

# REPUBLIQUE DU MALI

MINISTERE DE L'INDUSTRIE  
DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENERGIE

DIRECTION NATIONALE DE  
L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENERGIE

PROGRAMME DES NATIONS UNIES  
POUR LE DEVELOPPEMENT



INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT  
EN COOPERATION



# ORSTOM

## EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU NON PERENNES DU MALI

PROJET MLI/90/002

### **Rapport de campagne 1991** **TOME I**

**A. JOIGNEREZ et N. GUIGUEN**  
HYDROLOGUES DE L'ORSTOM

*Avec la collaboration de :*

A.K. TRAORE, M. TRAORE, A. CAMARA, O. DJIGANDE (DNHE)  
M. DIARRA, F. BAMBA, T.H. DES TUREAUX (ORSTOM)  
E. TRAORE (PNUD)

*Coordinations :*

N. CISSE (DNHE) , J.C. OLIVRY (ORSTOM) , M. SIMONOT (PNUD)

Bamako déc.1991

# **SOMMAIRE**

## **INTRODUCTION**

### **1. OBJECTIFS et METHODE**

#### **1.1 OBJECTIFS**

#### **1.2 METHODE D'ETUDE MISE EN OEUVRE**

##### **1.2.1 Sélection des bassins**

##### **1.2.2 Equipement des bassins et protocole des mesures**

##### **1.2.3 Caractéristiques des bassins**

### **2. STATISTIQUES des PRECIPITATIONS REGIONALES**

#### **2.1 POSTES CLIMATOLOGIQUES DE REFERENCE**

#### **2.2 PLUVIOMETRIES INTERANNUELLES**

#### **2.3 PLUIES JOURNALIERES**

### **3. RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1991**

#### **3.1 BASSIN DE TINKARE**

#### **3.2 BASSIN DE SEME 1**

#### **3.3 BASSIN DE SEME 2**

#### **3.4 BASSIN DE DIARABOUGOU**

#### **3.5 BASSIN DE DOUNFING**

#### **3.6 BASSIN DE BELEKONI**

#### **3.7 BASSIN DE KAMBO**

#### **3.8 BASSIN DE KOUTIALA**

#### **3.9 BASSIN DE SINKORONI**

### **4. INTERPRETATION**

#### **4.1 BILANS HYDROLOGIQUES**

#### **4.2 DEBITS MOYENS JOURNALIERS**

#### **4.3 DEBITS MAXIMUMS INSTANTANES**

## **CONCLUSION**

# LES STATIONS A SEC OU LES PIEDS DANS L'EAU...



STATION DE  
KOUTIALA

Photo: N. GUIGUEN

CRUE DU 21 JUILLET  
A BELEKONI

Photo: M. DIARRA



CRUE DU 26 JUILLET  
AU LIDO

Débordements en rive droite

Photo: A. JOIGNEREZ

## **INTRODUCTION**

Durant la saison des pluies 1991 (de Mai à Octobre), l'ORSTOM a dirigé une campagne d'observations sur petits bassins versants répartis dans l'ensemble du Mali, à l'exception du NORD, en raison de l'insécurité qui y règne actuellement.

Cette campagne, qui s'inscrit dans le cadre du Shéma Directeur des Ressources en eau du Mali, a pour but de déterminer pour chacun des bassins, son régime d'écoulement lié aux précipitations.

Les mesures qui ont été effectuées durant tout l'hivernage portaient donc sur la pluviométrie de l'ensemble du bassin, les hauteurs d'eau et les débits à son exutoire ainsi qu'une surveillance de la nappe.

Le rapport précédent rendait compte du dispositif mis en place ainsi que du personnel disponible sur chaque bassin (cf. rapport n°2).

Ce troisième rapport constitue le compte-rendu de la campagne de mesures sur le terrain où nous présentons l'ensemble des résultats obtenus et un début d'interprétation.

Cette campagne de terrain a bénéficié d'un appui technique en personnel et matériel de la Division Hydrologie de la DNHE notamment pour quatre des bassins étudiés.

## **1. OBJECTIFS et METHODE**

### **1.1. OBJECTIFS**

Les eaux superficielles non pérennes constituent une ressource en eau importante pour toutes les régions qui ne se trouvent pas en bordure de grand fleuve. Sa bonne ou mauvaise utilisation dépend du degré de contrôle technique de l'eau. Donc, bien connaître le fonctionnement hydrologique du bassin versant permet d'envisager des aménagements susceptibles d'améliorer les rendements des cultures et faciliter la vie quotidienne des populations rurales. Par exemple, prolonger ou retarder un tarissement de nappe, augmenter par épandage d'eau les surfaces irriguées grâce à un petit ouvrage avec ou sans barrière anti-drainage, constituer des réserves d'eau pour les besoins humains et animaux, rendre possible du maraîchage de contre-saison etc..

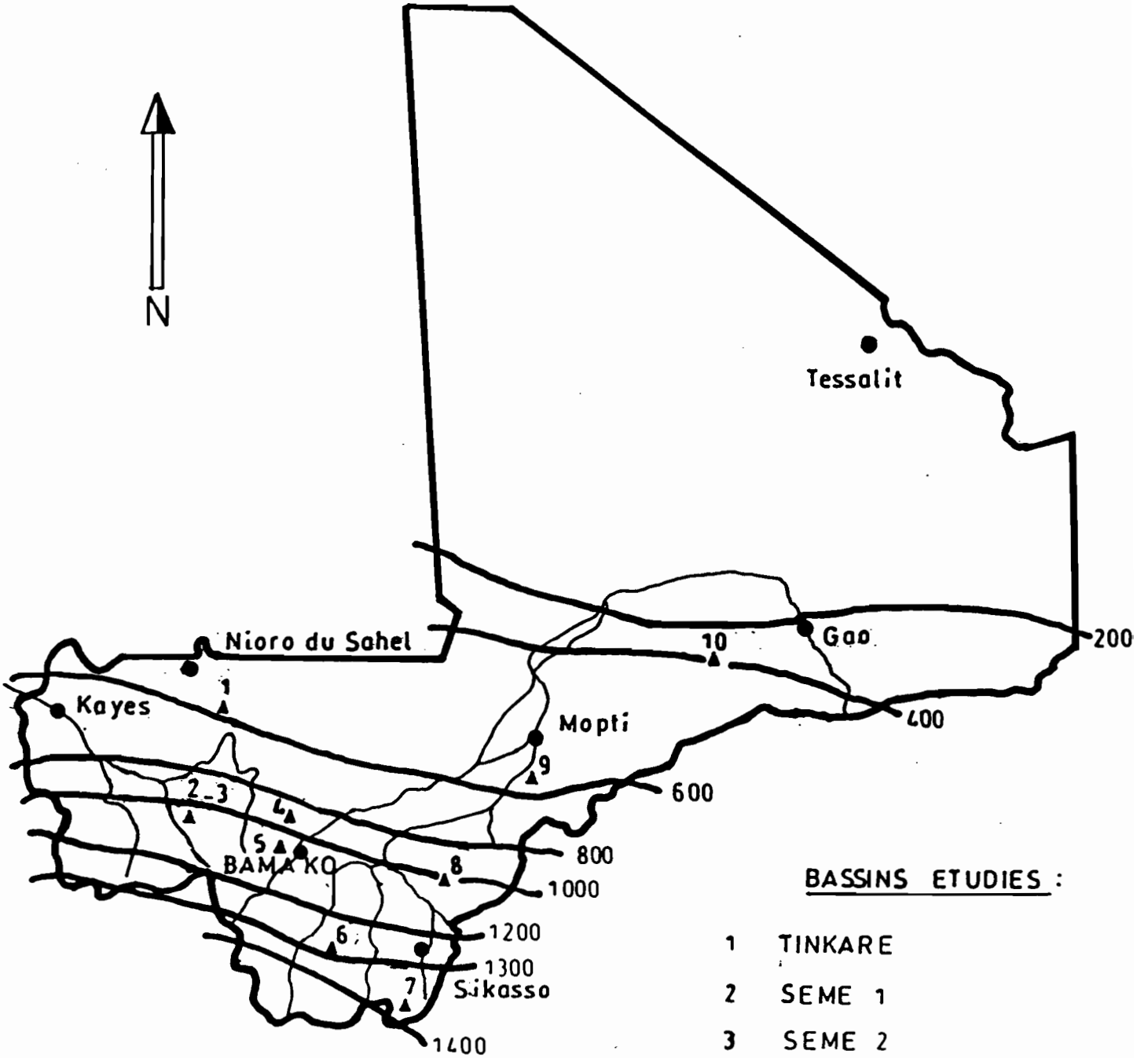
C'est pourquoi, il s'est avéré intéressant de compléter "le Schéma Directeur des Ressources en Eaux Souterraines du Mali" (Projet MLI/84/005) par une estimation des ressources en eaux superficielles non pérennes. Cette étude a pour but d'évaluer ces ressources par régionalisation de résultats obtenus sur 9 bassins témoins (ou types) assez représentatifs de zones considérées relativement homogènes par la nature de leur sous-sol, leur végétation, leurs conditions climatiques.

Les cartes des figures 1 et 2 situent les bassins étudiés par rapport aux isohyètes de pluie et aux différents domaines de végétation qui couvrent le Mali (d'après cartes ATLAS J.A.).

La campagne de mesures qui vient de s'achever a permis de définir les caractéristiques d'écoulement superficiel des bassins : lames d'eau écoulées et ruisselées, coefficients d'écoulements et suivi des nappes souterraines en fonction des précipitations de l'année.

Dans ce rapport, après des précisions sur la méthode d'étude mise en oeuvre, l'équipement et les caractéristiques des bassins et un résumé d'étude statistiques des précipitations régionales, on trouvera les résultats des mesures effectuées par bassin et une courte analyse sur les bilans hydrologiques obtenus.

# SITUATION GEOGRAPHIQUE DES BASSINS VERSANTS



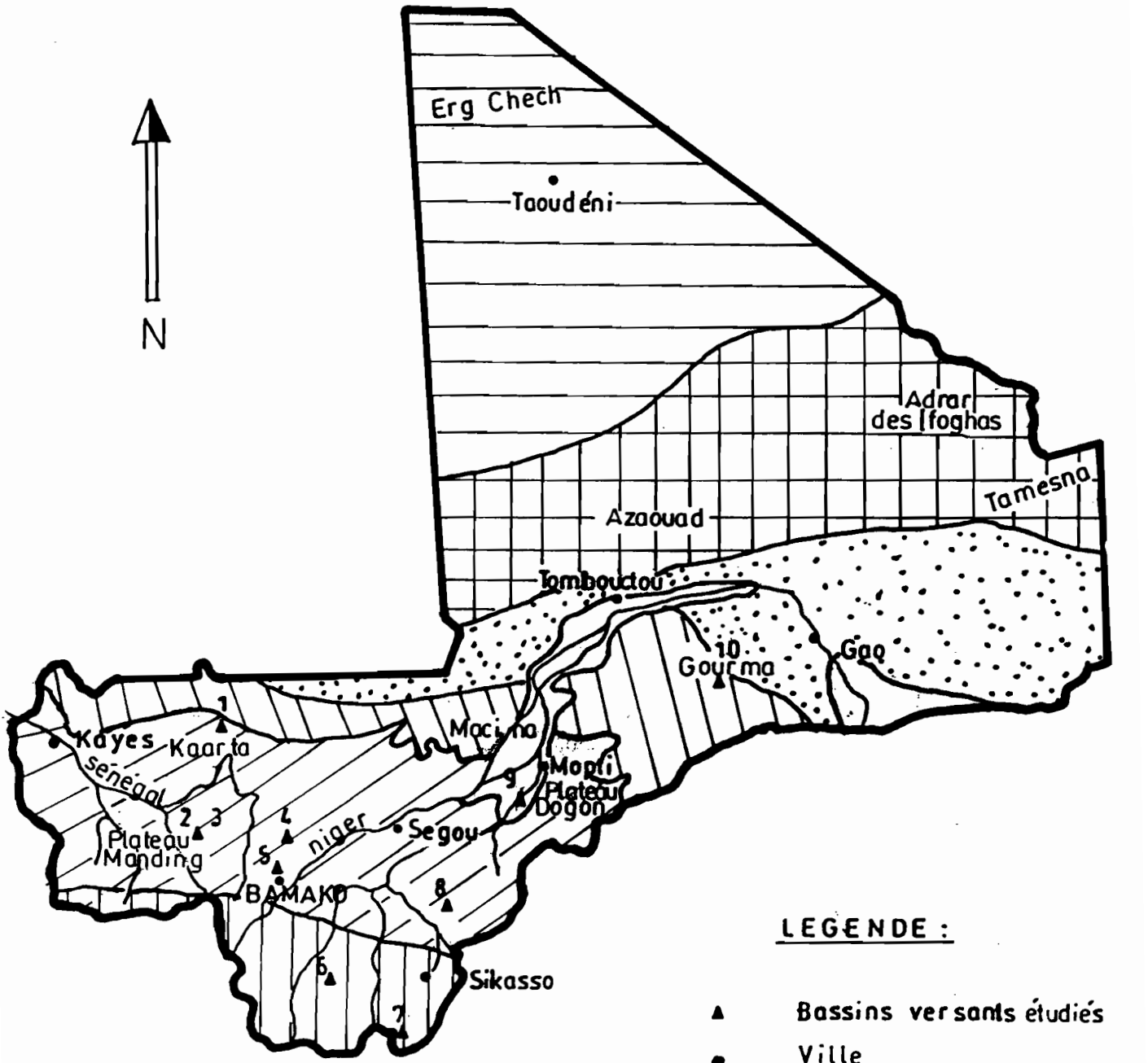
### BASSINS ETUDIES :

- 1 TINKARE
- 2 SEME 1
- 3 SEME 2
- 4 DIARABOUGOU
- 5 DOUNFING
- 6 BELE KONI
- 7 KAMBO
- 8 KOUTIALA
- 9 SINKORONI
- 10 MARE DE GOSSI

ISOHYETES en mm.

FIG.2

# FORMATIONS VEGETALES DU MALI



0 100 200 km.

### LEGENDE :

- ▲ Bassins versants étudiés
- Ville
- ▨ (horizontal lines) Végétation contractée, rare ou absente
- ▧ (grid) Steppe sahélo-saharienne
- ▩ (dots) Steppe arbustive
- ▨ (diagonal lines) Steppe arborée/arbustive avec tapis graminéen
- (empty) Végétation en milieu, périodiquement inondé
- ▨ (diagonal lines) Savane arborée/arbustive
- ▨ (vertical lines) Mosaïque savane/forêt claire

## 1.2. METHODE D'ETUDE MISE EN OEUVRE

### 1.2.1. Sélection des bassins

Vu l'objectif demandé et compte tenu de la grande disparité du pays du Nord au Sud, des bassins types représentatifs de grandes zones climatiques et géologiques ont été recherchés dans une gamme de superficie raisonnable pour faciliter les observations. A l'issue d'une grande campagne de prospection en mars-avril d'environ 10 000 km à travers le pays, dix sites ont été retenus (cf. rapport n°1, phase de prospection).

