourir, chaque jour, des distances importantes pour s'abreuver.

L'étude réalisée dans cette région à Antanimora à la demande du Service des Eaux et Forêts et sur des crédits du Fonds d'Aide et de Coopération de la République Française, avait pour but, après l'aménagement d'un bassin élémentaire suivant les techniques de Conservation de l'Eau et du Sol, de suivre sur ce bassin :

— la régénération du pâturage dégradé,

— la régularisation du débit par réduction des pointes de crue et du ruissellement,  
— le stockage de l'eau dans les terrains perméables.

Un second bassin situé à proximité du premier fut choisi pour servir de témoin.

Ces deux bassins :

— Tsimandaha, aménagé, 155 ha,

— Ianamolora, témoin, 185 ha, furent étudiés pendant 5 campagnes consécutives et la présente note reprend l'ensemble des résultats obtenus afin d'essayer d'en tirer les conclusions utiles à l'aménagement de ces régions.

## GÉNÉRALITÉS. RÉALISATION DES OBSERVATIONS

### Généralités

#### GÉOLOGIE. RELIEF. CLIMATOLOGIE

Les bassins comparés sont situés sur des gneiss peu micacés et schistes cristallins du groupe d'Ampanrandava. Ces gneiss ont une structure isoclinale serrée.

Le relief du bassin de Tsimandaha est celui d'une espèce d'auge perchée par rapport à la plaine alentour. Il est très nettement encadré par deux crêtes

Nord-Sud et forme une unité topographique bien définie.

Les pentes des versants, mis à part les abrupts qui dominent les points culminants des crêtes, sont de l'ordre de 6 à 12 %. Le ruisseau Tsimandaha a une pente de 1 % en amont du barrage, pente qui va en augmentant vers l'amont.

Le bassin d'Ianamolora jouxte, sur un côté, le bassin de Tsimandaha. Il a un relief assez compa-

nable avec des abrupts rocheux sur une partie de ses limites. Sa forme est cependant moins allongée que celle de Tsimandaha et de plus sa dégradation au départ était moins prononcée.

Le climat de la région est aride, caractéristique du Haut-Androy, avec une pluviométrie moyenne de 600 mm et une sécheresse de 8 mois très marquée. Les premiers orages peuvent tomber fin novembre, mais la vraie saison des pluies se situe entre décembre et février.

La variabilité est très grande d'une année à l'autre et il en résulte que l'économie agricole est très précaire et marginale.

Les précipitations peuvent être parfois très violentes et sont à caractère orageux (les précipitations sont souvent très différentes à quelques centaines de mètres de distance).

On a pu constater des pluies de plus de 30 mm en un quart d'heure soit des intensités de plus de 2 mm/minute durant 15 minutes.

## SOL ET VÉGÉTATION

### Sol.

Les sols sont des sols ferrugineux tropicaux sur gneiss :

- sols squelettiques sur gneiss sur la pente,
- sols colluvionnés de bas de pente ou de replats,
- sols colluvionnés alluvionnés,
- sols de bas-fonds souvent enterrés sous la couche de sable apportée par l'oued, sols noirs limoneux compacts.

Douze prélèvements ont été effectués en différents points du bassin de Tsimandaha peu après son aménagement :

- 6 dans le lit du ruisseau nos 1.1, 1.2, 3.1, 3.2, 3.3, 6.1,
- 2 sur les alluvions de bas de pente nos 8.1 et 8.2,
- 2 sur les alluvions derrière murette nos 4.1 et 4.2,

## STATION D'ANTANIMORA (Forêt)

### Observations Climatologiques

Alt 300 m  
Lat 24°49'  
Long 45°40'

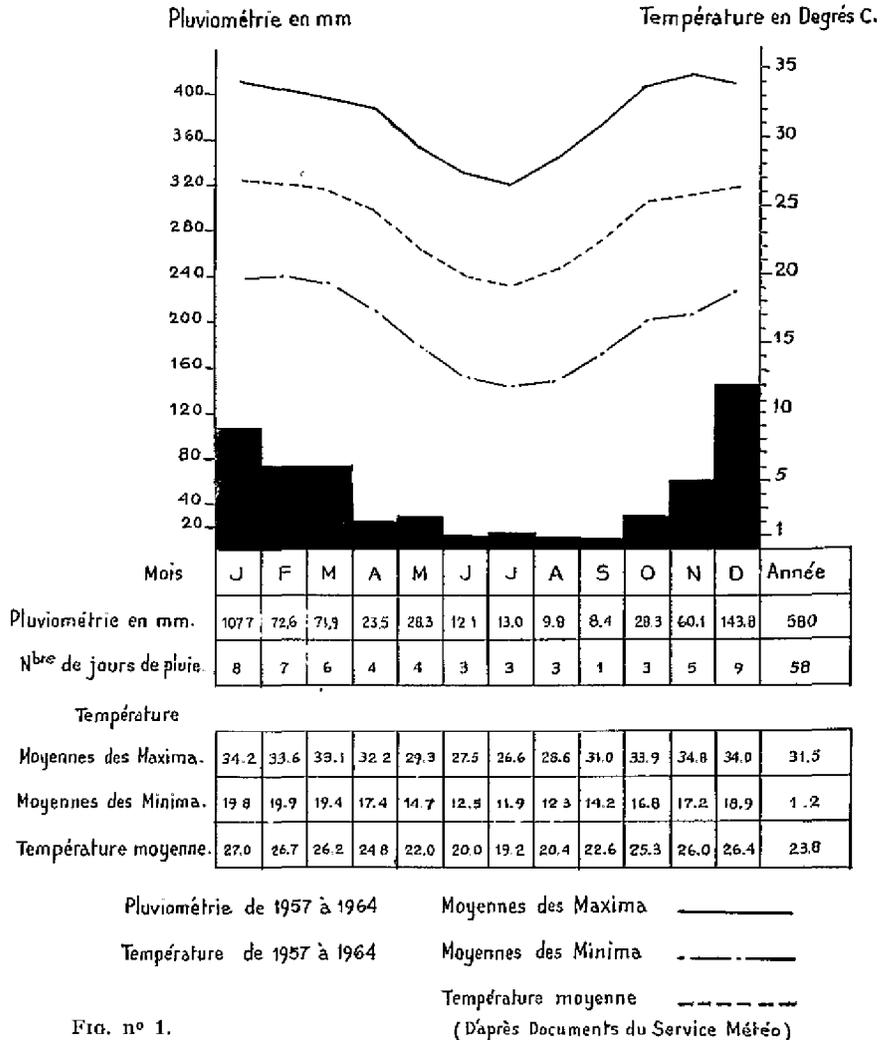


FIG. n° 1.

- 2 sur les alluvions fertiles nos 5.1 et 5.2.

L'analyse granulométrique de ces prélèvements est donnée pour les prélèvements dans le lit du ruisseau et sur les alluvions de bas de pente (tabl. A).

L'analyse des prélèvements derrière murettes et sur les alluvions fertiles est donnée par le tableau B de la p. 6.

Les terres des alluvions sont utilisables pour des cultures vivrières Vohemba, Sorgho, Antaka, Patates, les alluvions du lit majeur peuvent porter des cultures de Maïs. Ces sols sont, en général, bien pourvus en éléments minéraux, mais ils sont pauvres, voire même très pauvres en  $P_2O_5$ .

La perméabilité (Méthode Henin) est donnée par le tableau C de la p. 7 :

TABLEAU A

Analyse granulométrique des prélèvements effectués dans le lit du ruisseau Tsimandaha

N° échantillon	Argile %	Limon %	Argile + Limon %	Sables fins	Sables grossiers (d en mm)				S. G. Total %	Graviers %
					$0,22 < d < 0,32$	$0,32 < d < 0,46$	$0,46 < d < 0,96$	$0,96 < d < 2$		
1-1	5,7	7,4	13,1	6,0	2,2	6,4	20,7	24,4	53,7	23,2
1-2	6,8	11,0	17,8	11,6	4,25	9,0	18,5	19,4	51,3	13,7
3-1	0,7	1,0	1,7	5,6	4,7	21,0	41,0	21,0	87,7	4,4
3-2	2,4	1,47	3,9	12,6	8,9	22,0	25,0	16,2	72,1	7,9
3-3	2,1	1,9	4,0	27,0	6,6	14,8	21,2	17,5	60,1	7,4
6-1	1,0	0,3	1,3	2,2	3,5	13,7	32,0	27,0	76,2	20,0
8-1	6,0	4,8	10,8	25,5	8,3	24,0	19,7	5,4	57,4	0
8-2	11,5	9,9	21,4	11,5	5,8	10,5	13,5	12,5	42,3	18,0

**Remarque :**

Les sables grossiers ont été subdivisés en différentes portions de diamètre efficace différent, par tamisage aux tamis de 20, 40, 60, 80.

Le diamètre efficace est le diamètre principal d'un grain, tel que 10 % de sable en poids soient formés de particules plus petites et 90 % de particules plus grosses.