Sur les 10 bassins sélectionnés, seulement 9 ont pu être équipés d'un dispositif de mesure hydroclimatique pour l'hivernage 1991. Le dixième bassin, situé dans le GOURMA, considéré comme zone d'insécurité, n'a pu être équipé cette année (cf. rapport n°2, phase d'installation). Le secteur climatique Nord-Est du pays correspondant aux isohyètes inférieurs à 400 mm de pluie n'a donc pas été étudié en 1991.

Le tableau 1 rappelle les principaux paramètres de position des bassins observés dont 6 sont à l'état naturel et 3 équipés d'aménagement de types différents.

SITUATION DES BASSINS ETUDIES

TAB.1

N	BASSINS	SECTEUR	COORDONNEES	AMENAGE NATUREL	GEOLOGIE	PLUIE mm	VEGETATION
1	TINKARE	Diéma	W 9 11 - N 14 30	N	Dolomies, triade	600	Savane
2	SEME1	Kita	W 9 33 - N 13 06	A	Grès	900	Savane arborée
3	SEME2	Kita	W 9 33 - N 13 06	A	Grès	900	Savane arborée
4	DIARABOUGOU	Kolokani	W 7 59 - N 13 03	N	Dolérites	1000	Savane arborée, cultures
5	DOUNFING	Bamako	W 8 03 - N 12 41	N	Grès	1000	Savane arborée
6	BELEKONI	Bougouni	W 7 29 - N 11 21	N	Granite	1100	Savane arborée, cultures
7	KAMBO	Kadiolo	W 5 47 - N 11 37	A	Granite	1100	Savane arborée, cultures
8	KOUTIALA	Koutiala	W 5 29 - N 12 23	N	Grès + cuirasse lat.	800	Savane arbust., cultures
9	SINKORONI	Mopti	W 4 08 - N 13 52	N	Grès + cuirasse lat.	500	Steppe arbutive



L'étude entreprise couvre donc une grande partie du pays notamment toute la partie à vocation agricole qui correspond également à la zone la plus peuplée du Mali. Cette étude extensive de bassins versants, à l'échelle d'un pays, observés simultanément durant la même saison des pluies, constitue une originalité et une nouveauté en hydrologie ou précédemment les bassins versants, souvent regroupés et/ou emboîtés, étaient étudiés secteur par secteur.

L'étendue de ce programme a constitué également la grosse difficulté de cette campagne de terrain en raison des distances à parcourir soit environ 3000 km pour faire le tour des bassins. Pour assurer, sur chaque bassin, la permanence et le bon déroulement des mesures, un responsable avait été désigné. Ce responsable, en plus de la surveillance de certains appareils et du contrôle des observateurs de pluviomètres et échelles, était chargé des mesures de débit pour les besoins du tarage de la station.

### **1.2.2. Equipement des bassins et protocole des mesures**

Le tableau 2 présente l'équipement hydroclimatologique et piézométrique, la période observée ainsi que le personnel affecté à chaque bassin. L'équipe ORSTOM, basée à Bamako, la capitale, et chargée de la conduite de l'étude a effectué plusieurs tournées de contrôle sur les différents bassins au cours de la saison des pluies.

Le tableau 3 récapitule l'ensemble des tournées avec des précisions sur le personnel participant et les travaux exécutés. Ces sorties représentent 53 journées de terrain à l'extérieur de Bamako. En plus de ces tournées, vu la proximité du bassin du Dounfing (Kati), un appui technique a été apporté au responsable de ce bassin notamment pour les mesures de débit pendant les crues.

## EQUIPEMENTS ET PERSONNEL

TAB.2

BASSIN	DISPOSITIF DE MESURE	PERIODE OBSERVEE	PERSONNEL AFFECTE
TINKARE	1 Pluviomètre 2 pluviographe ( dont 1 OEDIPE ) 1 limnigraphe OTT X 1 puits 1 câble ( section de jaugeage )	31 Mai 1991 au 13 Oct. 1991	Resp.: A. Kalifa Traore  Lect.: M. Cheikne F. Tounkara
SEME 1	2 pluviomètres 1 pluviographe OEDIPE 1 limnigraphe CHLOE 9 piézomètres	23 Mai 1991 au 30 Nov. 1991	Resp.: F. Bamba F. Dembélé  Lect.: B. Keita
SEME 2	2 pluviomètres 1 pluviographe OEDIPE: id Sémé1 1 limnigraphe OTT X 4 puits	23 Mai 1991 au 30 Nov. 1991	Resp.: F. Bamba F. Dembélé  Lect.: B. Keita
DIARABOUGOU	2 pluviomètres 1 pluviographe PRECIS-MECANIQUE 1 limnigraphe OTT X 3 puits	3 Mai 1991 au 15 Oct. 1991	Resp.: A. Camara  Lect.: D. Diarra N. Koulibaly L. Diarra
DOUNFING	2 pluviomètres 2 pluviographe ( dont 1 OEDIPE ) 2 Limnigraphes ( dont 1 CHLOE ) 2 puits 1 câble ( section de jaugeage )	15 Avril 1991 au 30 Nov. 1991	Resp.: T.H. Des Tureaux  Lect.: F. Sissoko M. Mariko
BELEKONI	3 pluviomètres 1 pluviographe PRECIS-MECANIQUE 1 limnigraphe CHLOE 1 puits 1 câble	6 Mai 1991 au 27 Nov 1991	Resp.: M. Diarra  Lect.: A. Koné M. Diallo + L. Déna F. Koné
KAMBO	4 pluviomètres 1 pluviographe PRECIS-MECANIQUE 1 limnigraphe OTT X 17 piézomètres 9 puits 1 câble	Année 1991	Superviseur: M. Traoré  Resp. sur place: D. Berthé
KOUTIALA	3 pluviomètres 1 pluviographe OEDIPE 1 limnigraphe CHLOE 2 puits 1 câble	12 Mai 1991 au 21 Oct. 1991	Resp.: M. Traoré Lect.: A. Sanogo ( Resp. sur place ) M. Berthé A. Coulibaly
SINKORONI	2 pluviomètres 1 pluviographe OEDIPE 1 limnigraphe OTT X 3 puits 1 corde	12 Juin 1991 au 19 Oct. 1991	Resp.: O. Djigandé  Resp. sur place: K. Baya

CALENDRIER DES TOURNEES DE CONTROLE  
Hivernage 1991

TAB.3

DATE	LIEU	N.JOURS	PARTICIPANTS	TRAVAUX EFFECTUES
09 - 10 Juil.	Sémé	2	N.Guiguen	Contrôle des appareils Supervision du travail de terrain
12 Juil.	Bélékoni	1	N.Guiguen	Jaugeage Contrôle des appareils Supervision du travail de terrain
17 - 20 Juil.	Bélékoni Koutiala Sinkoroni	4	N.Guiguen A.Joignerez E.Traoré	Jaugeage Contrôle des appareils Supervision du travail de terrain
03 - 04 Août	Sinkoroni	2	A.Joignerez	Changement batterie Oedipe, Contrôle des appareils Supervision du travail de terrain: visite aux responsables et lecteurs
08 - 09 Août	Sémé	2	A.Joignerez	Contrôle des appareils Supervision du travail de terrain: visite aux responsables et lecteurs
12 - 15 Août	Tinkaré	4	A.Joignerez	Contrôle des appareils Supervision du travail de terrain: visite aux responsable et lecteurs
18 Août	Diarabougou	1	A.Joignerez	Contrôle des appareils Visite aux 3 lecteurs
20 - 27 Août	Bélékoni Kambo Koutiala Sinkoroni	7	A.Joignerez	Contrôle des appareils: remise en marche Oedipe Kout. et Sink. Supervision du travail de terrain: visite aux responsables et lecteurs Jaugeages à Bélékoni et Sinkoroni
31 Août	Bélékoni	1	A.Joignerez	Visite au responsable du bassin Contrôle des appareils: nettoyage sonde Chloe
09 - 10 Sept.	Sémé	2	A.Joignerez	Supervision du travail de terrain Contrôle des appareils
18 - 24 Sept.	Bélékoni Kambo Koutiala Sinkoroni	7	A.Joignerez	Supervision du travail de terrain Contrôle des appareils
09 - 10 Octo.	Bélékoni	2	N.Guiguen E.Traoré	Jaugeage Contrôle des appareils Supervision du travail de terrain Récupération de toutes les données
11 - 12 Octo.	Diarabougou	2	N.Guiguen E.Traoré	Contrôle des appareils Récupération de toutes les données
09 - 12 Octo.	Tinkaré	4	A.Joignerez T.H.Des Tureaux	Fermeture de la campagne de mesures démontage de tous les appareils visites aux lecteurs Travail de nivellement
14 - 16 Octo.	Sémé	3	A.Joignerez E.Traoré N.Guiguen	Travail de nivellement Démontage de l'Oedipe Visite au lecteur Fin du travail de terrain du responsable
18 - 23 Octo.	Sinkoroni Koutiala Kambo	6	A.Joignerez E.Traoré N.Guiguen	Fermeture de la campagne de mesures: visites aux responsables et lecteurs démontages des appareils de Koutiala et Sinkoroni récupération de toutes les données Travail de nivellement Jaugeage à Kambo(fuite du barrage)
01 Nov.	Bélékoni	1	N.Guiguen	Jaugeages Relevé des données
26 Nov.	Diarabougou	1	N.Guiguen M.Diarra	Nivellement: profil en travers Démontage des appareils
27 Nov.	Bélékoni	1	N.Guiguen	Démontage du chloe Nivellement des puits

La campagne s'est déroulée de mai à novembre 1991. Certains bassins situés plus au Nord ont été arrêtés vers la mi-octobre. Le protocole de mesure a été le même pour tous les bassins :

- \* **pluviométrie** : La pluie de la journée tombée avant 16 h est relevée le jour même, tandis que les pluies du soir et de la nuit se mesurent le matin.
- \* **pluviographie** : Les mesures des précipitations recueillies dans le seau se font de la même façon qu'au pluviomètre. Les diagrammes sont remplacés après chaque pluie importante (>5 mm). Les cartouches Eprom des OEDIPE ont été changées en cas de problème, l'appareil étant contrôlé systématiquement à chaque passage avec le terminal de terrain TD 84.
- \* **limnigraphie** : Les rotations des OTTX étaient journalières (32 ou 24 h) et le changement de diagramme s'effectuait à la fin de chaque crue importante ou au moins deux fois par semaine. Les cartouches Eprom des CHLOE ont été changées au moins une fois au cours de la campagne et la bonne marche de l'appareil vérifiée à chaque passage avec le TD 86.
- \* **étalonnage** : Les jaugeages ont été réalisés par les responsables de bassins au moulinet ou au micromoulinet à la perche et à gué dans les sections préparées à l'avance avec verticales repérées et fixes. Pour les hautes eaux, des mesures aux flotteurs ont été faites dans des sections délimitées à l'avance par des jalons fixes.

### 1.2.3. Caractéristiques des bassins

Le tableau 4 résume les principales caractéristiques physiques des bassins versants: superficie (d'après photos aériennes au 1/50000), indice de compacité, altitude, indice de pente d'après courbe hypsométrique, aspect du réseau hydrographique etc..

Une première classification des bassins par leurs paramètres morphologiques a été faite suivant les méthodes mises au point à l'ORSTOM (RODIER-AUVRAY, 1965; DUBREUIL, 1972 ; OLIVRY, 1986). Ceci dans le but de rattacher les résultats obtenus à l'issue de la campagne aux bassins anciennement étudiés par l'ORSTOM dans ces mêmes bandes climatiques.

Quatre bassins (TINKARE, DIARABOUGOU, DOUNFING, KOUTIALA) ont des superficies comprises entre 20 et 25 km<sup>2</sup> et sont placés dans des situations géologiques variées (granite, grès, dolomies..). Quatre autres se situent dans une fourchette de 5 à 10 km<sup>2</sup> (SEME 1 et 2, SINKORONI, KAMBO) et un seul s'étale sur une superficie plus importante, BELEKONI avec 120 km<sup>2</sup>.

Deux bassins (DOUNFING et SINKORONI, sous-bassin de KOUMBAKA) ont été étudiés autrefois, en 1955-56 pour le DOUNFING et 1956-1957 pour le SINKORONI (cf. recueil des données de base des bassins représentatifs par DUBREUIL, 1972). Une confrontation des coefficients d'écoulement d'hier et d'aujourd'hui permettra de voir s'il s'est produit une modification dans le régime hydrologique. Le bassin de KAMBO est suivi depuis 3 ans dans le cadre d'une autre étude (cf. chapitre 3.7.).

CARATERISTIQUES PHYSIQUES DES BASSINS

TAB.4

BASSINS	TINKARE	SEME1	SEME2	DIARABOUGOU	DOUNFING	BELEKONI	KAMBO	KOUTIALA	SINKORONI
S, Superficie km2	22,60	9,05	5,30	20,60	17,50	120,00	10,00	24,80	9,60
P, Périmètre km	16,5	12,8	9,5	20,9	18,2	50,0	16,0	19,0	12,0
A, Altitude zéro échelle m	256	315	315	395	425	330	320	350	300
Kc, Indice de compacité	0,97	1,23	1,16	1,22	1,22	1,28	1,42	1,07	1,08
L, Longueur du rectangle équivalent m	6,50	4,52	3,00	7,27	6,10	18,60	6,47	6,23	3,60
l, Largeur du rectangle équivalent m	3,48	1,88	1,76	3,15	2,87	6,50	1,55	3,98	2,70
Ig, Pente moyenne (entre 5 et 95%) m/km	3,00	63,05	9,67	6,60	22,00	1,22	2,84	5,52	12,90
Ip, Indice de pente de Roche	-	0,310	0,099	0,092	0,161	0,040	0,059	0,080	0,058
A, Altitude moyenne d'après courbe m	263	462	323	419	460	348	332,6	370	346
Aspect du réseau hydrographique	Radial	Rad.Arête	Arête	Arête	Arête	Arête	Arête	Arête	Arête
<b>PARAMETRES MORPHOLOGIQUES</b>									
Classe de relief (Rodier-Auvray)	R2	R6	R3	R3	R5	R1-2	R2	R2	R4
Classe de relief (Olivry)	R1,6	R6	R2,8	R2,6	R4,2	R1,2	R1,6	R2,2	R3
Classe de perméabilité	P4	P3-4	P4	P4	P3-4	P4	P3-4	P4-5	P2
Classe de couverture végétale (Olivry)	V1,5	V2	V2,5	V2,5	V2	V3	V2,5	V2,5	V1
Surfaces cultivées %	35	30	55	65	20	70	65	60	5

## 2. STATISTIQUES DES PRECIPITATIONS REGIONALES

### 2.1. POSTES CLIMATOLOGIQUES DE REFERENCE

Les postes climatologiques de la météorologie nationale malienne, les plus proches des bassins sont consignés sur le tableau 5.