N° échantillons	4-1	4-2	5-1	5-2
Argile % .....	5,5	19,1	2,5	12,1
Limon % .....	4,0	8,2	24	22
Sables très fins % .....	6,2	5,4	8,7	5,6
Sables fins % .....	30,45	21,99	15,24	14,41
Sables grossiers % .....	50,08	38,01	40,95	37,53
Matière organique totale % .....	2,65	3,29	4,99	3,18
Acides humiques ‰ .....	0,47	0,38	1,06	0,63
Carbones organiques % .....	1,53	1,90	2,89	1,84
Azote total ‰ .....	pm 1,00	r 2,48	m 1,48	p 0,52
Rapport $\frac{C}{N}$ .....	b 15,3	f 7,6	b 19,5	c 35,5
CaO échangeable ‰ .....	m 0,770	r 1,780	tr 2,770	tr 3,400
MgO échangeable ‰ .....	r 0,343	tr 0,844	tr 1,4	tr 2,264
K <sup>2</sup> O échangeable ‰ .....	m 0,137 5	m 0,150	m 0,106	p 0,088
Na <sup>2</sup> O échangeable ‰ .....	0,052	0,057	0,104	0,310
P <sup>2</sup> O <sub>5</sub> assimilable ‰ (Truog) .....	p 0,056	tp 0,019	tp 0,030	p 0,040

tp = très pauvre  
p = pauvre  
m = moyen  
r = riche

tr = très riche  
b = bon  
f = faible  
c = excessif

TABLEAU B

TABLEAU C

Emplacement du prélèvement	Numéro du prélèvement	K en cm/heure
Lit du ruisseau . . . . .	1-1	3,0
	1-2	3,8
	3-1	170
	3-2	10
	3-3	1,26
	6-1	230
Alluvions de bas pente.	8-1	2,2
	8-2	2,5
Alluvions perchées . . . .	4-1	1,25
	4-2	2,8
Alluvions fertiles au bord du lit majeur . . . .	5-1	2,6
	5-2	2,8

Les échantillons 3-1 et 6-1, composés presque exclusivement de sables grossiers et de graviers ( $A + L = 2\%$ ), présentent une très forte perméabilité qui sera utilisée dans la technique du piège à sable (cf. p. 8).

#### Végétation.

La végétation est constituée :

— d'une steppe dégradée à *Heteropogon contortus* rabougri sur les pentes ;

— d'une prairie à *Heteropogon contortus* dense sur les zones d'atterrissement et de colluvions ;

— d'une prairie de bas-fond à *Panicum*, *Eragrostis* et *Heteropogon contortus* en bordure du ruisseau ;

— de quelques vestiges de bush, très xérophyte sur les crêtes (*Allaudia procera* et *A. dumosa*, *Commiphora*, *Girocarpus*, *Euphorbes*, *Acacia*, *Albizia*, *Pachypodium*, *Calanchoe* et arbustes divers) ;

— des vestiges d'une formation ripicole arborée dans les bas-fonds.

Les conditions naturelles peuvent donc se résumer ainsi :

— climat aride avec une courte saison des pluies et des précipitations concentrées de type orageux ;

— sols squelettiques sur gneiss ;

— végétation très clairsemée et dégradée par suite de l'exploitation par le feu et le surpâturage.

Ces conditions entraînent des manifestations violentes d'érosion qui se traduisent en général :

— sur les pentes par du ruissellement et une érosion en nappe forte

entraînant la formation de ravines individualisées et creusement de collecteurs secondaires ;

— par un colluvionnement sur les replats et les bas de pentes provoqué par l'érosion sélective des versants ;

— enfin par des transports dans le collecteur principal lors des brusques crues, avec encombrement du lit et souvent attaques de berges.

#### TRAVAUX RÉALISÉS

##### Travaux de protection sur le bassin traité de Tsimandaha.

Dès 1960 un levé du bassin fut réalisé par le Service des Eaux et Forêts et la mise en défens rigoureuse (pâturage et feu de prairie) a été respectée intégralement depuis cette date. Ceci a été obtenu, grâce à l'accord des populations.

Les cultures sur les colluvions et le lit majeur n'ont pas été interdites et elles se sont étendues dans de notables proportions ; le Service des Eaux et Forêts veillant à ce que les cultures demeurent à leur place sans qu'il y ait destruction des ouvrages.

##### TRAVAUX SUR LES VERSANTS.

Au total 30.000 m de murettes en pierres sèches à profil grossièrement trapézoïdal de 1 m de base inférieure, 0,70 m de base supérieure et environ 0,50 m de hauteur ont été réalisés sur les versants. Ces murettes sont continues sans pente longitudi-



Barrage Piège à sable à Ianamolora.

Photo de Vergnette.

CUVE ÉVAPORATION  
EAU LIBRE

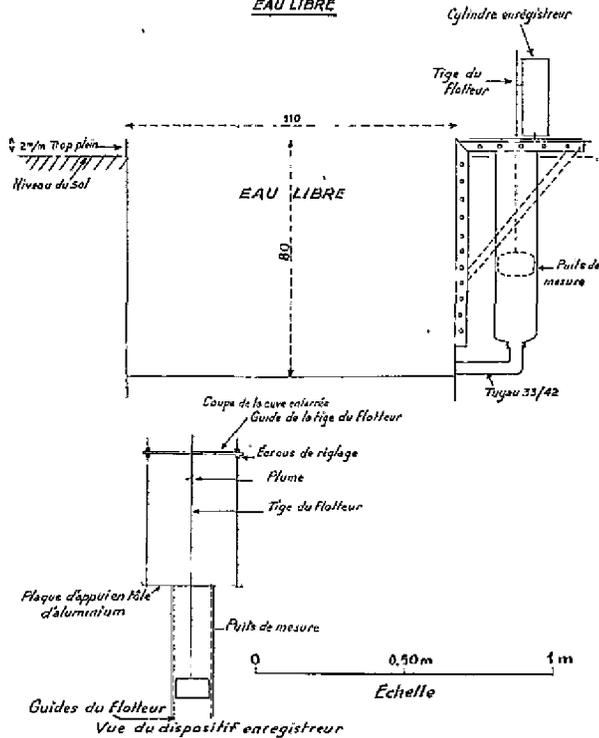


FIG. n° 2.

CUVE ÉVAPORATION  
EAU DANS LE SABLE

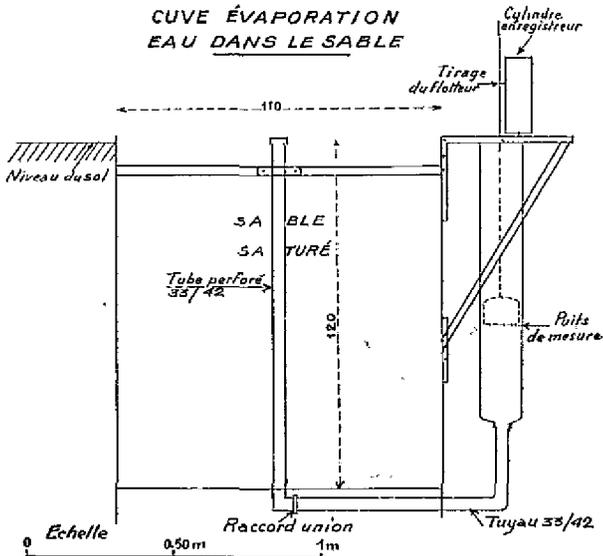


FIG. n° 3. — Dispositifs pour mesurer l'évaporation de l'eau dans le sable à Antanimora.

nale et chacune est séparée de la suivante par une dénivelée de 4 m.

Les ravines et collecteurs secondaires ont été traités avec des seuils rustiques en pierres sèches raccordés aux murettes isohypses.

OUVRAGES DANS LE THALWEG PRINCIPAL.

Dans la partie supérieure du thalweg principal, on a réalisé des barrages en pierres sèches séparés par des biefs qui, après atterrissement ont une pente longitudinale de 2 %. Ces barrages ont des parements amont et aval de pente 1/1, la crête une largeur de 0,50 m. Plus de 25 barrages de ce type ont été réalisés, ils se sont rapidement *atterris* et ont très bien fonctionné. Ils nécessitent cependant de l'entretien.

Dans la partie inférieure, on a réalisé tout d'abord des barrages filtrants en grillage URSUS fixés sur pieux et ancrés dans les berges par du câble de 12 mm. Ces ouvrages n'ont pas résisté et ont été très gravement endommagés dès la première saison. C'est pourquoi, en 1967, ils furent entièrement reconstruits en pierres. Ils ont alors été rapidement *atterris* et ont parfaitement fonctionné par la suite.

Les barrages du cours inférieur du lit sont prolongés par des ailes d'épandage qui ont été réalisées en grillage fixé sur cornières métalliques. Ce dispositif a donné assez peu satisfaction, le grillage étant couché à certains endroits et le courant peu freiné, il a été par la suite remplacé par des ailes en murettes de pierre.

Travaux de délimitation du bassin témoin d'Ianamolora.

Le bassin témoin reconnu en 1962 a été levé par le Service des Eaux et Forêts et un plan a été dressé. Aucun travail de protection n'a été réalisé. Cependant il faut noter qu'un dispositif expérimental de barrage « piège à sable » destiné à retenir l'eau dans le sable a été établi en 1962 à une centaine de mètres en amont du dispositif de mesure.

Dispositifs de mesure mis en place.

Sur le conseil du Chef de la Section hydrologique de l'ORSTOM, un déversoir en V à paroi épaisse a été réalisé sur Tsimandaha en 1961. Ce déversoir est équipé d'un limnigraphe Richard à réduction 1/10. Sur ce bassin, 9 pluviomètres et un pluviographe à augets ont été installés (voir carte des bassins p. 10).

Sur le bassin d'Ianamolora, un déversoir identique à celui de Tsimandaha et comportant le même équipement, a été construit en 1962. Neuf pluviomètres et un pluviographe à augets constituent le réseau pluviométrique.