Pour tous ces postes, il a été possible de rassembler des séries de pluviométrie relativement longues, avec plus de soixante années d'observation pour 6 d'entre eux. On trouve les séries les plus courtes à KADIOLO et DIEMA.

POSTES PLUVIOMETRIQUES DE REFERENCE

TAB.5

POSTES	DIEMA	KITA	KOLOKANI	BAMAKO	BOUGOUNI	SIKASSO	KADIOLO	KOUTIALA	MOPTI
PERIODE	1941-1989	1924-1990	1923-1990	1922-1990	1921-1990	1909-1990	1954-1990	1922-1990	1921-1990
N. ANNEES	40	63	53	68	70	72	32	69	68

### 2.2. PLUVIOMETRIES INTERANNUELLES

Sur toutes les séries pluviométriques annuelles, de l'origine des stations à fin 1990, des essais d'ajustements de lois statistiques (logiciel Dixlois, ORSTOM) ont été réalisés. La loi qui s'ajuste le mieux graphiquement et au sens des tests Brunet-moret et  $\text{Chi}^2$  a été retenue.

Les valeurs de récurrence sont rassemblées dans le tableau 6

Les graphiques des ajustements sont présentés dans le Tome 2 sur les figures 50 à 58. Les valeurs particulièrement faibles de KADIOLO pour les récurrences sèches s'expliquent par le petit nombre d'années observées (32), observations portant sur la période récente, qui compte beaucoup de hauteurs annuelles déficitaires notamment les records de 1982 (543 mm) et 1983 (413 mm).

RESULTATS D'AJUSTEMENTS STATISTIQUES

PLUVIOMETRIE ANNUELLE ( mm )

TAB.6

	LOI	ANNEES SECHES					MEDIANE	ANNEES HUMIDES					1991
PROBABILITE RECURRENCE		0.01 100	0.02 50	0.05 20	0.10 10	0.20 5	0.50 2	0.80 5	0.90 10	0.95 20	0.98 50	0.99 100	
DIEMA	Goodrich	364	379	410	445	496	616	757	836	903	980	1032	488
KITA	Goodrich	674	695	736	784	854	1024	1226	1340	1437	1549	1625	869
KOLOKANI	Goodrich	476	494	529	569	628	765	925	1015	1090	1177	1238	-
BAMAHO	Goodrich	693	716	759	807	875	1032	1209	1306	1388	1481	1481	888
BOUGOUNI	Pearson3	748	789	855	920	1006	1196	1419	1550	1682	1805	1902	1355
SIKASSO	Pearson3	794	834	900	964	1048	1231	1445	1569	1676	1809	1901	1331
KADIOLO	Goodrich	404	488	617	731	866	1104	1313	1411	1487	1568	1619	986
KOUTIALA	Pearson3	594	628	682	734	800	939	1096	1185	1263	1354	1417	840
MOPTI	Pearson3	324	333	351	371	401	481	594	668	736	822	884	376

N.B.: Les valeurs de 1991 sont incomplètes et s'arrêtent au 15 octobre

### 2.3. PLUIES JOURNALIERES

A partir des données de la banque pluviométrique de l'ORSTOM/DAKAR, une analyse statistique a été réalisée (Y. PEPIN, juin 1991) sur l'ensemble des précipitations journalières aux principaux postes climatologiques du Mali. La loi de Pearson 3 tronquée est celle qui s'ajuste le mieux aux échantillons.

Les résultats des hauteurs journalières avec leur période de retour de 2 à 100 ans sont présentés sur le tableau 7. Ils concernent dix postes climatologiques de longue durée.

Les précipitations ont des formes caractéristiques différentes suivant leur origine : une ligne de grains ou la mousson. Dans le premier cas, il s'agit de tornades tropicales violentes à fortes intensités qui favorisent le ruissellement. La figure 3 est un exemple d'averse tropicale enregistrée à l'Oedipe du DOUNFING le 26/07/91, avec une intensité maximale instantanée de 200 mm/h et 164,2 mm/h en 5 minutes.



PRECIPITATIONS JOURNALIERES FREQUENTIELLES ( mm )

( Loi de Pearson 3 tronquée )

TAB.7

STATIONS	PERIODE DE RETOUR					
	2 ans	5 ans	10 ans	25 ans	50 ans	100 ans
GAO	50.4	58.5	69.2	83.5	94.5	105.6
MOPTI	58.4	71.9	82.3	96.1	106.6	117.2
KAYES	65.8	80.4	91.4	106.0	117.1	128.2
KOULTALA	68.2	80.8	90.4	103.0	112.5	122.1
DIEMA	68.3	84.9	97.7	114.8	127.8	140.9
KITA	77.7	92.7	104.1	119.2	130.6	142.0
BAMA KO	80.5	97.1	109.8	126.7	139.6	152.5
SIKASSO	86.9	105.3	119.4	138.2	152.5	166.8
KADIOLO	87.9	105.3	118.6	136.1	149.5	162.9
BOUGOUNI	92.7	112.4	127.5	147.5	162.8	178.0

FICHER : lido      AVERSE N°: 40      DEBUT D' AVERSE LE 26/ 7/1991 A 13h52'21  
 P seu = 70.0 mm

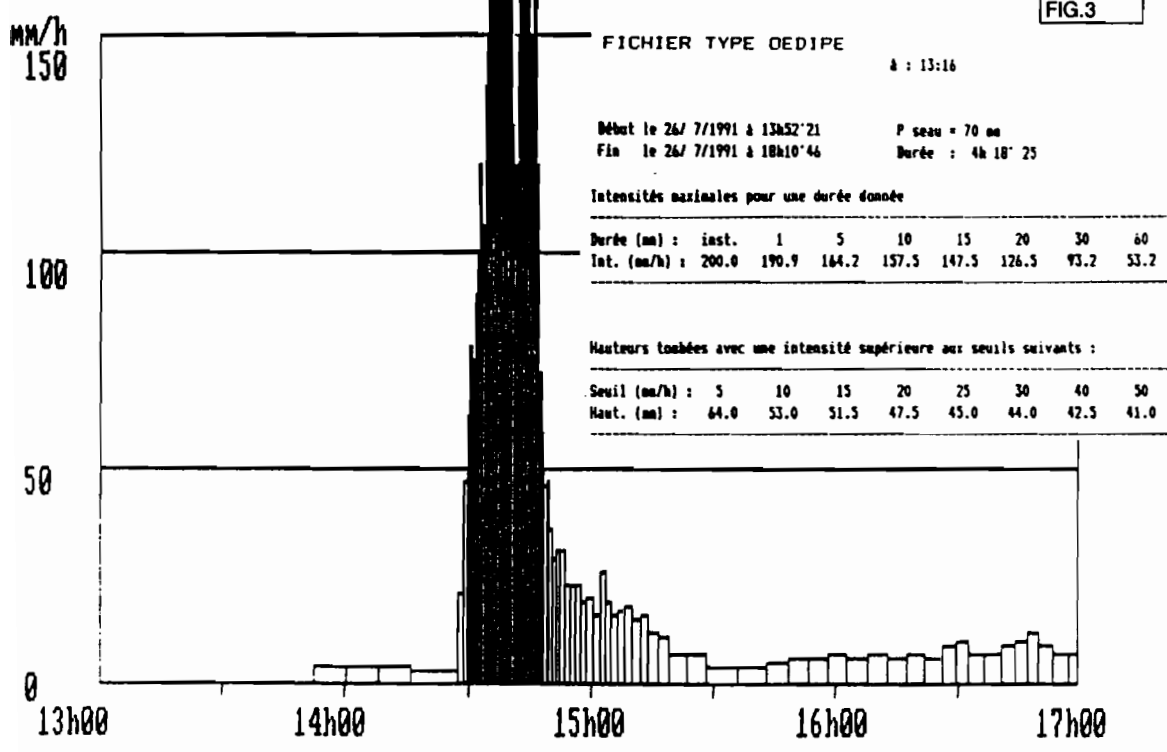
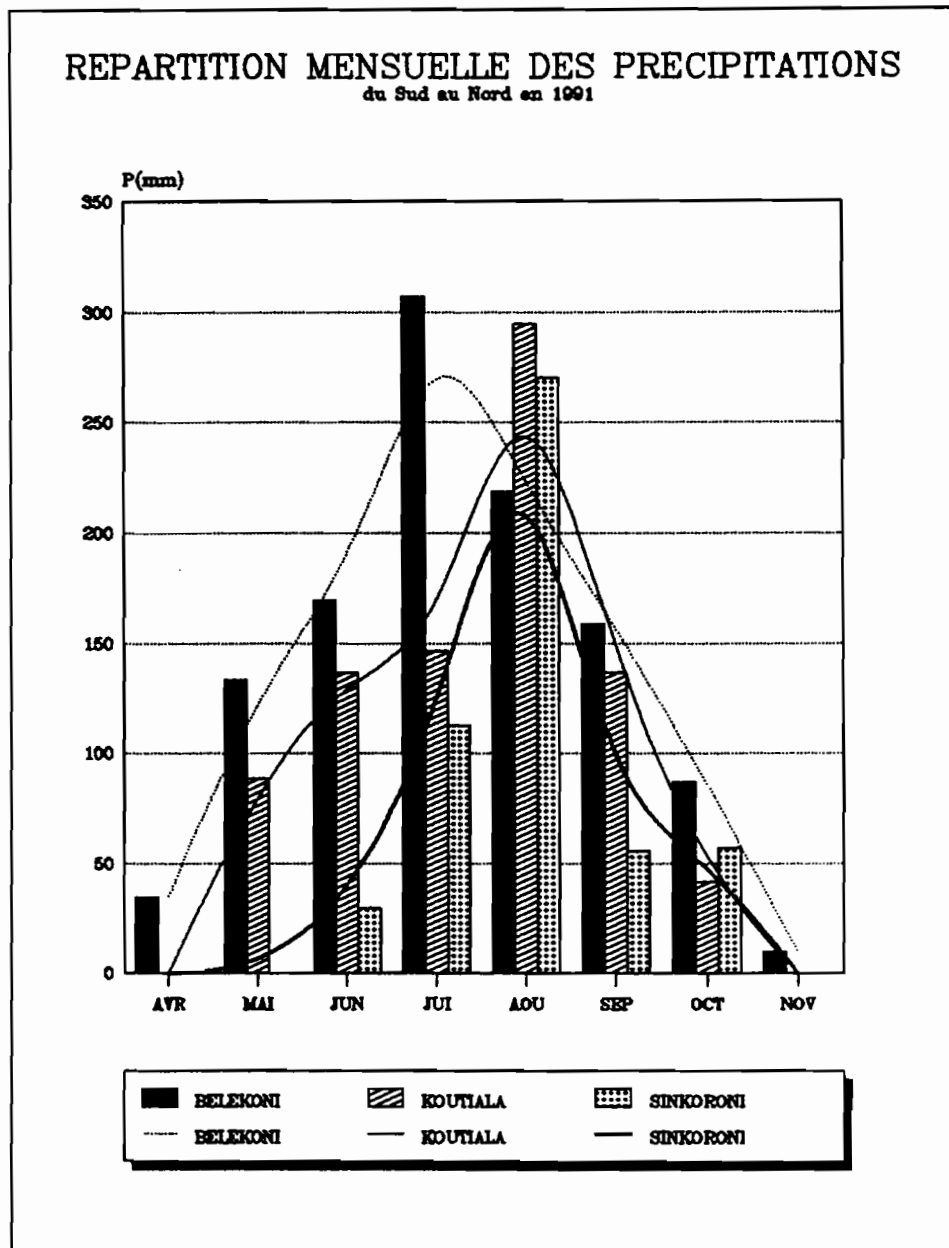


FIG.3

La répartition pluviométrique mensuelle est typique des climats sahéliens (zone entre 700 et 300 mm) et tropicaux (zone entre 700 et 1100 mm) avec une seule et courte saison des pluies qui débute en mai et se termine en octobre, les mois de juillet et août étant les plus abondants.

La figure 4 présente la répartition des précipitations mensuelles à BELEKONI (au Sud), KOUTIALA (au Centre) et SINKORONI (au Nord). Les courbes lissées montrent bien les diminutions de volumes et de durée quand on remonte du sud au nord à l'intérieur du Mali.

FIG.4



### **3. RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1991**

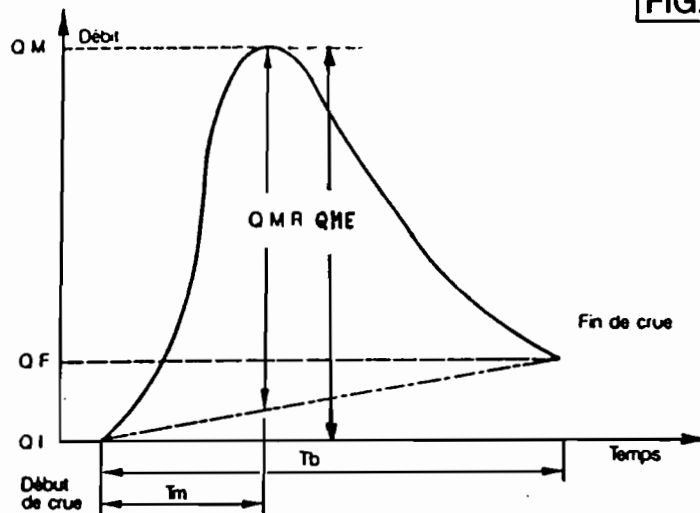
#### **Avant-propos :**

Ce chapitre consacré aux résultats des mesures de terrain de la campagne 1991 va être présenté d'une façon identique pour chaque bassin étudié.