Enfin, quelques dispositifs et appareillage divers destinés à préciser nos connaissances en ce qui concerne les conditions météorologiques (Thermohygrographe) ainsi que la dynamique de l'eau dans le sol et en nappe libre, ont été installés en 1965. Les croquis n°s 2 et 3 ci-contre donnent une idée des dispositifs utilisés pour l'enregistrement hebdomadaire de l'évaporation de l'eau en nappe libre et dans le sable. Le croquis n° 4 donne le schéma de mise en place des profils de sondes de plâtre destinées à suivre l'humidité des sols en place.

## Réalisation des observations

### RUISSELLEMENTS, DÉBITS D'ÉTIAGE, PLUVIOMÉTRIE

L'appareillage installé sur les deux bassins a permis d'enregistrer toutes les variations de hauteur du plan d'eau aux déversoirs et ainsi, grâce à la courbe de tarage fournie par l'ORSTOM, de déterminer, d'une façon sans doute approchée mais comparable d'un bassin à l'autre, les débits de crue respectifs.

En ce qui concerne les petits débits, la précision de la courbe de tarage étant insuffisante, des jaugeages ont été réalisés sur les deux bassins à l'aide d'un récipient de 100 litres et d'un chronomètre, ces mesures étant effectuées matin et soir.

Sur chacun des deux bassins sont disposés 9 pluviomètres et 1 pluviographe journalier à augets basculeurs. Les pluviomètres sont relevés deux fois par jour lorsqu'il a plu. Le calcul de la lame d'eau tombée lors de chaque pluie est pondéré par la méthode des polygones de THIESSEN (1).

L'intensité des précipitations et leur répartition dans le temps sont déduites des enregistrements pluviographiques.

Tous ces appareils ont fonctionné correctement depuis leur mise en place et l'ensemble des observations a été effectué par deux observateurs et deux aides sous la surveillance de l'Agent technique de la Station forestière d'Antanimora et du Chef d'Inspection de Fort-Dauphin.

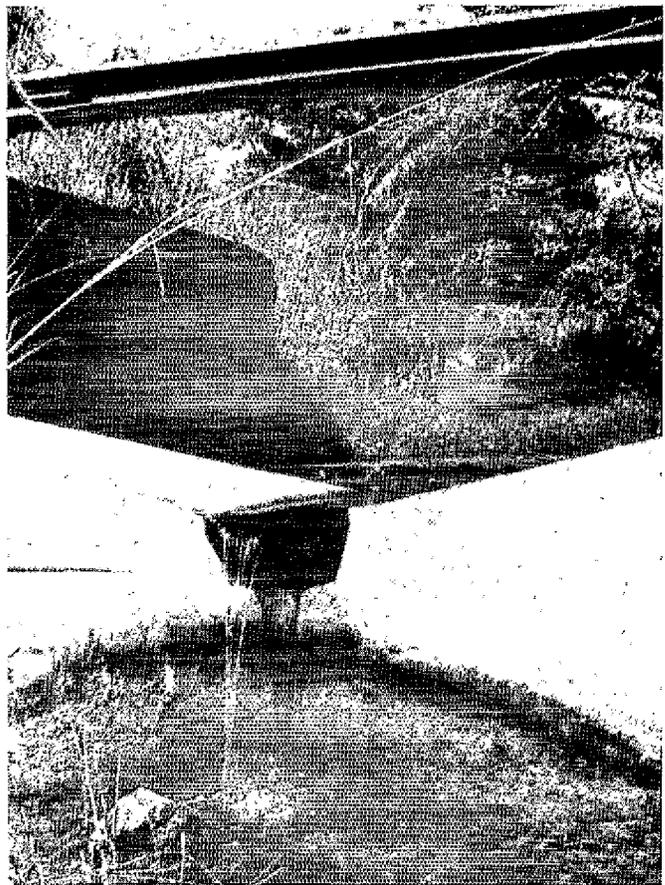
### ÉVAPORATION DE L'EAU

Le dispositif installé en janvier 1965 a fonctionné correctement.

En ce qui concerne les cuves d'eau libre, le niveau de l'eau est ramené à zéro par apport d'eau tous les 15 jours. De plus, afin d'éviter les corrections dues aux précipitations naturelles, les cuves de sable sont

(1) Cette méthode consiste à découper les bassins en autant de polygones qu'il y a de pluviomètres et à faire la moyenne des résultats obtenus pour chacun d'eux (voir découpage des bassins, carte n° 5).

La densité des pluviomètres étant importante (supérieure à 1 par 20 ha) et les différences observées durant les premières campagnes, faibles, on a utilisé simplement la moyenne arithmétique au cours des 2 dernières campagnes.

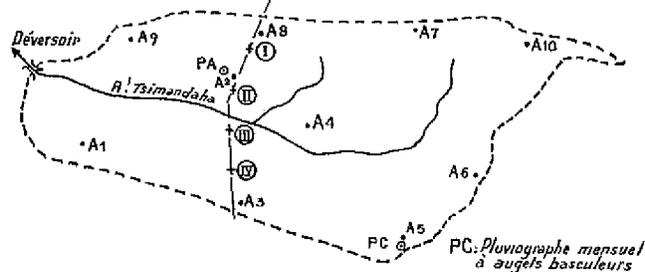


Déversoir de Tsimandaha.

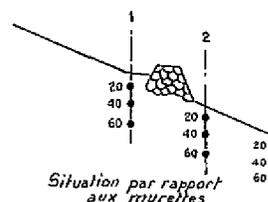
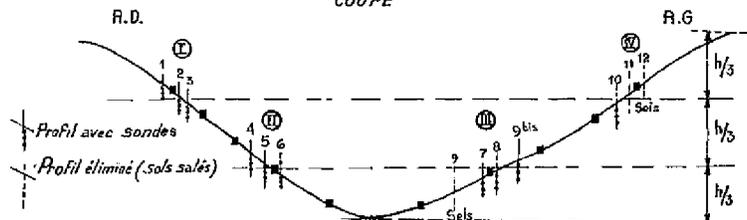
Photo Hueber.

### BASSIN VERSANT DE TSIMANDAHA.

#### SITUATION



#### COUPE



Situation par rapport aux murettes

	Position des Profils		
	Dessus Murette	Dessous Murette	Inter Murette
I	1	2	3
II	5	6	4
III	8	7	9 et 9 <sup>bis</sup>
IV	12	11	10

FIG. n° 4. — Schéma de mise en place des sondes et du pluviographe PC.

## BASSINS VERSANTS D'ANTANIMORA.

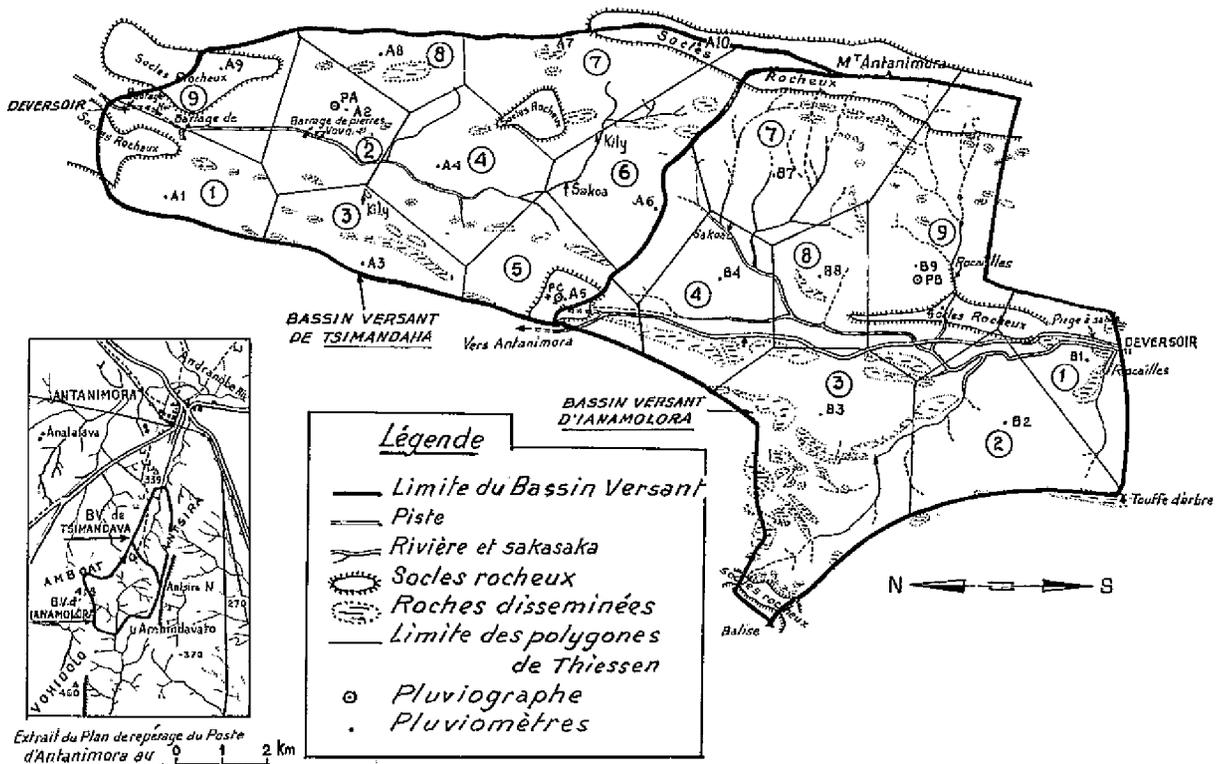


Fig. n° 5.

couvertes d'un couvercle dès les premières gouttes de pluie et ce couvercle est retiré dès la fin de la pluie.

### PROFILS HYDRIQUES

Les mesures de conductivité sur les dix profils de sondes de plâtre mis en place ont été effectuées

régulièrement trois fois par semaine à l'aide d'un conductivimètre à piles. Cet appareil est malheureusement tombé en panne, par deux fois, en janvier 1966 et de juillet à septembre 1966. Il nous a cependant permis de faire un certain nombre d'observations intéressantes dont les résultats sont donnés plus loin.

## INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS OBTENUS SUR CINQ CAMPAGNES

### Pluviométrie - Intensité des précipitations Index de pluie de Wischmeier

#### PLUVIOMÉTRIE

Lorsqu'on observe globalement les résultats obtenus au cours des 5 campagnes de mesures, on est, tout d'abord, frappé par les très grandes variations enregistrées d'une année à l'autre, tant du point de vue de la pluviométrie annuelle qui, en 5 ans peut varier du simple au double (400 à près de 800 mm/an), que de la répartition de cette pluviométrie au cours de l'année (cf. graph. n° 6 ci-après).

Ainsi sur cinq ans en faisant la moyenne mensuelle des pluviométries enregistrées sur les deux bassins (plus de 15 pluviomètres) on observe les écarts indiqués dans le tableau de la p. 12.

Nous voyons que les écarts les plus importants ont été observés en mars, janvier et février, c'est-à-dire au cours des derniers mois de la saison des pluies. Ceci nous montre que d'une année à l'autre, nous pouvons avoir des ruissellements et une érosion très différents et qu'il serait assez illusoire de

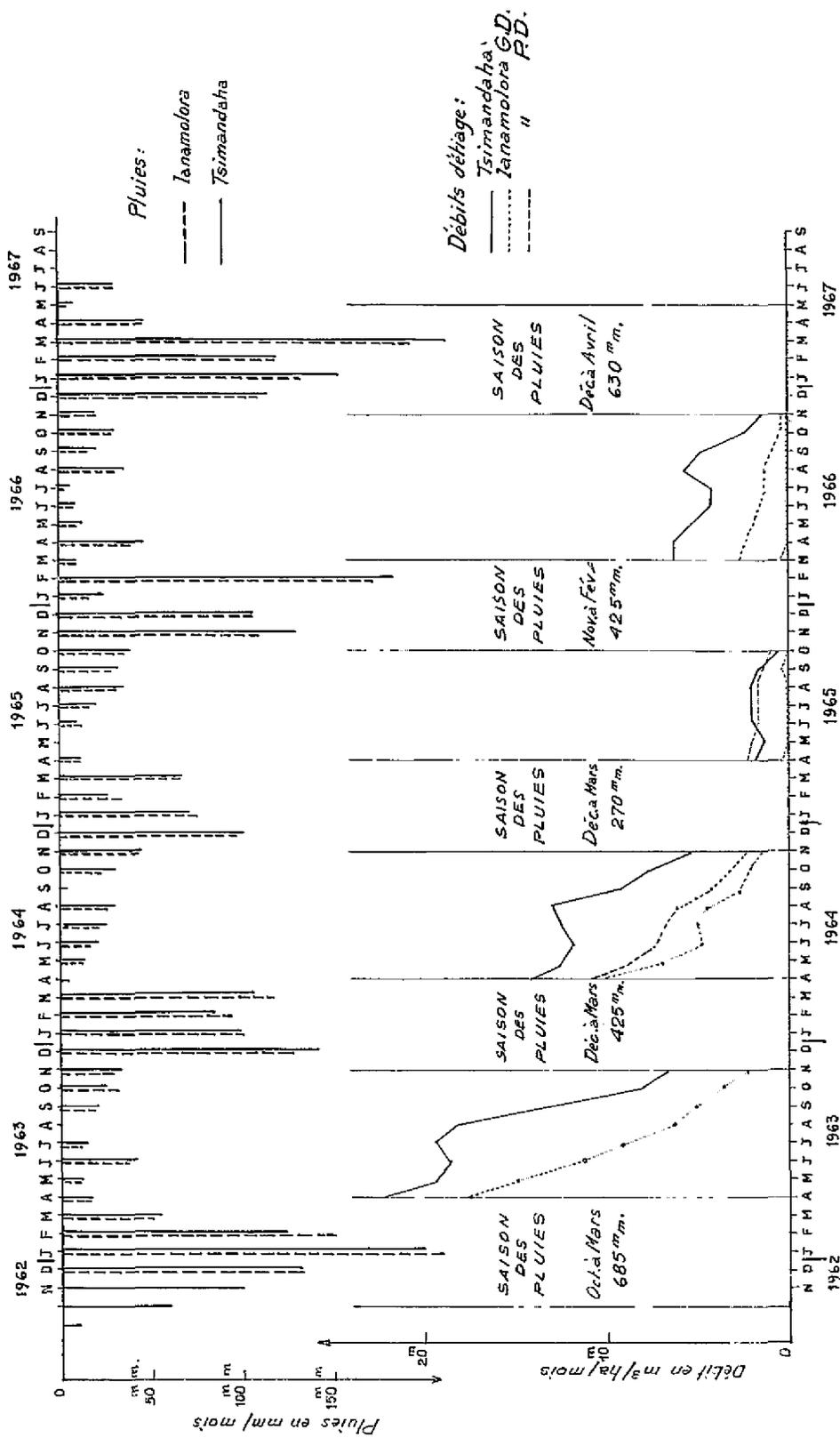


FIG. n° 6. Station d'Antanimora. Pluviométrie et débits d'étiage, 1962 à 1967.

TABLEAU D

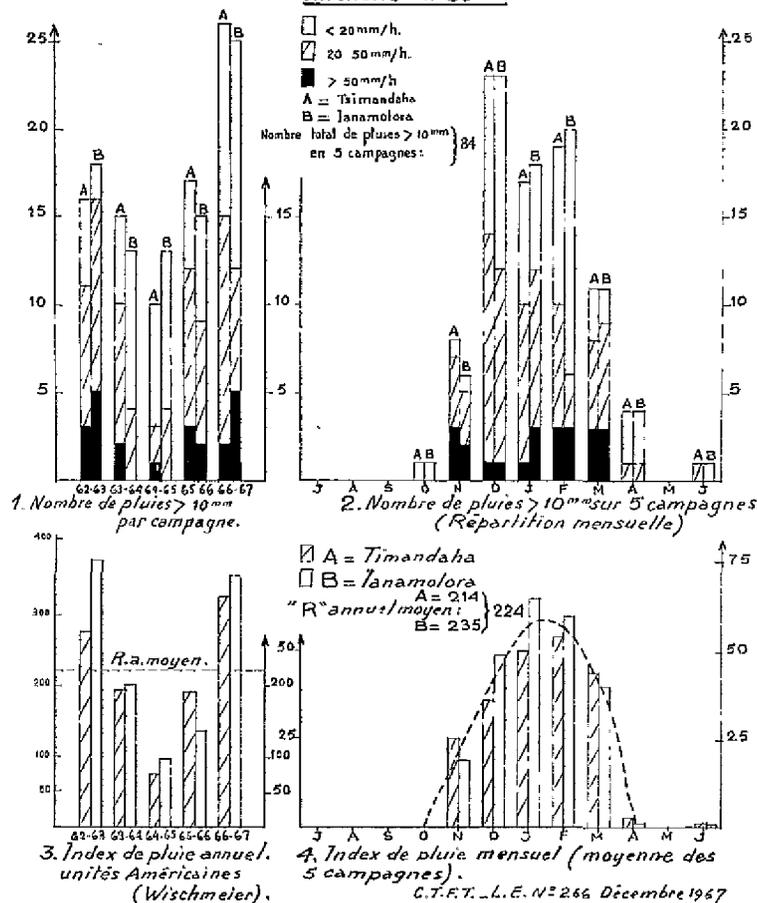
Mois	Moy. Sec Météo mm	Pour les 5 campagnes enregistrées de 62 à 67						Ecart/Moyenne mm	
		Moyenne mm	Minimum		Maximum				
			mm	mm	Année	mm	Année		
Juillet . . . . .	13,0	12	0	1962	24	1964	- 12	+ 12	
Août . . . . .	9,8	21	0	1963	34	1965	- 21	+ 13	
Septembre . . . . .	18,4	15	1	1964	30	1965	- 14	+ 15	
Octobre . . . . .	28,3	37	27	1964	61	1962	- 10	+ 24	
Novembre . . . . .	60,1	61	21	1966	120	1965	- 40	+ 59	
Décembre . . . . .	143,8	118	100	1964	136	1963	- 18	+ 18	
Janvier . . . . .	107,7	109	21	1966	205	1963	- 88	+ 96	
Février . . . . .	72,6	112	30	1965	180	1966	- 82	+ 68	
Mars . . . . .	71,9	89	8	1966	205	1967	- 81	+ 116	
Avril . . . . .	23,5	24	3	1964	49	1967	- 21	+ 25	
Mai . . . . .	28,3	8	1	1965	12	1964	- 7	+ 4	
Juin . . . . .	12,1	21	8	1966	39	1963	- 13	+ 18	
Campagne . . . . .	579,5	627	406	1964-65	777	1966-67	- 221	+ 150	

vouloir tirer des résultats moyens extrapolables après une ou deux années de mesures seulement. Dans des climats aussi variables, 5 années de mesures semblent être un strict minimum et une

poursuite de l'expérimentation sur 10 ans permettrait certainement une extrapolation beaucoup plus rigoureuse encore des résultats.