Après une présentation descriptive succincte du bassin, 4 sous-chapitres donneront dans l'ordre :

- les résultats des précipitations mesurées avec la figure des pluies moyennes journalières calculées d'après les coefficients de THIESSEN et leurs cumuls. Dans le tome 2, on trouvera les tableaux des pluies moyennes journalières (tableaux 30 à 38) et celui des coefficients de Thiessen (tab. 54).
- les informations essentielles sur les hauteurs limnimétriques enregistrées aux appareils OTTX ou CHLOE à mémoire électronique et sonde piézo-résistive (SPI3). Tous ont parfaitement fonctionné durant toute la durée de la campagne. Dans le tome 2, les figures 59 à 67 présentent les chroniques de toutes les cotes instantanées avec la cote limite du début de l'écoulement ou déversement dans le cas d'une retenue.
- la méthode utilisée pour arriver à tracer la ou les courbes de tarage à partir des jaugeages complets au moulinet et une extrapolation souvent calculée à partir de formules hydrauliques et de mesures précises de profils en long et en travers exécutées à chaque station. La figure de la courbe de tarage est présentée avec un encart sur la courbe de basses eaux. Les listes des jaugeages par ordre de cotes croissantes avec le nom des opérateurs (tableaux 39 à 44) et les barèmes (tableaux 45 à 52) paraissent dans le tome 2.
- après transformation des cotes instantanées en débits instantanés, un tableau récapitule les principales caractéristiques des crues observées aux stations. Le logiciel HYDROM permet de découper chaque crue dans la chronique des débits instantanés, à l'exemple de la figure 5 ci-après.

FIG.5



L'accent est mis sur la définition des lames écoulées et des coefficients d'écoulement, but de l'étude. La lame ruisselée, correspondant à l'écoulement "rapide de crue", pour le différencier de l'écoulement retardé et/ou de l'écoulement de base (vidange de nappe) est indiquée mais demande à être précisée à partir d'une étude approfondie des averses. Une figure donne le tracé de la crue la plus importante de la saison avec un encart sur ses caractéristiques.

Les écoulements mensuels et annuels sont présentés sous forme de tableau et commentés.

**Remarque :**

Dans l'ensemble, les responsables de bassins et leurs aides ont effectué consciencieusement leur travail. Cependant, certains n'ont dépouillé que partiellement les données de base de leur bassin en dépit des accords intervenus en début de saison.

Les résultats de cette première campagne sont globalement satisfaisants, compte-tenu du manque d'expérience de beaucoup sur ce genre d'étude et type d'appareils, et aussi de la difficulté à encadrer des équipes très dispersées.

## 3.1. BASSIN DE TINKARE

### 3.1.1. Présentation

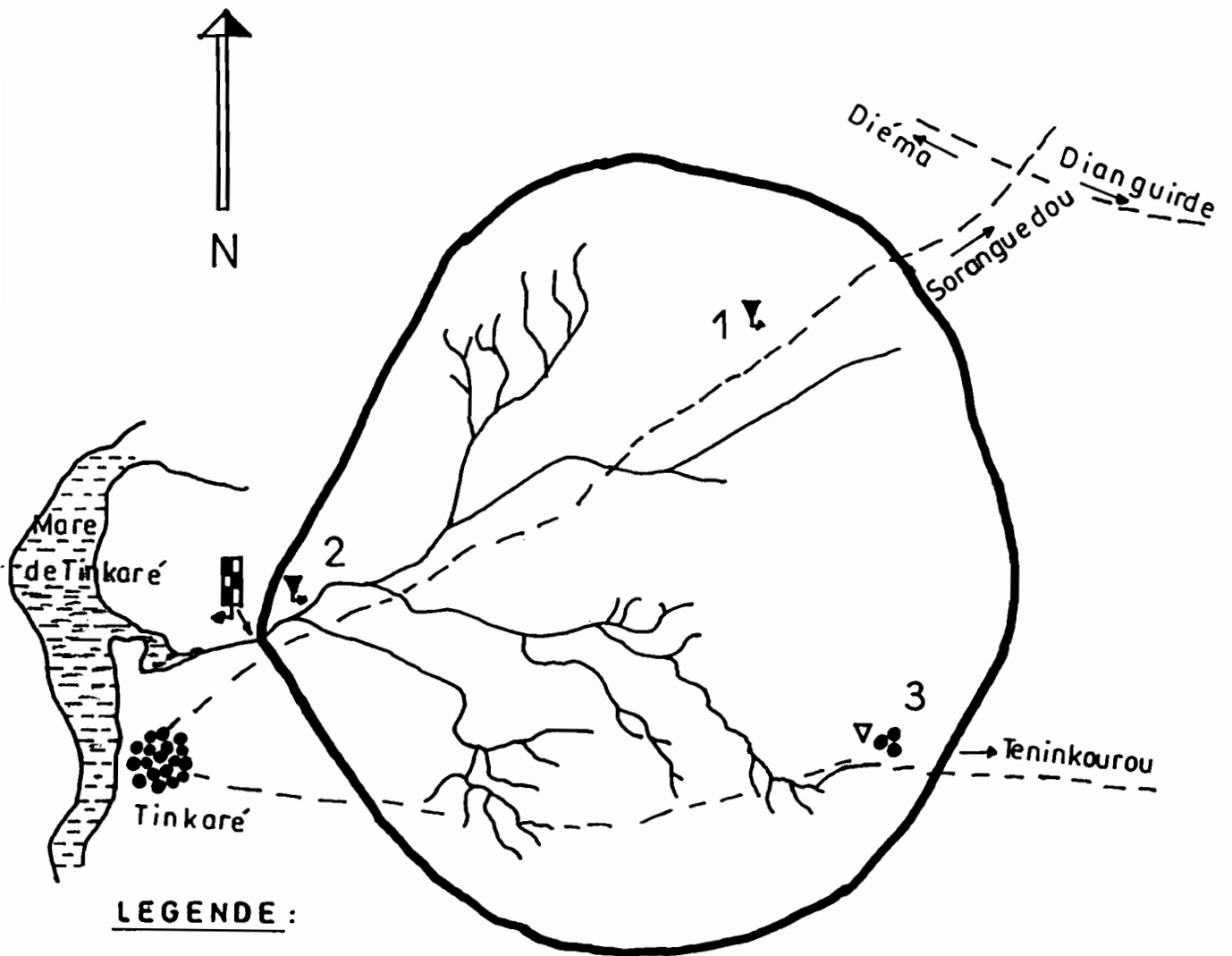
Le bassin de Tinkaré est situé au nord ouest du Mali, quelques kilomètres au sud de la frontière mauritanienne, à 6 kilomètres de Diéma. Il appartient à une zone appelée Kaarta Blanc, caractérisée par un sol argilo-gréseux, partiellement couvert de cordons de dunes fixées, et très peu de relief.

Avec une pluviométrie moyenne de 631 mm calculée sur 40 années d'observation (de 1941 à 1989) à Diéma, cette zone appartient au domaine sahélien, avec une végétation de type steppe arborée/arbustive et tapis graminéen.

Le bassin étudié, relativement peu cultivé se caractérise par une pente assez faible ( $I_g = 3 \text{ m/km}$ ) et des limites difficiles à établir avec des zones endoréïques imprécises. Son exutoire débouche sur une grande mare, appelée mare de Tinkaré, qui fait partie de la vallée du Serpent.

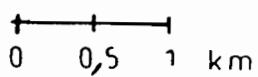
Les limites du bassin et son dispositif expérimental sont représentés sur la fig.6.

BASSIN VERSANT de TINKARE



**LEGENDE :**

- Limite du bassin
- Réseau hydrographique
- - -** Piste
- ▽** Pluviomètre
- ▽** Pluviographe
- Village
- ▭** Station limnigraphique



### 3.1.2. Précipitations

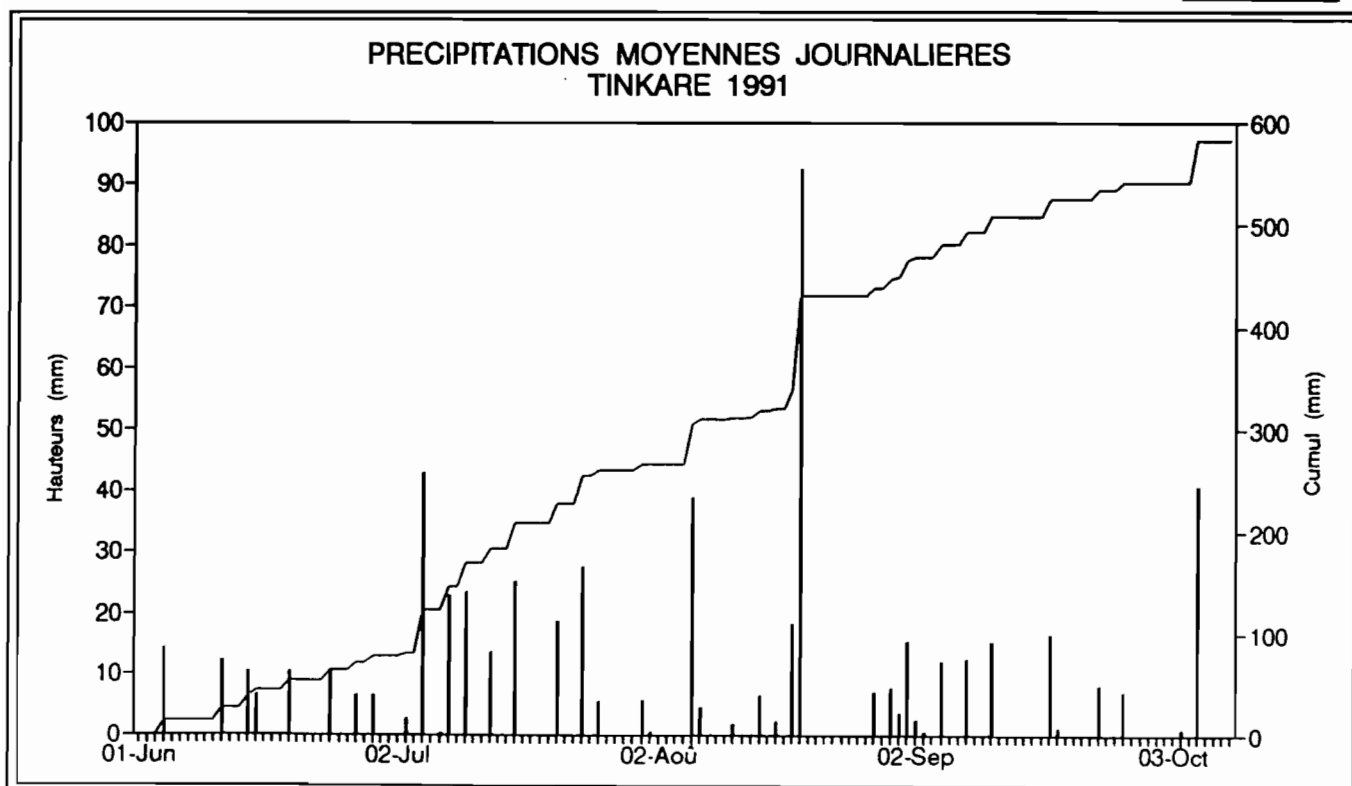
La figure 7 donne la pluviométrie moyenne journalière observée sur le bassin du 1er Juin au 10 Octobre 1991, ainsi que les cumuls.

La pluie du 19 Août, la plus importante de la saison, a atteint 92,4 mm, valeur proche de la pluie journalière décennale calculée pour le poste de Diéma : 97,7 mm (cf. tab. 7).

L'hivernage 1990 a été très déficitaire (290 mm seulement à Diéma). Les hauteurs de pluies mesurées en 1991 sur notre bassin s'élèvent au double de 1990 avec 582 mm et se rapprochent de la médiane. Une pluie tardive de 40,7 mm est encore tombée le 6 Octobre.

Enfin, il faut remarquer une grande différence entre le total observé à Tinkaré (589 mm) et celui de Diéma (488 mm) situé à 6 km du bassin qui se trouve placé dans des conditions non conformes aux normes exigées notamment par la proximité d'un bâtiment.

FIG.7



### **3.1.3. Hauteurs limnimétriques**

Les hauteurs limnimétriques ont été très bien enregistrées sur un limnigraphe classique OTTX à flotteur avec des rotations journalières.

La figure 59 de toutes les cotes instantanées se trouve en annexe, tome 2.

Le limnigraphe est placé dans une mouille assez profonde, ce qui explique un démarrage de l'écoulement à la cote 106 cm.

La cote maximale atteinte cette année a été de 206 cm, à la crue du 19 Août 1991.

Le graphique 59 montre clairement qu'il n'y a pas de débit de base.

### **3.1.4. Jaugeages et tarages**

53 jaugeages complets ont été effectués durant la saison 1991 (cf. tab. 39 en annexe : liste des jaugeages).

Des mesures aux flotteurs ont pris le relais en hautes eaux, entre la cote 137 et 206 cm (crue maximale).

La végétation s'étant beaucoup développée dans le lit du marigot, 2 courbes de tarage ont été définies d'après les jaugeages complets (barèmes valables du 4 au 31 Juillet 1991 et du 1er Août au 11 Octobre 1991).

L'extrapolation de la courbe de tarage a été relativement difficile, du fait du manque de jaugeages au-dessus de la cote 137.

Les vitesses superficielles obtenues par les mesures aux flotteurs ont permis de tracer une courbe hauteurs/vitesses superficielles. Des coefficients d'abattement ont été appliqués, respectivement au lit mineur et au débordements sur berge, afin d'estimer une vitesse moyenne.



L'application de la formule de Manning Strickler confirme l'extrapolation, en utilisant les coefficients de rugosité suivants :

K = 10 pour le lit mineur  
 K = 8 pour les débordements en rive droite  
 k = 6 pour les débordements en rive gauche

(d'après les valeurs données par la BCEOM : "Hydraulique routière").

La figure 8 dessine les courbes ainsi obtenues dont les barèmes figurent en annexe (tab. 48 du tome 2).

### 3.1.5. Crues et écoulements

Le tableau 8 donne les caractéristiques des 13 crues observées. Les débits de pointe sont compris entre 34 l/s et 22,1 m<sup>3</sup>/s.