Fig. n° 7.

INTENSITÉ DES PRÉCIPITATIONS ET INDEX DE PLUIE DE WISCHMEIER  
*Intensité en 30 mn*



**INTENSITÉ DES PRÉCIPITATIONS**

Cette grande variabilité du climat se retrouve d'ailleurs dans l'intensité des précipitations observées durant ces 5 campagnes. Cette intensité nous est donnée par les pluviographes se trouvant sur les deux bassins. Sur le graphique n° 7 ci-contre, on a reporté sur les figures 1 et 2 le nombre cumulé (sur 5 campagnes) des pluies supérieures à 10 mm et on a classé ces pluies suivant les années, on a un nombre de pluies et un classement très variables à la fois dans le temps et dans l'espace (différences notables entre les pluviographes A et B qui ne sont pourtant distants que de 2 km environ).

**INDEX DE PLUIE DE WISCHMEIER**

L'intensité des précipitations étant certainement le facteur le plus important de l'action érosive des pluies, nous avons calculé à partir des enregistrements pluviographiques l'index de pluie de WISCHMEIER (1)

(1) L'index de Pluie est exprimé ici en unité américaine tel qu'il a été défini par Wischmeier (Universal Soil-Loss Equation to guide conservation Farm Planning — W-H Wischmeier — D. Smith 7th International Congress of Soil Science-Madison-Wisc. 1960).

qui intègre dans une formule assez simple l'énergie globale de la pluie et son intensité maximum en 30 mn. Cet index donne une idée beaucoup plus précise encore de l'érosivité du climat que le simple classement des pluies suivant leur intensité.

Les figures 3 et 4 du graphique n° 7 nous donnent la valeur de cet index suivant les années pour les deux bassins ainsi que la répartition de

cet index au cours de l'année (moyenne des 5 campagnes). Elles expriment bien la grande variabilité du climat de cette région et les différences importantes entre les index moyens annuels et mensuels des deux pluviographes (10 à 25 %) démontrent bien que cinq campagnes ne sont encore qu'un strict minimum pour une étude valable sous un tel climat.

## Etude du ruissellement et des crues

On a arbitrairement compté comme « crues » les ruissellements ayant provoqué sur l'un des bassins (en général Ianamolora) un écoulement supérieur à 1 % de la pluviométrie pondérée sur ce bassin.

Sur ces cinq campagnes, seule la dernière a présenté un nombre de ruissellements intéressant et montre d'une façon évidente l'effet incontestable des aménagements du bassin de Tsimandaha. Lors de cette dernière campagne (1966-67) le ruissellement maximum obtenu sur ce bassin est de l'ordre de 10 % de la pluviométrie avec une pointe de crue dépassant à peine 12 l/s/ha, alors que sur Ianamolora, on atteint par trois fois des ruissellements supérieurs à 30 %, avec des pointes de ruissellement dépassant 50 et même 100 l/s/ha.

La récapitulation des crues des 5 campagnes de mesures (1962-63 à 1966-67) a été faite dans le tableau ci-après. Ce tableau nous montre que durant ces 5 années, nous avons enregistré sur Ianamolora 57 ruissellements supérieurs à 1 %, alors que 20 seu-

lement ont été enregistrés sur Tsimandaha (soit à peine plus du tiers).

Sur ces 57 ruissellements, 39 (plus des deux tiers) ont eu des pointes de crues supérieures à 2 l/s/ha sur Ianamolora, alors que 7 (12 % du total) seulement ont dépassé ce débit instantané sur Tsimandaha.

Enfin, la répartition annuelle des ruissellements nous permet d'apprécier l'amélioration du bassin de Tsimandaha de 1962 à 1967. En effet, si on admet que Ianamolora n'a pas évolué de façon notable entre ces deux dates (1) on peut penser que la dernière campagne a été au moins aussi érosive que la campagne 1962-63 (2). Or, si durant cette cam-

(1) Il ne pourrait avoir évolué que dans un sens favorable, car il n'a pas brûlé depuis le début de l'expérience.

(2) Les enregistrements n'ont commencé qu'à compter du 24-1-63. Nous n'avons donc qu'une demi-campagne pour 1962-63.

TABLEAU E

Campagnes	Bassin versant	Nombres de Ruissellements						Pointes de Ruissellements			
		Total (1)	> 1 % de P	> 5 % de P	> 10 % de P	> 20 % de P	> 50 % de P	> 2 l/s/ha	> 10 l/s/ha	> 50 l/s/ha	> 100 l/s/ha
1962-63 (2)	Ianamolora..	9	9	9	8	7	0	9	7	3	0
	Tsimandaha..	--	8	4	2	2	0	4	2	1	0
1963-64	Ianamolora..	11	11	6	4	0	0	6	4	0	0
	Tsimandaha..	---	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1964-65	Ianamolora..	8	8	1	0	0	0	3	1	0	0
	Tsimandaha..	---	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1965-66	Ianamolora..	9	9	5	3	3	3	7	4	2	0
	Tsimandaha..	---	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1966-67	Ianamolora..	20	20	13	10	6	1	14	9	3	2
	Tsimandaha..	---	9	4	1	0	0	3	1	0	0
Total des 5 campagnes.	Ianamolora..	57	57	34	25	16	1	39	25	8	2
	% du total..	---	100	60	44	28	2	68	44	14	4
	Tsimandaha..	---	20	8	3	2	0	7	3	1	0
	% du total..	---	35	14	5	4	0	12	5	2	0

(1) Le total des ruissellements est arbitrairement le total des ruissellements > 1 % sur le bassin de Ianamolora.

(2) Les enregistrements n'ayant commencé que le 24.1.63 sur Ianamolora, la campagne 1962-63 a été tronquée de toute la période antérieure à cette date pour les deux bassins.

pagne, nous avons encore enregistré sur Tsimandaha (3 ans après les travaux), 2 ruissellements supérieurs à 20 % avec une pointe, supérieure à 50 l/s/ha, en 1966-67 les ruissellements n'y ont

jamais atteint de tels chiffres, alors que sur Ianamolora, ils ont dépassé 50 % de la pluviométrie et 100 l/s/ha, ce qui n'avait jamais été enregistré jusqu'alors.

## Bilan d'étiage et bilan de l'eau

### DÉBIT D'ÉTIAGE

Les mesures des débits permanents (petits débits hors crues) ont été effectuées depuis janvier 1963 sur les deux bassins. Sur Ianamolora, on a même effectué deux mesures :

— l'une sur un petit déversoir situé avant le piège à sable ;

— l'autre sur le grand déversoir en V, après le piège à sable, afin de déterminer l'effet du piège à sable sur ces petits débits.

La comparaison de ces deux mesures sur les trois campagnes 1964 à 1967 nous montre d'ailleurs que les débits du petit déversoir étaient en général plus forts que ceux du grand déversoir. Ceci est normal puisque les pertes dues au piège à sable (évaporation-infiltration) ne sont pas compensées en ce qui concerne ces petits débits par la légère augmentation du bassin versant.

Sur le graphique n° 6, p. 11, on a reporté les débits de saison sèche des trois déversoirs en m<sup>3</sup>/ha et par mois pour les 4 saisons sèches 1963 à 1966 ainsi que la pluviométrie mensuelle sur les deux bassins.

Le tableau ci-dessous récapitule les petits débits de saison sèche pour les 4 années de 1963 à 1966.

TABLEAU F. — Petits débits de saison sèche (m<sup>3</sup>/ha)

Année	Mois	Tsimandaha	Ianamolora (1)
1963	avr. à nov.	126,2	73,1
1964	avr. à nov.	87,1	49,8
1965	avr. à oct.	11,3	11,6
1966	mars à nov.	40,6	13,2
Total	32 mois	265,2	147,7
Moyenne pour 8 mois de saison sèche/an		66,3 (100 %)	36,9 (56 %)

(1) Débit jaugeé au grand déversoir en 1963 et au petit déversoir ensuite.

Sur le graphique, on voit que, d'une façon générale, les petits débits varient avec la quantité de pluie tombée lors de la saison des pluies précédente et qu'ils sont toujours plus importants sur Tsimandaha que sur Ianamolora (petit déversoir) Seule la saison sèche 1965 amène ces débits à s'égaliser à

une valeur très faible et ceci peut s'expliquer en considérant qu'après une année assez déficitaire en pluie, les réserves de la nappe phréatique s'épuisent d'autant plus vite sur Tsimandaha que le thalweg de ce bassin est beaucoup plus cultivé et compte beaucoup plus d'arbres que celui d'Ianamolora. Il est certain que cette végétation, impossible à éliminer, fausse, d'une façon difficilement chiffrable, les résultats en saison particulièrement déficitaire.

Pour les autres années, il est indéniable que l'effet des traitements sur Tsimandaha augmente d'une façon notable les petits débits utilisables en saison sèche. En moyenne sur quatre années, ces débits sont près de deux fois plus importants sur Tsimandaha que sur Ianamolora.

### VARIATIONS JOURNALIÈRES

Depuis mai 1964, on a effectué les mesures de débit d'étiage deux fois par jour chaque fois que cela était possible (hors-crue). On s'est alors aperçu que, d'une façon assez générale, le débit du matin (7 h) était plus élevé que le débit du soir (17 h). Ces fluctuations qui peuvent dépasser 0,20 l/s pour des débits compris entre 0,5 à 1 l/s, semblent dues à l'évapotranspiration de la végétation le long des rives.

Elles sont, en général, d'autant plus importantes que :

- le débit permanent moyen est plus élevé ;
- l'on se trouve en saison de végétation ;
- la température moyenne et l'évaporation (Piche) sont plus élevées.

Le thalweg du bassin de Tsimandaha étant beaucoup plus boisé (manguiers) et cultivé que celui d'Ianamolora, cette variation y est beaucoup plus importante en amplitude.

### BILAN DE L'EAU

Connaissant, d'une façon sans doute assez approximative, à cause de l'imprécision des courbes de tarage, le débit des crues sur les deux bassins, ainsi que les débits permanents hors-crue par jaugeages directs, il a semblé intéressant de faire apparaître pour les quatre dernières campagnes (1963 à 1967) (1) un bilan comparatif global de l'eau

(1) Lors de la campagne 1962-63, les débits d'étiage n'ont pas été mesurés.

TABLEAU G

Campagne	Pluviométrie annuelle (mm)		Débit permanent hors crue (mm)		Débit des crues (mm)		Débit total (mm)	
	Tsimandaha	Ianamolora	Tsimandaha	Ianamolora	Tsimandaha	Ianamolora	Tsimandaha	Ianamolora
1963-64 .....	552	567	16,64	11,03	2,67	24,95	19,31	35,98
1964-65 .....	410	403	7,13	4,14	0	6,73	7,13	10,88
1965-66 .....	648	588	3,96	3,17	1,27	30,51	5,23	33,68
1966-67 .....	805	748	46,83	13,10	14,41	88,35	61,53	106,46
Moyenne (mm)	604	577	18,64	9,11	4,66	37,64	23,30	46,75
% de pluie ...	100	100	3,09	1,58	0,77	6,52	3,86	8,10
% du débit total d'Ianamolora.....	—	—	38	20	10	80	48	100

tombée sur les deux bassins. Ce bilan a été calculé mensuellement pour les quatre campagnes et nous en avons fait la récapitulation dans le tableau ci-dessus en faisant apparaître les débits annuels en mm d'eau répartis sur toute la surface des bassins, ainsi que le débit moyen annuel en mm d'eau écoulée pour 100 mm de pluie tombée, afin d'éliminer autant que possible les variations dues aux différences de pluviométrie sur les deux bassins.

L'avant dernière ligne de ce tableau (% de Pluie) nous montre que pour 100 mm de pluie tombée en moyenne sur chacun des B. V., 8,10 mm s'écoulent à Ianamolora. Ceci nous permet de dire que le déficit d'écoulement moyen annuel dans cette région est donc en moyenne supérieur à 90 % de la pluviométrie, ce qui est considérable.

Par contre, il ne s'écoule que 3,86 mm à Tsimandaha ; cela signifie que la différence soit 4,24 mm, est utilisée (infiltration, évapotranspiration) en plus, sur ce bassin aménagé. Le déficit d'écoule-

ment est alors, en moyenne de plus de 95 % de la pluviométrie.

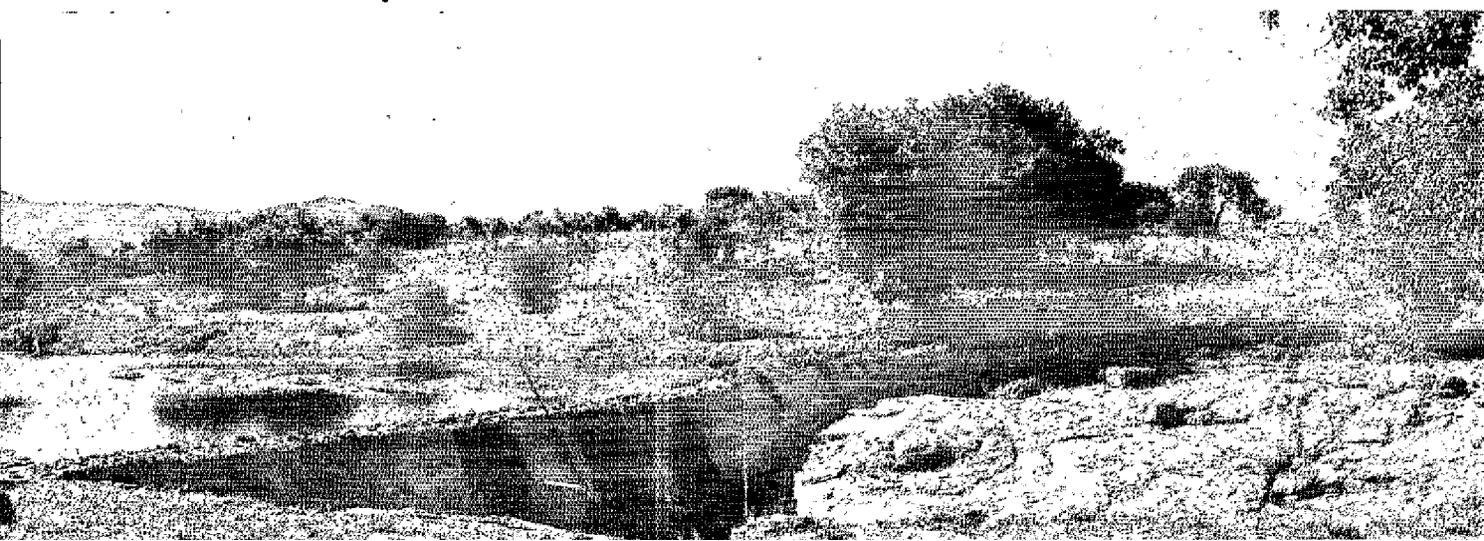
Cependant, on voit que sur les 8,10 mm qui s'écoulent à Ianamolora, 6,52 mm soit 80 % du débit total de ce bassin, passent sous forme de crues et qu'il faudrait construire de gros ouvrages pour accumuler ce volume d'eau et le rendre utilisable. Il ne reste donc que 20 % environ qui passent sous forme de petits débits et qui sont utilisables sans ouvrage spécial.

A Tsimandaha, la part passant en crue est très faible (18 % du débit total de ce bassin), mais les petits débits (3,09 mm) sont élevés puisqu'ils représentent presque le double de ceux de Ianamolora.

On a donc sur Tsimandaha, non seulement une meilleure utilisation de l'eau de pluie sur le bassin lui-même (recharge de la nappe, utilisation par la végétation), mais de plus, les petits débits permettent de récupérer sans ouvrage important, et tout au long de la saison sèche, une part appréciable de l'eau infiltrée.

*Barrage-Piège à sable d'Ihortfy.*

Photo Bailly.



STATION D'ANTANIMORA.

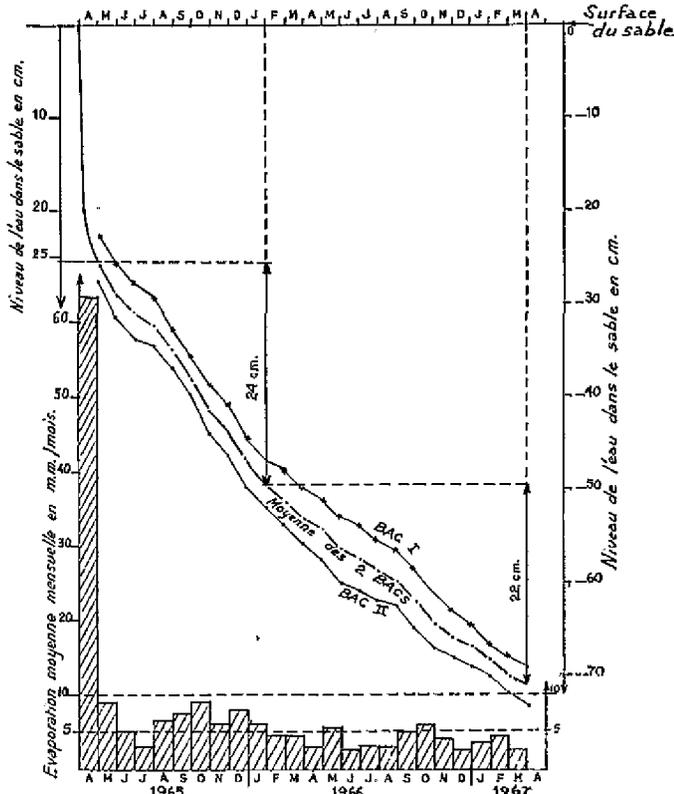
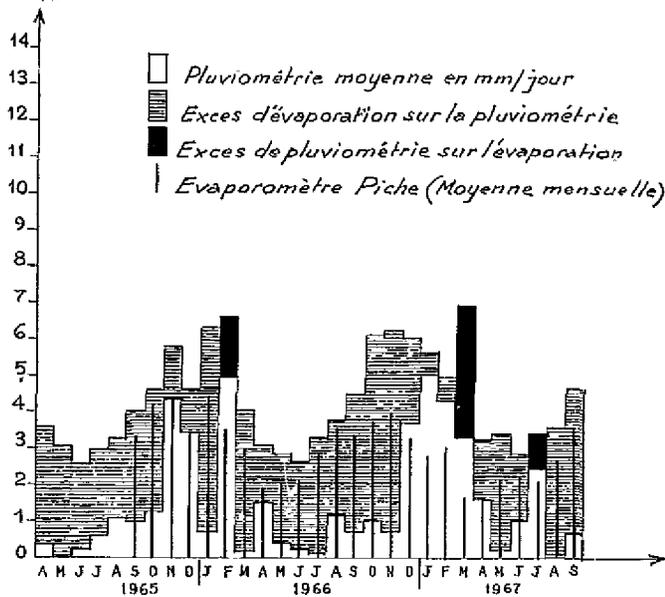


FIG. n° 8. — Evaporation de l'eau dans le sable.