#### BASSIN VERSANT DE TINKARE

No 1272699200

TAB.8

#### Caractéristiques des crues 1991

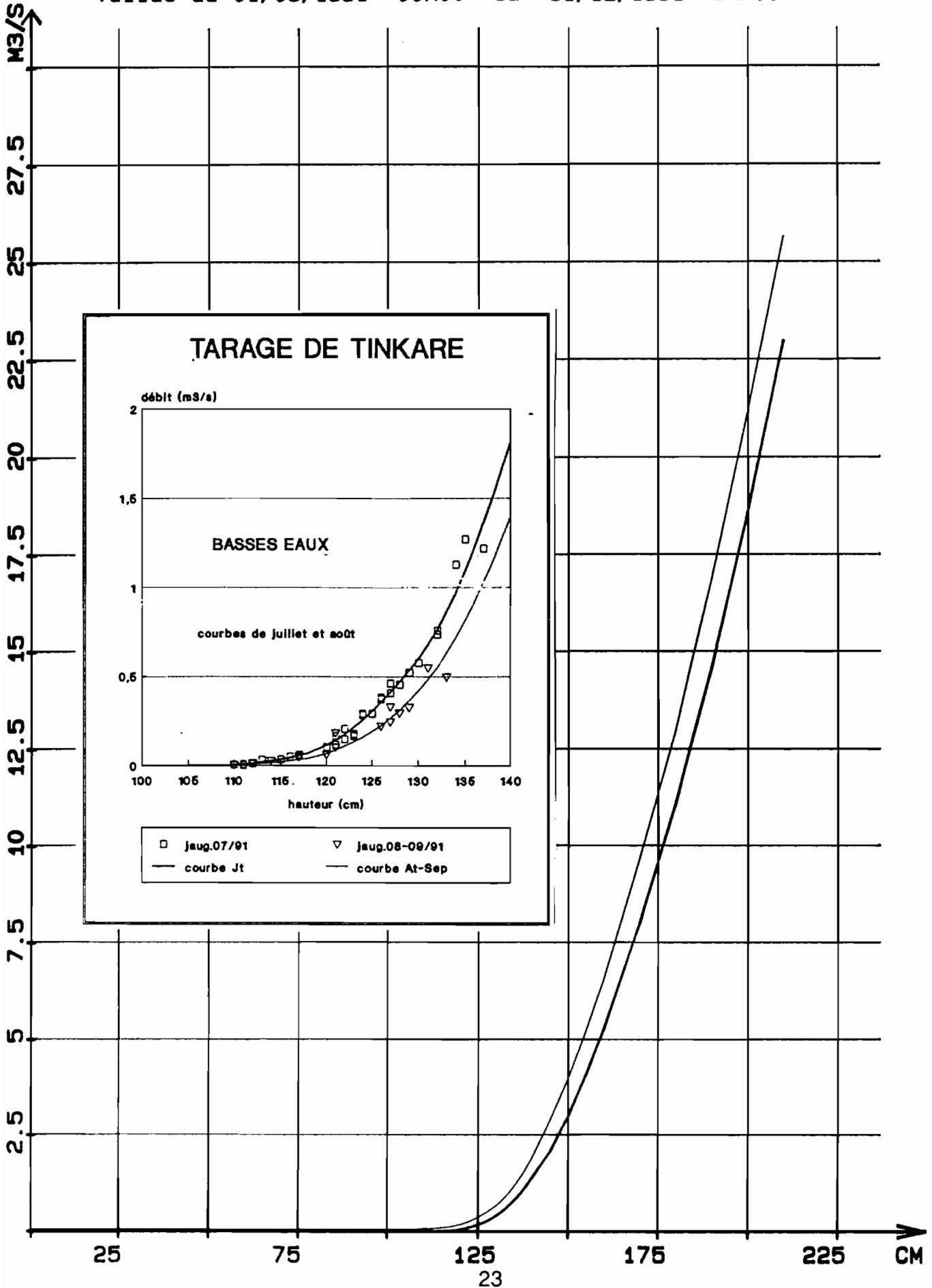
Date	Heure h.mn	Pmoy mm	Qme m <sup>3</sup> /s	Qmr m <sup>3</sup> /s	Tm h.mn	Tb h.mn	Ve 1000 m <sup>3</sup>	Le mm	Lr mm	Ke %	Qspe l/s/km <sup>2</sup>
05-Jul	03.01	42,8	12.200	12.000	01.59	05.39	97,4	4,31	4,04	10,1	539,82
08-Jul	07.02	22,8	4.900	4.840	03.02	08.58	44,3	1,96	1,83	8,6	216,81
10-Jul	08.40	23,5	5.420	5.350	02.28	08.56	65,5	2,90	2,71	12,3	239,82
13-Jul	03.15	13,5	1.500	1.480	01.45	10.45	28,2	1,25	1,17	9,2	66,37
16-Jul	04.26	25,1	10.200	10.100	02.17	10.34	107,0	4,73	4,42	18,9	451,33
21-Jul	06.50	18,8	1.500	1.490	01.10	09.20	22,2	0,98	0,90	5,2	66,37
24-Jul	02.40	27,6	4.650	4.630	01.40	12.20	66,3	2,93	2,76	10,6	205,75
06-Août	13.20	38,9	1.140	1.110	01.30	09.10	20,6	0,91	0,79	2,3	50,44
19-Août	14.40	92,4	22.100	22.000	01.30	17.45	396,0	17,52	18,50	19,0	977,88
29-Août	07.00	7,7	0.089	0.034	01.00	07.00	1,9	0,08	0,02	1,1	3,94
01-Sep	11.00	15,4	0.089	0.077	08.00	36.45	7,4	0,33	0,24	2,1	3,94
08-Sep	22.23	12,5	0.034	0.033	05.17	35.00	2,5	0,11	0,08	0,9	1,50
11-Sep	09.54	15,3	0.268	0.263	03.06	47.46	13,7	0,61	0,55	4,0	11,86

Le mois de juillet regroupe plus de la moitié des crues : ce sont des crues moyennes, avec des volumes écoulés allant de 20 000 à 107 000 m<sup>3</sup>. A l'inverse; la quasi-totalité de l'écoulement du mois d'août a eu lieu lors de la crue la plus forte de la saison, le 19 Août 1991, provoquée par des précipitations proches de la hauteur de pluie journalière décennale (volume écoulé : 396 000 m<sup>3</sup>).

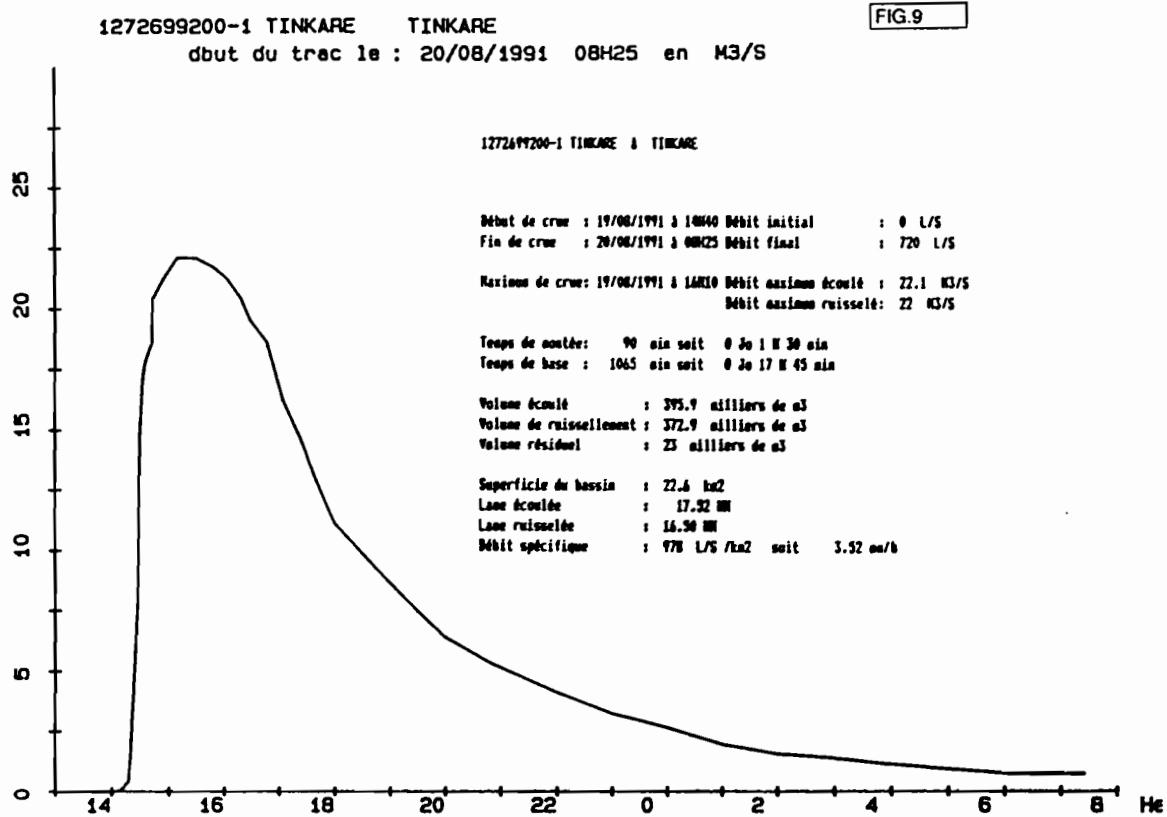
FIG.8

1272699200-1 TINKARE TINKARE

Valide du 01/08/1991 00H00 au 31/02/1991 24H00



La figure 9 donne l'hydrogramme de cette crue.



Le tableau 9 résume les valeurs des écoulements mensuels.

ÉCOULEMENTS MENSUELS A TINKARE

TAB.9

ANNEE 1991

Mois	Lame précipitée (mm)	Volume écoulé (1E3 m3)	Lame écoulée (mm)	Ké (%)
Juin	77,7	0,0	0,0	0,0
Juillet	188,4	454,4	20,1	10,7
Août	183,8	451,0	20,0	10,9
Septembre	91,0	26,0	1,2	1,3
Octobre	41,6	0,0	0,0	0,0
Année	582,4	931,4	41,2	7,1

Une pente faible, des zones endoreïques importantes et un terrain sableux expliquent ces faibles valeurs, d'autant plus que la nappe trop profonde n'assure pas d'écoulement de base (cf. fig. 59 des annexes).

## 3.2. BASSIN DE SEME 1

### 3.2.1. Présentation

Sémé se trouve à l'ouest du Mali, à 6 km de Kita, dans la zone de grès dur des plateaux Manding, au relief très marqué et morcelé par un réseau hydrographique très dense.

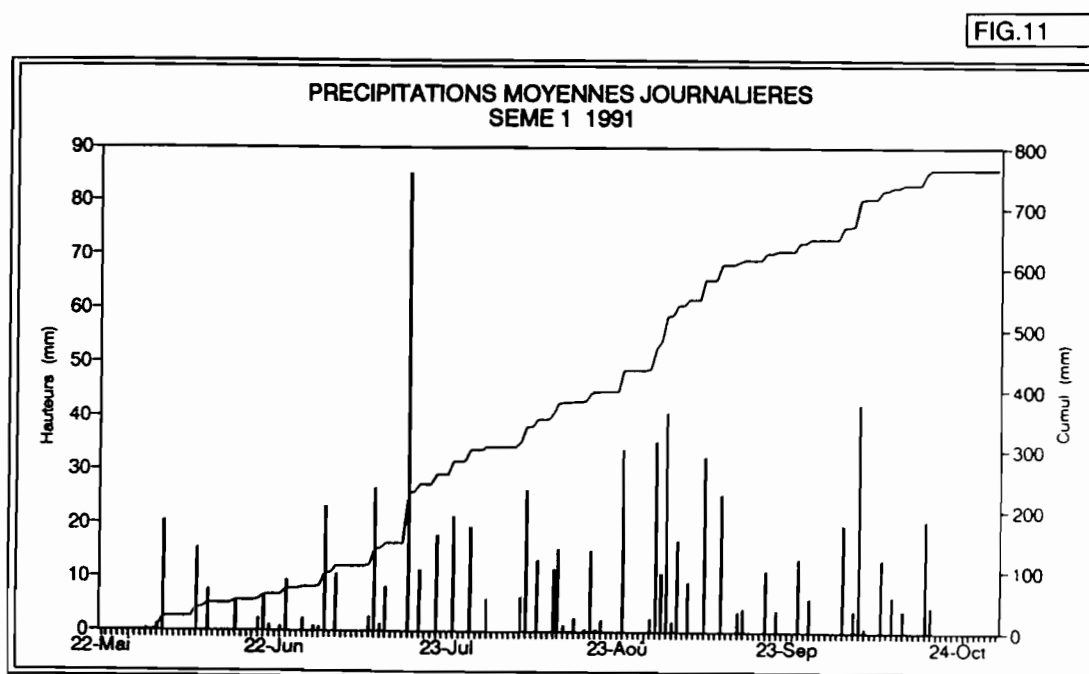
La pluviométrie moyenne, calculée sur 63 années d'observation (de 1923 à 1990), à Kita est de 1047 mm. C'est le domaine soudanien, avec une végétation de type savane arborée/arbustive et tapis herbacé à dominante graminéenne.

Le bassin de SEME I est en grande partie (plus de 50%) constitué d'un haut plateau difficilement accessible. Il est équipé d'une retenue d'eau de capacité assez grande (84 540 m<sup>3</sup> en début de déversement). Il a déjà fait l'objet d'une étude en 1989 dans le cadre du projet ressources en eau du PNUD.

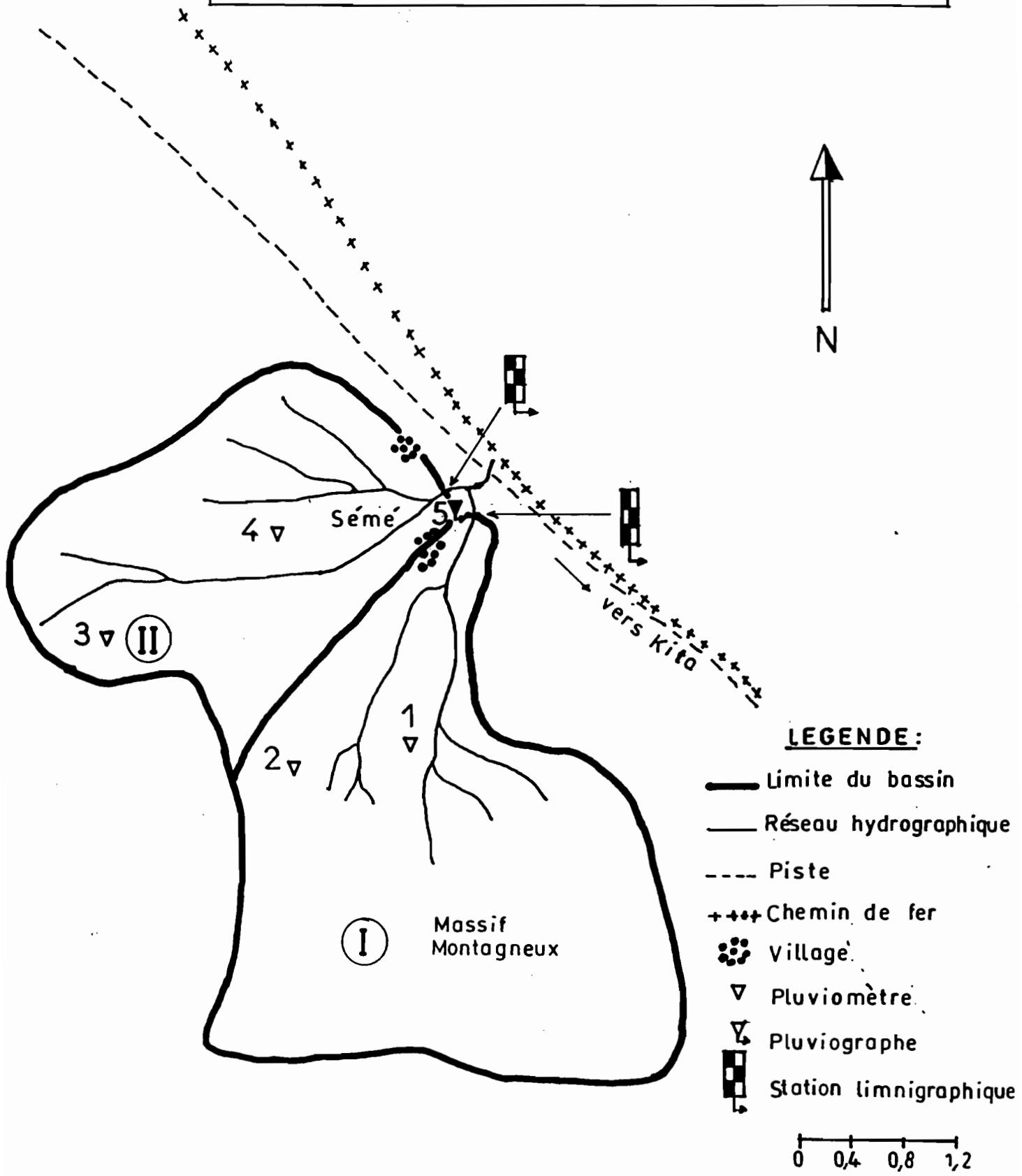
Les cultures, principalement maïs et mil, se font dans sa partie basse uniquement. La figure 10 présente les limites du bassin et son dispositif expérimental, ainsi que le bassin de SEME II.