PLUVIOMETRIE ET EVAPORATION EN NAPPE LIBRE  
MOYENNES MENSUELLES (en mm./jour)  
mm/jours



Evaporation cumulée Avril 65. Avril 66: 1515 mm/an

Evaporation cumulée Avril 66. Avril 67: 1590 mm/an

STATION D'ANTANIMORA.

FIG. n° 9. — Evaporation en nappe libre, bass 3 et 4.

REMARQUE. L'évaporation moyenne mensuelle correspond à la lame d'eau réellement évaporée. La baisse du niveau de l'eau dans le sable étant quatre fois plus importante (capacité en eau du sable 25 %).

Evaporation de l'eau en nappe libre et dans le sable

Le dispositif mis en place a permis de comparer l'évaporation respective de l'eau en nappe libre et de l'eau dans le sable.

EAU DANS LE SABLE

En ce qui concerne l'eau dans le sable (graph. n° 8) on observe durant le premier mois (5 avril-5 mai) une très forte baisse du niveau de l'eau dépassant 10 mm par jour en moyenne et passant de 60 mm le premier jour à 3 ou 4 mm par jour à la fin du mois. Le niveau de l'eau atteint alors dans les deux cuves la cote 25 cm environ. Sachant que la capacité en eau du sable utilisé (tout-venant de rivière) est de l'ordre de 25 % du volume, on a donc, durant le premier mois, une évaporation correspondant à une lame d'eau de l'ordre de 6,4 cm, soit 2,1 mm/jour en moyenne (ce qui est inférieur à l'évaporation en eau libre durant le même mois : 3,6 mm/jour).

Lorsque le niveau de l'eau atteint la cote 25 à 30 cm, on a une très nette rupture de pente dans la courbe représentant la vitesse d'évaporation de l'eau (Rupture du lien capillaire) qui passe à moins de 10 mm/mois. A la fin janvier 1966, la baisse de niveau supplémentaire est de 24 cm, soit 60 mm d'eau évaporée en 9 mois. Au fur et à mesure que le niveau de l'eau descend, cette évaporation diminue et au cours de la 2<sup>e</sup> année d'expérimentation, celle-ci se maintient à moins de 5 mm/mois ce qui devient négligeable. Début avril 1967, le niveau de l'eau dans les deux fûts atteint à peine — 70 à — 75 cm.

EAU EN NAPPE LIBRE

Par contre, en ce qui concerne l'eau libre, l'évaporation varie au cours de l'année d'une façon assez régulière atteignant 7 à 8 mm par jour en saison chaude et 2 à 3 mm par jour en saison froide (moyennes hebdomadaires).

Le graphique n° 9 donne les moyennes mensuelles en mm par jour pour l'évaporation en nappe libre et pour la pluviométrie et fait apparaître les déficits de l'une par rapport à l'autre. De plus, on y a porté l'évapo-

*Station de jaugeage du bassin  
d'Ianamolora.*

Photo de Vergnette.

ration moyenne mensuelle relevée à l'évaporomètre Piche afin d'avoir une base de comparaison.

Nous voyons tout d'abord que les mois d'avril à juillet dépassent rarement 3,5 mm par jour d'évaporation et, comme les années 1963 à 1965 furent peu érosives, la cuve a mis un temps important avant de se remplir de sable. La campagne 1966-67, par contre, a presque comblé la partie restée libre. Lorsque le comblement sera terminé, la remise en service de la crépine permettra d'utiliser une quantité d'eau importante.

### Profils hydriques

En août 1965, 10 profils de sondes de plâtre ont été mis en place sur le bassin versant de Tsimandaha afin d'essayer de suivre l'humidité du sol à différentes profondeurs au niveau des murettes de pierre sèche et entre les murettes. Le schéma d'installation n° 4 (voir 1<sup>re</sup> partie) donne la position de ces profils sur les deux versants du thalweg de Tsimandaha.

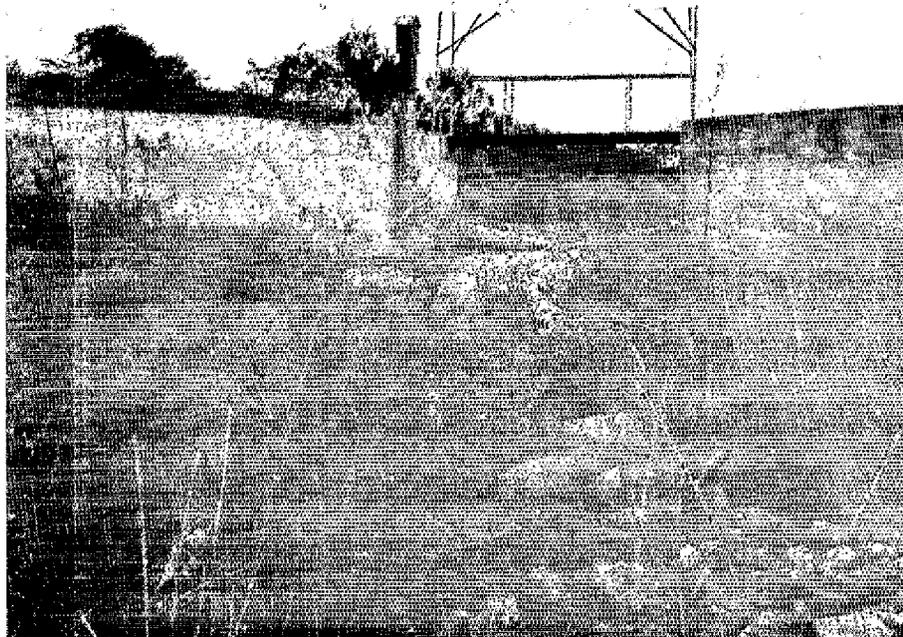
L'analyse des résultats nous montre que si les sondes réagissent certainement à la dessiccation et à l'humidification du sol, cette réaction est beaucoup plus qualitative (sec-humide) que quantitative.

Les résultats obtenus semblent cependant concordants. En effet, ils reflètent d'une façon générale une inertie beaucoup plus faible en surface qu'en profondeur quant à l'humidification et au dessèchement, ce qui est parfaitement logique.

La disposition des profils dans chaque groupe : amont-murette, aval-murette et inter-murette devait nous permettre de discerner s'il existait une infiltration préférentielle dans le sol au niveau des murettes. Mais il est rapidement apparu que, dans ces sols sableux, la diffusion étant sans doute très rapide, aucune variation systématique ne pouvait être trouvée.

*Murette de pierre en courbe de niveau sur le bassin versant traité de Tsimandaha avec reconstitution du pâturage.*

Photo de Vergnette.



Dans l'ensemble, après une période pluvieuse d'une certaine importance, l'humidification du sol se fait très rapidement et il est, en général, difficile de déceler une différence significative entre les sondes, la remontée de la conductivité s'observant pour toutes les sondes dans les deux à trois jours suivant la pluie.

Par contre, les périodes sèches font apparaître un comportement différent des sondes suivant les profils. Tout d'abord, on note que, quelle que soit la saison, les profils qui s'assèchent le moins vite sont ceux situés le plus haut dans le thalweg (profil 1 et 10) et ceux qui s'assèchent le plus rapidement sont ceux situés dans le tiers inférieur du versant (profil 5, 6, 7 et 8). Ce fait curieux, mais assez systématique, est difficilement explicable de prime abord, mais une observation de la végétation au niveau de chaque profil nous a montré que cette dernière est d'autant plus élevée et dense qu'on se trouve plus bas dans le thalweg. Il semble donc que le dessèchement du sol soit dû surtout à l'action de la végétation et il est d'autant plus intense que celle-ci est plus vigoureuse.

Une seconde constatation a pu être faite au cours des périodes sèches des deux années de fonctionnement :

— en saison chaude, une courte période de

sécheresse amène une chute très rapide de l'humidité du sol jusqu'à 60 cm de profondeur ;

— en saison froide, par contre, il faut parfois une longue sécheresse pour obtenir un dessèchement profond.

Ceci s'explique facilement par l'effet combiné de la végétation et de l'évaporation potentielle.

Ainsi une sécheresse (1) de 4 semaines en janvier-février 1966 amène pratiquement toutes les sondes au-dessous du point de flétrissement. Durant la même période, l'évaporation en bac d'eau libre était en moyenne de 7 mm par jour.

Par contre, une sécheresse de près de 2 mois (d'avril à juin 1966) n'arrive pas à un dessèchement aussi général et l'on enregistre alors en moyenne moins de 3 mm d'évaporation en bac d'eau libre par jour.

De même, une sécheresse de 24 jours en janvier-février 1967 amène un dessèchement général en surface et important en profondeur (évaporation bac : 5,5 mm par jour) ; par contre, deux mois de sécheresse de juillet à septembre 1967 n'amènent pas le dessèchement du quart des sondes de surface (évaporation moyenne inférieure à 4 mm par jour).

Ceci nous montre l'importance des périodes sèches en saison chaude et l'utilité d'augmenter l'infiltration et d'écarter les crues afin d'avoir une utilisation maximum de l'eau disponible.

## Pertes en terre

On a effectué un certain nombre de prélèvements d'eau de ruissellement, au moment des crues les plus remarquables, afin de se faire une idée approximative de l'ordre de grandeur des pertes solides en suspension.

Ces prélèvements ont été réalisés à la bouteille, en général au début de la crue, à la pointe de crue et à la décrue environ à mi-hauteur du flot à la sortie des déversoirs.

Il est certain qu'une estimation exacte des pertes en terre ne pourrait se faire que par des prélèvements systématiques beaucoup plus nombreux à la fois dans le temps et dans l'espace (en plusieurs points du flot de crue : surface, fond, côtés, etc...). Les mesures faites ici ne sont donc que tout à fait indicatives, mais leur exploitation nous a montré que les résultats obtenus étaient suffisamment cohérents pour pouvoir être considérés comme un ordre de grandeur valable de ces pertes en terre.

### PERTES EN SUSPENSION AU COURS DES DEUX DERNIÈRES CAMPAGNES

La moyenne pondérée de la quantité des pertes en suspension a été calculée en donnant à chacune

(1) On a considéré comme « sécheresse » les périodes où l'on a enregistré moins de 5 mm de pluie par semaine (ou 20 mm/mois) en moyenne.

des valeurs (début, pointe, décrue) le « poids » du volume d'eau passé au déversoir pendant le temps encadrant l'heure du prélèvement. Quand les mesures de suspension sont assez semblables au cours de la crue, on a simplement fait une moyenne arithmétique.

Enfin, pour les crues n'ayant pas fait l'objet de prélèvements ou dont les prélèvements se sont perdus (campagne 1965-66) on a estimé la suspension suivant les résultats des crues voisines et du même ordre de grandeur en volume. Pour les crues de faible importance, cette valeur n'a que très peu d'influence sur le total et peut être estimée de façon approximative sans grand risque d'erreur. Pour les autres crues, le risque d'erreur est important et nous en tiendrons compte dans nos extrapolations.

Les résultats obtenus sur deux campagnes sont les suivants (résultats arrondis) :

Campagne	Pertes en suspension annuelle (t)		Rapport Tsim./Ianam.
	Tsimandaha	Ianamolora	
1965-66	4	70	6 %
1966-67	10	170	6 %

Bien que les résultats de 1965/66 soient beaucoup plus sujets à caution que ceux de 1966/67, on voit que le rapport des pertes en suspension sur les deux bassins reste très voisin de 6 %. Ceci montre une certaine cohérence des résultats et nous permet de démontrer une fois de plus, l'effet spectaculaire obtenu sur le bassin de Tsimandaha.

Si l'on compare ces résultats aux Index de WISCHMEIER définis plus haut pour ces deux campagnes (graph. n° 7) on voit que le rapport des index de pluie annuels moyens (Ra sont les suivants) :

$$\begin{aligned} Ra_1 &= 165 \text{ en } 1965-66, \\ Ra_2 &= 340 \text{ en } 1966-67, \\ Ra_1/Ra_2 &= 50 \%, \end{aligned}$$

est du même ordre de grandeur que le rapport des pertes en terre sur les deux bassins (40 %).

Le Ra moyen (sur 5 campagnes) étant de 225 environ, on peut estimer que les pertes en suspension moyennes sur les deux bassins doivent être de l'ordre de :

- Tsimandaha : 6,5 t/an soit 40 kg/ha/an.
- Ianamolora : 110 t/an soit 600 kg/ha/an.

#### PERTES EN TERRE TOTALE

Il ne s'agissait jusqu'ici que de la terre perdue en suspension dans les eaux de crue. Pour Ianamolora, il faudrait y ajouter les éléments lourds accumulés dans le piège à sable situé juste en amont du déversoir et qui auraient été perdus sans ce barrage.

Au cours des trois dernières campagnes, le volume de sable récupéré peut être estimé à environ 2.000 m<sup>3</sup>, soit environ 3.000 t ce qui fait 1.000 t/an en moyenne et 540 t/km<sup>2</sup>/an. Ceci porte les pertes en terre totale à environ 600 t/km<sup>2</sup>/an sur ce bassin.

Ces chiffres sont, bien entendu, à utiliser avec beaucoup de prudence, car ils ne concernent qu'un petit nombre d'années et procèdent d'une extrapolation très approximative, mais ils nous donnent

pour Ianamolora, un chiffre assez voisin de celui trouvé par FOURNIER pour cette zone du Sud de Madagascar soit 600 à 1.000 t/km<sup>2</sup>/an. Nous pouvons donc, sans grand risque, en déduire l'effet remarquable de l'aménagement du bassin de Tsimandaha sur la diminution de l'érosion qui devient plus de 10 fois plus faible sur ce bassin si l'on ne compare que les pertes en suspension et 100 fois plus faible pour les pertes totales.

#### ANALYSE DES EAUX DE RUISSELLEMENT (CAMPAGNE 63/64)

Des analyses de l'eau de ruissellement recueillie au cours de quelques crues de la campagne 1963/64 ont été réalisées.

Les résultats nous montrent qu'au début de la saison des pluies, les suspensions sont plus importantes à Ianamolora, où elles dépassent parfois 5 %, qu'à Tsimandaha où elles restent toujours inférieures à 1 %. Les chiffres s'égalisent ensuite vers 0,4 à 0,5 % sur les deux bassins ; ceci se constate aussi au cours de la campagne 1966/67. Le taux d'éléments fins (Argile + Limon) suit le taux de suspension d'une façon assez semblable sur les deux bassins et il décroît de 70 à 50 % de la suspension totale au cours de la saison des pluies.

En ce qui concerne les éléments perdus, on remarque que, sur Tsimandaha, les eaux sont plus chargées en sels dissous, surtout en sodium et magnésium et que la conductivité électrique s'en trouve notablement augmentée ainsi que le pH. Ceci s'explique par le volume d'eau plus important passant en crue à Ianamolora d'où une dilution plus forte sur ce bassin. Cependant, malgré cette différence, nous observons une concentration en carbone, dans l'ensemble, plus faible sur Tsimandaha (50 ppm au lieu de 80 en moyenne) d'où une perte moins importante en matière organique en suspension (débris végétaux, humus) qui contribue à enrichir le sol sur ce bassin.

### Conclusion

Après cinq années d'expérimentation et malgré l'imprécision de certaines mesures, on a pu tirer de la comparaison de ces deux bassins, un certain nombre de chiffres qui nous ont montré l'efficacité indéniable des travaux de protection réalisés sur le bassin versant de Tsimandaha.

Cette efficacité se retrouve dans tous les domaines :

— écrêtement des pointes de crues dont le maximum enregistré passe de plus de 100 l/s/ha sur Ianamolora en 1966/67 à moins de 15 l/s/ha sur Tsimandaha durant cette même campagne ;

— meilleure utilisation de l'eau sur le bassin puisqu'on enregistre en moyenne au déversoir de Tsimandaha, moins de 50 % du débit total enregistré à celui d'Ianamolora pour une pluviométrie identique ;

— augmentation des petits débits de saison sèche qui passent du simple au double en année normale ;

— pertes en suspension plus de dix fois moins importantes et pertes en terre totales plus de 100 fois plus faibles par élimination presque complète des pertes en éléments grossiers.

Les expérimentations annexes mises en place à Antanimora nous ont permis de chiffrer, grâce aux bacs à évaporation, l'intérêt des pièges à sable pour la conservation de l'eau dans des conditions économiques et hygiéniques. De même, les 30 sondes de plâtre mises en place sur le bassin de Tsimandaha nous ont permis d'apprécier la vitesse de dessiccation du sol au cours des périodes de sécheresse et le danger tout particulier de ces dernières au cours de la saison chaude.

Vu la grande variabilité du climat de cette région, ces résultats demanderaient, bien entendu, à être confirmés sur un plus grand nombre d'années, avec des appareillages plus précis et un personnel plus qualifié. Cependant les ordres de grandeur déjà obtenus nous semblent suffisamment probants pour que l'on puisse envisager la vulgarisation des techniques mises en œuvre sur Tsimandaha.

Un seul point pratique important nous semble n'avoir été résolu qu'imparfaitement ici, c'est le problème économique et humain de l'opération. Ceci est dû à l'échelle relativement restreinte dans laquelle on a été obligé de travailler tant sur Tsimandaha (aménagement) qu'à Ianamolora (piège à sable).

L'aménagement du bassin de Tsimandaha, ainsi que sa mise en défens totale depuis 1960, ont sans doute été facilités par la relative exigüité du bassin et il est probable qu'un tel aménagement sur une superficie plus vaste poserait des problèmes délicats de surveillance et une action de persuasion sans doute difficile auprès des populations intéressées.

Inversement le fonctionnement du piège à sable d'Ianamolora a, lui, été perturbé par le fait qu'il n'est alimenté que par un bassin de moins de 200 ha. Trois années peu érosives survenant sur un tel bassin ont amené un envasement peu souhaitable du sable et la mise hors service de la crépine alors que, sur un bassin plus vaste, l'ensablement très rapide aurait évité de tels déboires.

Ces problèmes liés à la surface des bassins nous ont amenés à envisager de les résoudre de la façon qui nous semble actuellement faire suite le plus logiquement possible à la recherche sur bassin expérimental : « L'Aménagement-T'est. »

Cet aménagement permettrait d'intégrer les facteurs économiques et humains aux résultats des recherches actuelles et de déboucher ainsi, sans solution de continuité, vers la vulgarisation régionale.

*Bassin d'Ianamolora. Petit déversoir pour la mesure du débit d'été.*

Photo Hueber.