### 3.2.2. Précipitations

La figure 11 donne la pluviométrie moyenne journalière observée sur le bassin du 21 Mai au 31 Octobre 1991, ainsi que les cumuls.



# BASSINS VERSANTS de SEME I et II



L'hivernage 1991 s'est caractérisé par la rareté des fortes averses : seules les précipitations du 16 Juillet ont dépassé 45 mm avec un total journalier de 85 mm qui correspond à une valeur à peine supérieure à la pluie journalière de période de retour 2 ans (cf.TAB. 7), égale à 78 mm.

Une grande différence a été observée entre SEME et KITA, située à environ 6 km de distance. Le total annuel a atteint 868 mm à KITA mais n'a pas dépassé 764 mm sur le bassin, ce qui peut être dû à l'influence de l'important relief qui sépare les deux sites.

### 3.2.3. Hauteurs limnimétriques

Le graphique des cotes instantanées enregistrées par le Chloé au pas de temps sélectionné de 5 mn et au seuil de 1 cm, se trouve en annexe (fig. 60).

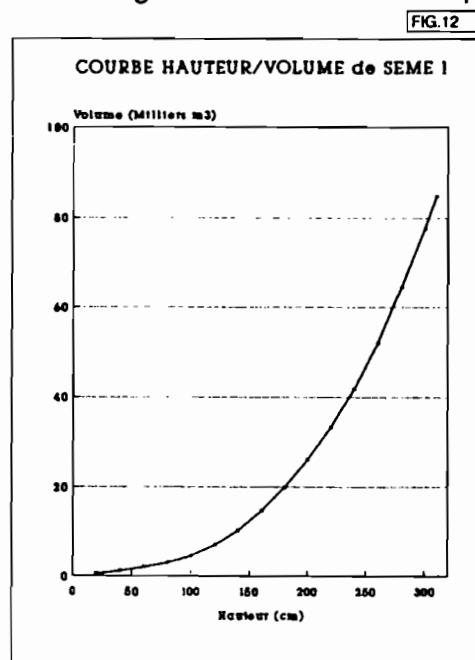
Le niveau du plan d'eau a atteint, le 11 septembre, la cote maximale de 288 cm, cote inférieure à celle du déversoir (301 cm).

Le tarissement de la retenue est régulier, la cote descend à l'allure de 3 cm par jour environ.

### 3.2.4. Jaugeages et tarage

La transformation des hauteurs en volumes instantanés a été effectuée à partir de la courbe Hauteurs/Volumes établie lors de l'étude précédente (FERRY, 1989). La figure 12 représente cette courbe.

Quelques jaugeages en aval de la digue ont été effectués pour estimer les fuites visibles au pied du barrage.



### 3.2.5. Crues et écoulements

Le tableau 10 donne les caractéristiques des 9 crues observées, d'un volume d'écoulement compris entre 900 et 36 260 m<sup>3</sup>.

BASSIN VERSANT DE SEME 1

TAB.10

No 1272699210

Caractéristiques des crues 1991

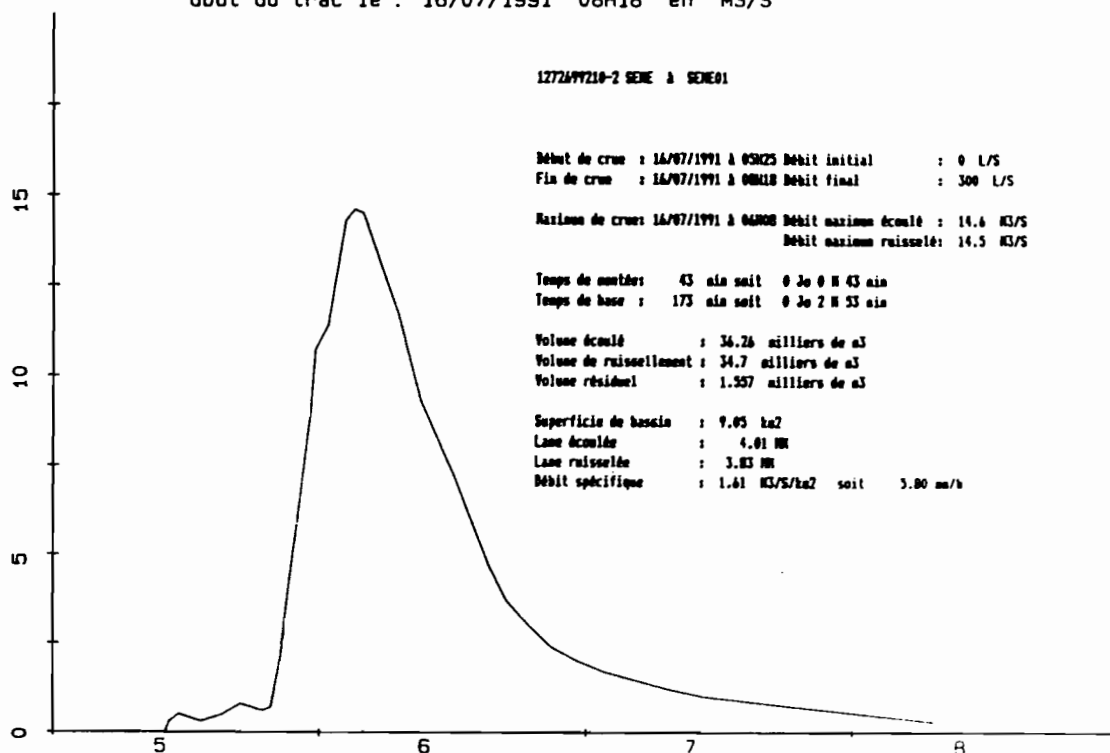
Date	Heure h.mn	Pmoy mm	Qme m <sup>3</sup> /s	Qmr m <sup>3</sup> /s	Tm h.mn	Tb h.mn	Ve 1000 m <sup>3</sup>	Le mm	Lr mm	Kr %	Qspe l/s/km <sup>2</sup>
16-Jul	05.25	85,0	14,60	14,500	00.43	02.53	36,26	4,007	3,83	4,7	1610,0
12-Aoû	08.52	15,1	1,33	1,310	00.41	01.59	2,51	0,277	0,25	1,8	147,0
24-Aoû	10.20	33,8	0,53	0,512	00.33	01.13	0,90	0,099	0,09	0,3	58,6
30-Aoû	00.55	35,2	0,90	0,894	00.20	03.55	3,81	0,421	0,37	1,2	99,4
01-Sep	08.00	40,5	2,33	2,070	01.37	03.33	11,89	1,314	0,91	3,2	257,0
03-Sep	00.50	16,7	-	-	-	-	7,90	0,873	-	5,2	-
07-Sep	20.52	32,4	-	-	-	-	17,00	1,878	-	5,8	-
10-Sep	22.00	25,3	-	-	-	-	17,80	1,967	-	7,8	-
06-Oct	02.25	42,2	-	-	-	-	8,50	0,939	-	2,2	-

Pour certaines crues, les hydrogrammes ont pu être reconstitués ( $\Delta V / \Delta T$  en l/s au pas de temps de 5 mn). La figure 13 représente l'hydrogramme de la crue du 16 juillet, qui a été la plus importante de la saison avec un débit maximal de 14.6 m<sup>3</sup>/s.

1272699210-2 SEME SEME01

FIG.13

dbut du trac le : 16/07/1991 08H18 en M3/S



D'un volume d'écoulement de 32 260 m<sup>3</sup>, elle représente 48% de la capacité de la retenue à la cote de déversement, mais seulement 4,7% des précipitations qui l'ont provoquée.

Le tableau 11 résume les valeurs des écoulements mensuels et annuels.

Le volume total écoulé, d'une valeur de 106 570 m<sup>3</sup> ne représente que 1,4 fois la capacité de la retenue à la cote de déversement.

Les résultats de l'hivernage 1991 sont beaucoup plus faibles que ceux de 1989 (cf. FERRY, 1989). Le volume d'écoulement avait atteint 781 000 m<sup>3</sup>, avec un coefficient Ke de 10,5% et la retenue avait déversé pendant plusieurs semaines.

La répartition des écoulements est irrégulière avec, en particulier, des valeurs très faibles en août.

ÉCOULEMENTS MENSUELS A SEME 1  
ANNEE 1991

TAB.11

Mois	Lame précipitée ( mm )	Volume écoulé ( 1000 m3 )	Lame écoulée ( mm )	Ke (%)
Mai	0,3	0,00	0,00	0,0
Juin	72,4	0,00	0,00	0,0
Juillet	231,7	36,26	4,01	1,7
Août	175,3	7,22	0,80	0,4
Septembre	168,0	54,59	6,03	3,6
Octobre	115,8	8,50	0,94	0,8
Novembre	0,0	0,00	0,00	0,0
Année	763,5	106,57	11,77	1,5



### 3.3. BASSIN DE SEME II

#### 3.3.1. Présentation

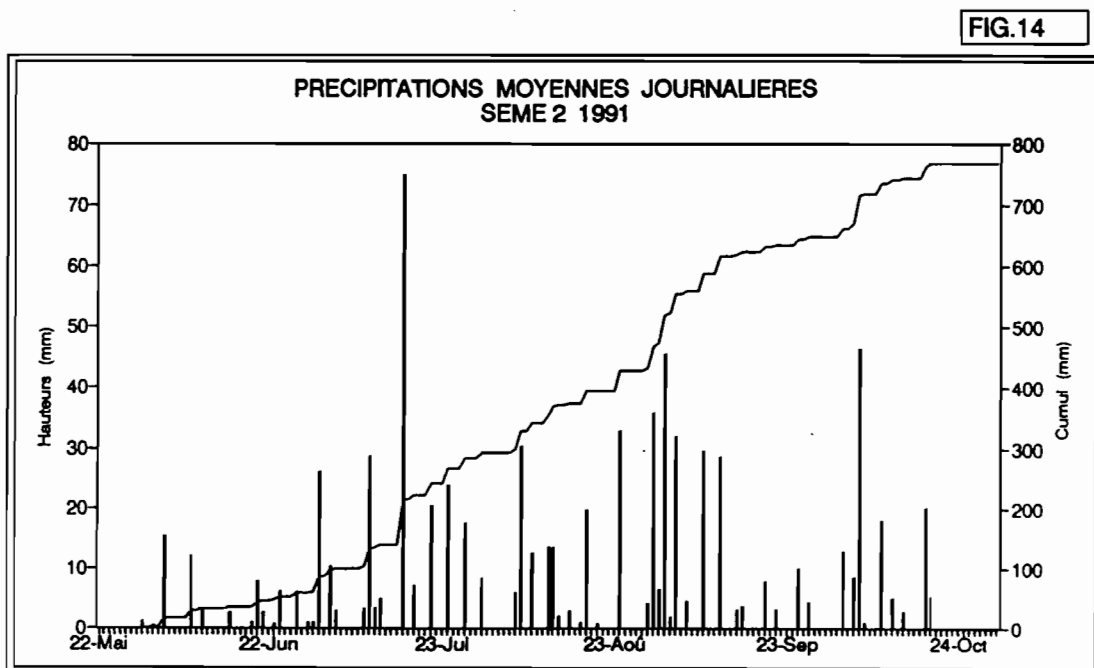
Le bassin de SEME II est contigu à celui de SEME I. Il ne comporte que quelques pitons rocheux en dehors desquels la pente est plus régulière que sur le premier bassin ( $lg = 9,67 \text{ m/km}$ ). Il est également plus cultivé.

Il est équipé à l'exutoire d'une petite digue déversante de 50 cm de hauteur environ, avec culture de riz en amont et en aval de l'ouvrage (capacité à la cote 50 =  $1300 \text{ m}^3$ ).

La confluence des deux marigots se fait juste en aval des aménagements. Ils font partie du bassin hydrographique du Sénégal (sous bassin : le Baoulé). Les limites du bassin et le dispositif expérimental sont présentés sur la figure 10 (cf. SEME I).

#### 3.2.2. Précipitations

La figure 14 présente la pluviométrie moyenne journalière observée sur le bassin du 1er Juin au 10 Octobre 1991, ainsi que les cumuls. Entre ces deux dates, il est tombé 768 mm de précipitations.



On retrouve les mêmes pluies que sur le bassin de SEME I, avec un maximum journalier légèrement inférieur de 74,7 mm.

Le tableau 12 résume les caractéristiques des principales averses enregistrées par le pluviographe Oedipe qui a parfaitement fonctionné durant la campagne. Vingt averses ont été supérieures à 10,0 mm, comprises entre 12 et 71 mm.

CARACTERISTIQUES D'AVERSES

Fichier 1 SEME01.CAR

TAB.12

N°	Jour début	Heure déb.	Heure fin	Pseau mm	Intensités maximales (mm/h) pendant une durée de								Hauteurs (mm) tombées avec une intensité supérieure à (mm/h)							
					1 min	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	60 min	5	10	15	20	25	30	40	50	
5	1/7/1991	0622'45	3625'36	30.0	69.2	61.3	49.4	40.7	40.9	38.2	29.9	21.7	23.0	22.5	21.0	19.5	18.0	15.0	10.0	6.0
12	10/7/1991	10611'38	13624'27	26.5	94.7	72.4	64.9	59.2	52.7	45.3	34.7	21.3	25.0	19.5	17.0	15.0	14.5	14.0	11.5	9.5
17	16/7/1991	0648'38	11622'4	76.5	85.7	70.4	61.9	53.6	47.0	42.0	41.2	30.5	65.5	43.5	30.0	26.0	22.0	19.5	12.5	8.0
20	21/7/1991	3655'25	8644'49	22.0	60.0	50.0	47.0	40.8	32.9	27.9	20.5	11.5	10.5	9.5	8.0	7.0	7.0	6.5	4.0	2.0
21	23/7/1991	18621'34	18657'25	15.0	66.7	54.8	49.3	44.3	40.5	36.7	28.3	0.0	15.0	14.0	13.5	12.5	11.5	9.5	6.5	2.5
23	24/7/1991	3646'55	5621'55	12.5	40.9	35.8	27.2	24.6	20.9	18.7	12.8	9.5	9.5	6.5	4.5	4.0	1.5	1.0	0.5	0.0
25	26/7/1991	16631'20	18610'10	23.5	76.3	64.3	54.8	51.9	49.1	43.4	34.5	19.4	22.0	18.5	16.5	15.0	13.5	13.0	9.5	6.0
30	6/8/1991	8620'9	10658'22	25.5	34.0	32.9	25.5	21.4	20.0	19.4	18.5	15.0	24.5	15.0	10.0	3.5	2.0	1.0	0.0	0.0
32	7/8/1991	21642'56	23643'42	13.5	72.0	63.5	53.5	35.7	29.7	25.7	17.7	11.1	10.0	9.0	8.0	6.0	5.0	4.5	4.5	3.0
41	18/8/1991	366'52	5642'54	13.5	94.5	82.5	78.1	35.9	34.7	29.5	23.3	12.6	12.5	11.0	10.5	10.5	8.0	6.5	3.5	1.5
46	24/8/1991	10632'20	13650'43	32.5	78.3	70.4	62.0	52.8	47.9	43.4	39.4	24.3	27.0	23.5	23.5	23.0	20.5	16.5	11.5	6.5
53	30/8/1991	0659'53	2625'46	41.0	163.6	140.8	126.0	121.8	106.7	95.1	78.5	39.8	40.5	39.5	39.0	39.0	38.5	38.5	36.5	34.5
60	1/9/1991	3643'21	9620'59	48.5	120.0	98.6	63.9	38.8	29.4	24.0	20.8	14.2	42.5	26.5	20.5	17.5	14.0	11.0	9.5	5.0
64	3/9/1991	0636'52	4638'10	23.0	105.9	94.1	80.3	34.7	33.3	32.5	23.5	13.1	14.0	11.5	11.0	10.5	9.5	8.0	6.5	5.0
68	7/9/1991	20632'42	21624'14	27.5	200.0	196.6	134.2	99.8	78.1	66.6	52.8	0.0	27.5	27.5	27.0	26.5	25.0	22.5	20.0	18.5
71	10/9/1991	21652'9	2363'36	20.5	90.0	87.0	56.8	45.8	35.7	28.3	24.5	19.5	19.5	17.5	16.0	14.0	11.0	10.0	5.0	4.0
88	2/10/1991	17651'17	18613'54	18.0	120.0	163.2	83.8	57.7	60.9	49.9	0.0	0.0	18.0	18.0	17.0	17.0	16.0	15.5	14.5	13.5
93	5/10/1991	21638'22	2269'12	12.0	163.6	136.0	74.1	49.7	38.5	32.6	0.0	0.0	11.5	11.5	9.0	8.5	7.5	7.0	6.0	6.0
95	6/10/1991	2624'55	4656'20	41.5	81.8	67.8	52.2	46.1	43.9	40.4	32.0	26.7	40.8	36.8	32.0	26.5	23.5	18.0	11.5	5.0
98	10/10/1991	2612'28	3611'9	23.5	163.6	147.5	187.7	85.0	65.4	49.9	34.8	0.0	22.5	21.5	20.5	18.5	18.5	18.0	17.5	15.0

Les averses à fortes intensités ont été rares : seules 3 pluies ont dépassé une intensité de 100 mm/h en 5 minutes.

### 3.3.3. Hauteurs limnimétriques

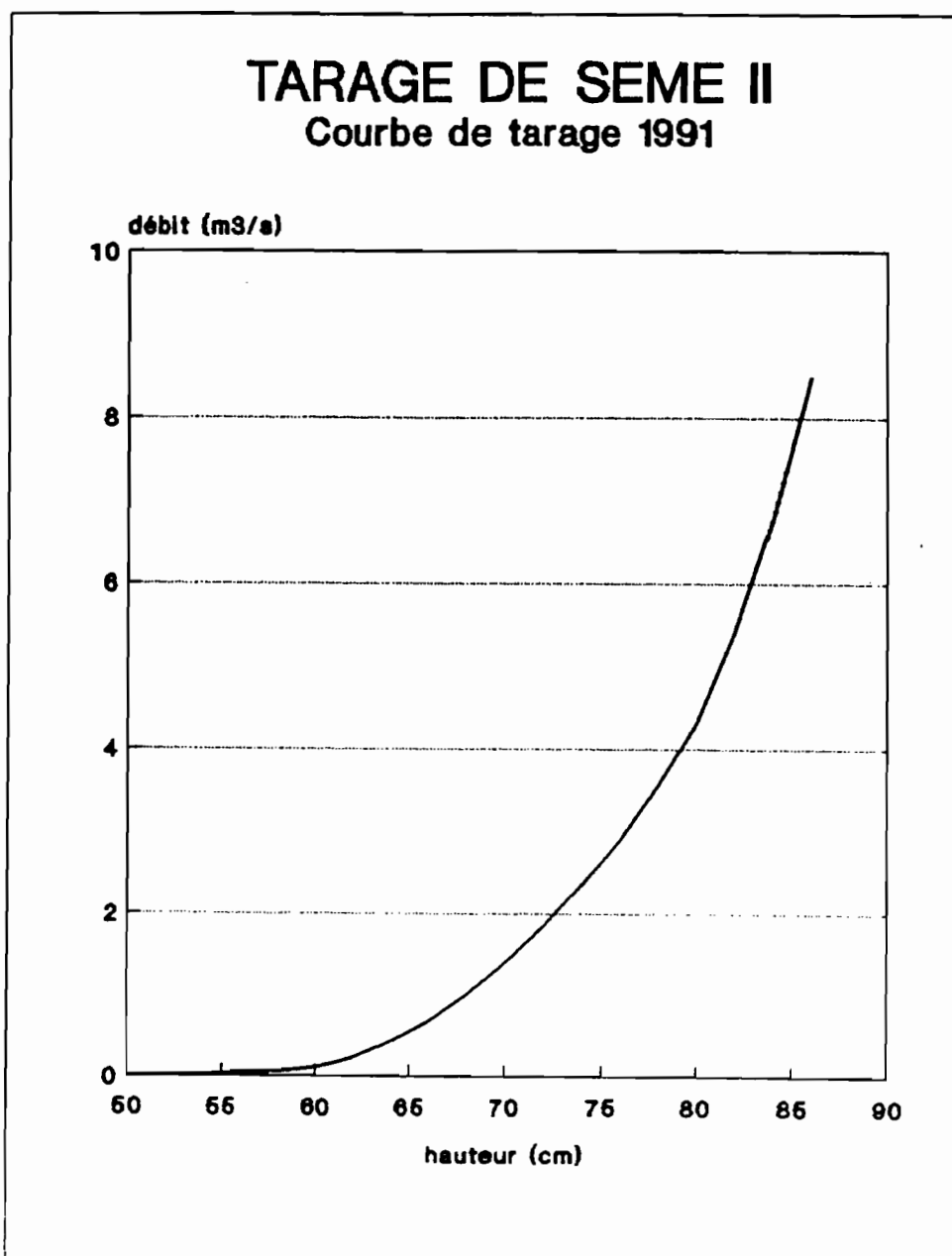
Les cotes limnimétriques ont été enregistrées avec une rotation de 32 h. Un graphique de toutes les cotes instantanées se trouve en annexe (fig. 61).

Le déversement commence à la cote 50 cm. La cote maximale atteinte est 81 cm le 16 Juillet 1991. Jusqu'à fin août, la retenue se vide rapidement après chaque crue. Mais à partir de septembre, avec la remontée de la nappe, la retenue s'est progressivement remplie et a déversé du 6 Octobre au 13 Novembre.

### 3.3.4. Jaugeages et tarage

Plusieurs jaugeages ont été effectués et dépouillés verticale par verticale, à cause des variations de cotes très rapides. La courbe de tarage de la figure 15 a été établie à partir de ces jaugeages qui couvrent toute la gamme des hauteurs instantanées enregistrées cette année.

FIG.15



### 3.3.5 Crues et écoulements

Les caractéristiques des 13 crues observées sont regroupées dans le tableau 13. Les volumes écoulés sont compris entre 126 et 16 390 m<sup>3</sup> (crue du 16 Juillet). 7 d'entre elles ont provoqué un déversement avec des débits de pointe allant de 8 à 4860 l/s.

#### BASSIN VERSANT DE SEME 2

No 1272699220

TAB.13

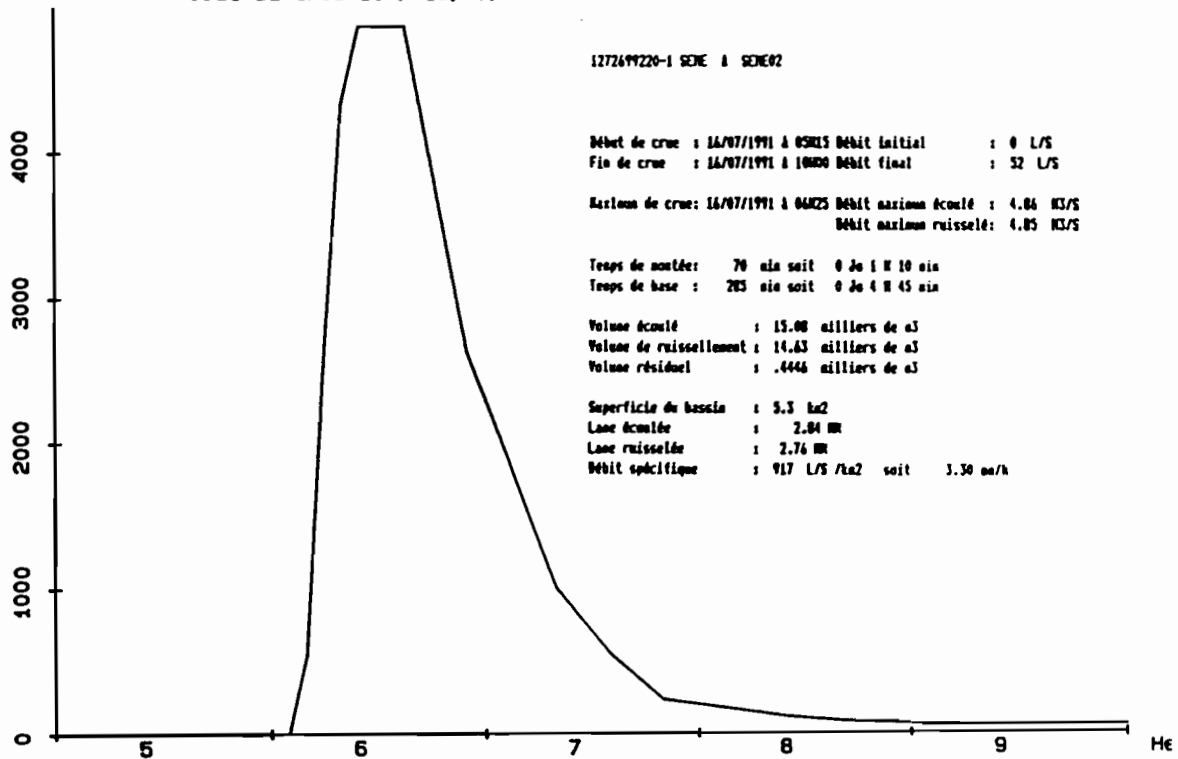
#### Caractéristiques des crues 1991

Date	Heure h.mn	Pmoy mm	Qmd l/s	Vdev m3	Tm h.mn	Tb h.mn	Vet m3	Led mm	Let mm	Ke %	Qspe l/s/km2
01-Jul	02.10	26,2	0	0	-	-	460	-	0,09	0,34	-
10-Jul	11.00	28,8	40	155	00.50	02.00	1465	0,03	0,28	0,97	7,55
16-Jul	05.15	74,7	4860	15080	01.10	04.45	16390	2,84	3,09	4,14	917,00
23-Jul	18.45	23,9	0	0	-	-	1250	-	0,24	1,00	-
26-Jul	16.50	17,5	0	0	-	-	200	-	0,04	0,23	-
06-Aoû	10.12	33,0	0	0	-	-	800	-	0,15	0,45	-
30-Aoû	01.18	35,8	2100	8131	01.02	04.22	9441	1,53	1,78	4,97	396,00
01-Sep	05.22	45,4	0	0	-	-	1180	-	0,22	0,48	-
03-Sep	00.38	32,2	835	6237	01.32	06.32	7447	1,18	1,40	4,35	158,00
07-Sep	20.50	29,6	-	-	-	-	1150	-	0,22	0,74	-
06-Oct	02.25	46,4	160	2500	04.00	14.50	2500	0,43	0,47	1,01	30,20
10-Oct	02.05	18,1	21	900	00.40	15.30	900	0,11	0,17	0,94	3,96
18-Oct	01.35	20,2	8	126	-	-	126	0,02	0,02	0,10	-

La crue du 16 Juillet représente un volume 12 fois supérieur à la capacité de la retenue à la cote de déversement. La figure 16 reproduit l'hydrogramme de cette crue, extrait de la chronique des débits instantanés.

1272699220-1 SEME SEME02  
 dbut du trac 1e : 16/07/1991 10H00 en L/S

FIG.16



Le tableau 14 donne les valeurs des écoulements mensuels et annuels, dont le volume a atteint 53 212 m<sup>3</sup>.

ÉCOULEMENTS MENSUELS A SEME 2  
 ANNEE 1991

TAB.14

Mois	Lame précipitée (mm)	Volume déversé (m3)	Lame déversée (mm)	Ke (%)
Mai	1,1	0	0,00	0,00
Juin	59,8	0	0,00	0,00
Juillet	232,0	15430	2,91	1,61
Août	181,3	8150	1,54	1,06
Septembre	173,9	6313	1,19	1,06
Octobre	120,0	10308	1,94	1,62
Novembre	0,0	3110	0,59	
Année	767,1	43440	8,20	1,30

Le volume total écoulé, qui ne représente que 1.3% du volume des précipitations est égal à 41 fois la capacité de la retenue. Malgré un débit de base soutenu par les apports de la nappe en fin de saison, les écoulements sont très faibles, mais mieux répartis qu'à SEME I.

### 3.4. BASSIN DE DIARABOUGOU

#### 3.4.1. Présentation

Situé à 60 km environ au nord de Bamako, proche de la route de Kolokani, le bassin de Diarabougou appartient aux plateaux de grès dur du pays Manding, dans une zone d'intrusions doléritiques.

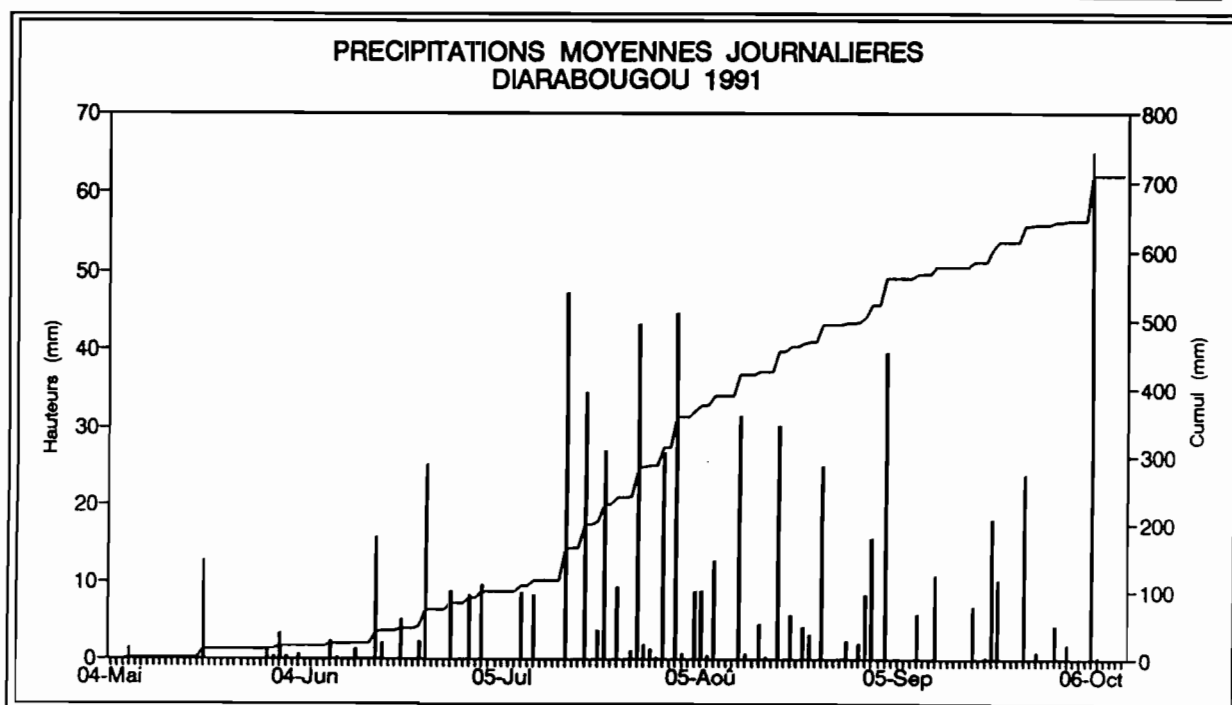
Avec une pluviométrie moyenne annuelle de 781 mm calculée sur 53 années d'observation à Kolokani (de 1923 à 1990), cette région fait partie du domaine soudanien, avec une végétation de type savane arborée et tapis herbacé graminéen.

Le bassin est dans l'ensemble peu pentu, à l'exception de petites collines qui dominent à l'ouest ( $I_g = 6,6$  m/km). De nombreux villages y sont implantés et les cultures sont importantes (maïs, mil, arachide, tomate ...). La carte du bassin et la position des appareils sont représentées sur la figure 17.

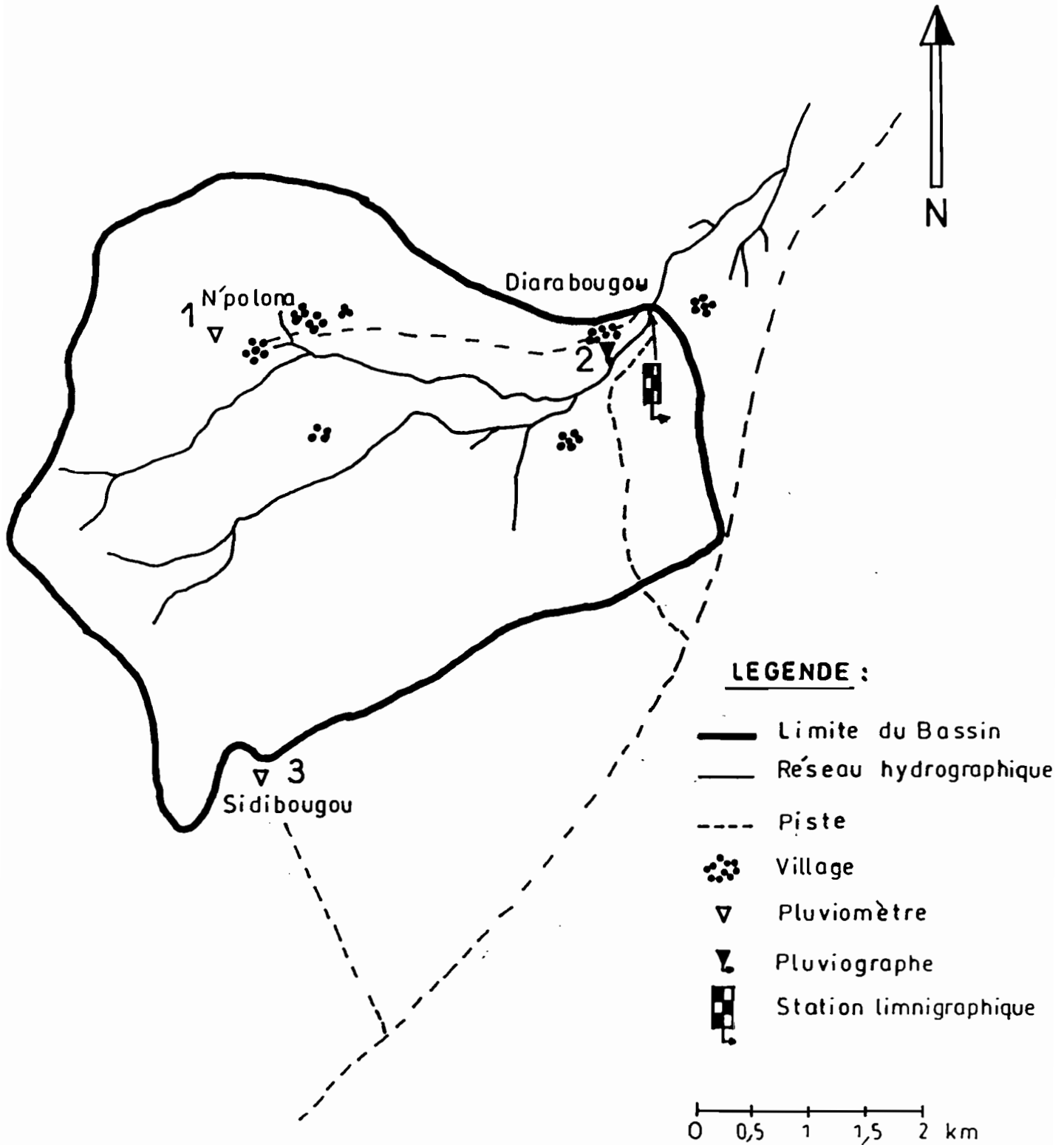
#### 3.4.2. Précipitations

Le tableau 33 du tome 2 et la figure 18 donnent la pluviométrie moyenne journalière observée sur le bassin de Diarabougou du 1er Juin au 10 Octobre 1991, ainsi que les cumuls.

FIG.18



# BASSIN VERSANT de DIARABOUGOU



La répartition des pluies est assez bonne mais la dernière pluie, la plus importante de la saison (65 mm le 06/10) aurait été plus utile pour les cultures si elle avait été répartie sur les mois précédents.

Durant la saison observée, 12 pluies ont dépassé 20 mm dont 4 supérieures à 40 mm.

### **3.4.3. Hauteurs limnimétriques**

La figure 62 de l'annexe représente toutes les cotes instantanées enregistrées par un limnigraphe OTTX avec une rotation journalière.

L'écoulement commence à la cote 10 cm. La crue la plus forte a atteint 205 cm, le 1<sup>er</sup> Août 1991.

Les crues sont rapides et nombreuses, sans écoulement de base.

### **3.4.4. Jaugeages et tarages**

36 jaugeages complets ont été effectués durant la saison entre la cote 11 et 140 cm (cf. liste de jaugeages : Tab 40 des annexes).

La végétation s'est beaucoup développée dans le lit du marigot et les apports en boue sont importants au niveau de la station. C'est pourquoi 2 courbes de tarage ont été établies à partir des jaugeages : la première est valable jusqu'au 29 Juillet, la deuxième à partir du 30 Juillet jusqu'à la fin de la saison.

L'extrapolation des deux courbes au dessus de la cote 141 s'est faite de la façon suivante :

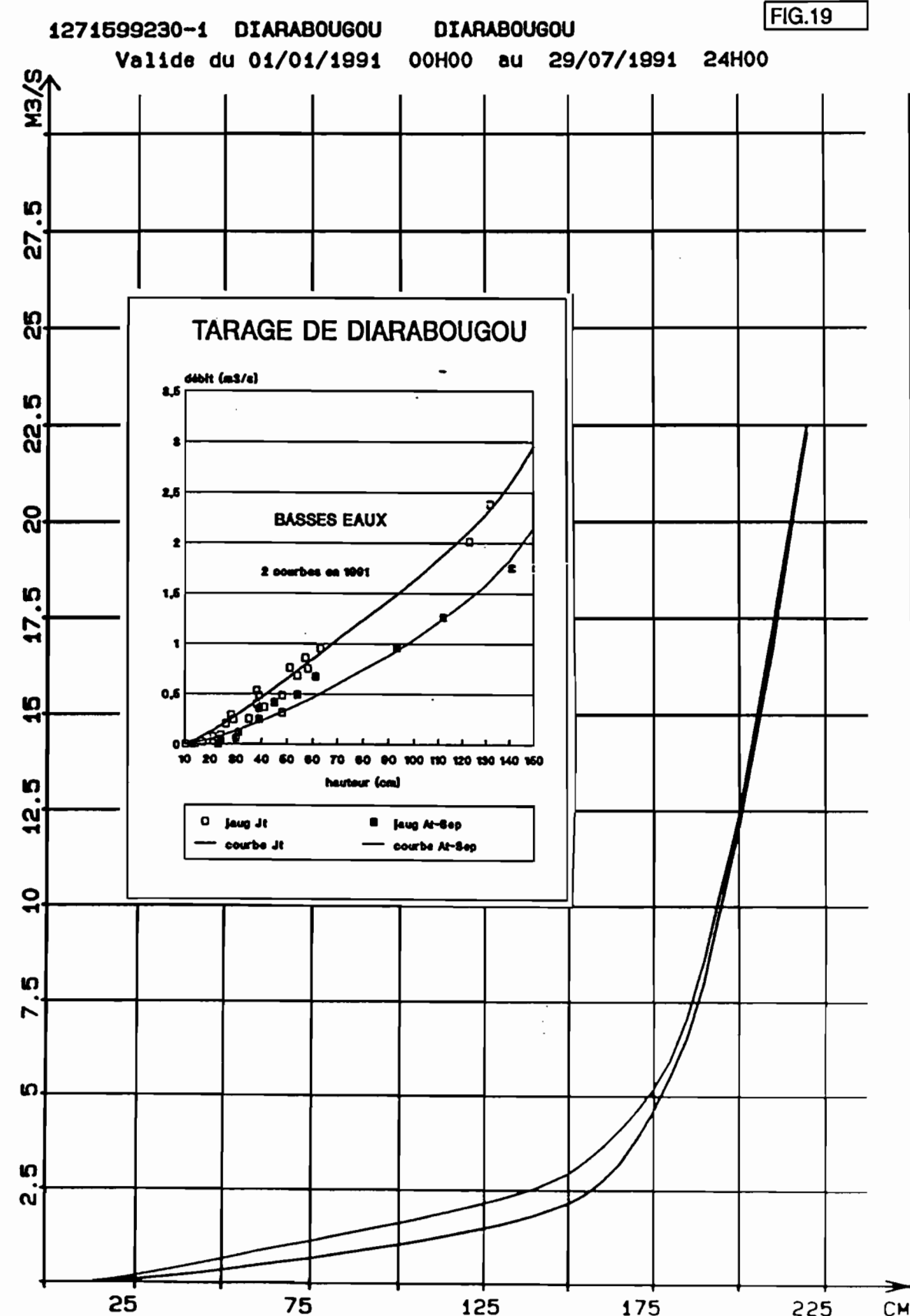
\* Lit mineur : les deux courbes obtenues d'après les jaugeages ont été prolongées jusqu'à la cote 150.

\* Débordements en rives droite et gauche : la formule de Manning Strickler a été appliquée avec un coefficient de rugosité  $K = 10$ , selon la gamme donnée par le BCEOM ("Hydraulique routière"). Des profils en travers et en long ont été exécutés avant et après la saison des pluies.



Le lit majeur n'ayant presque pas changé durant tout l'hivernage, cette extrapolation est valable pour toute la période d'observation.

Les courbes de tarage de la figure 19 ont ainsi pu être établies jusqu'à la cote maximale enregistrée (cote max. = 205 cm).



### 3.4.5. Crues et écoulements

Le tableau 15 regroupe les caractéristiques des 19 crues observées, dont les débits de pointe varient de 0,31 à 14,4 m<sup>3</sup>/s (crue du 1er Août).

#### BASSIN VERSANT DE DIARABOUGOU

TAB.15

No 1271599230

#### Caractéristiques des crues 1991

Date	Heure h.mn	Pmoy mm	Qme m <sup>3</sup> /s	Qmr m <sup>3</sup> /s	Tm h.mn	Tb h.mn	Ve 1000 m <sup>3</sup>	Le mm	Lr mm	Ke %	Qspe l/s/km <sup>2</sup>
19-Mai	00.17	12,7	2,27	2,27	01.18	08.43	11,57	0,56	0,54	4,4	110,2
15-Jun	03.00	15,8	0,88	0,87	01.41	13.00	11,65	0,57	0,48	3,6	42,7
23-Jun	12.52	25,2	4,96	4,95	02.05	09.08	39,72	1,93	1,89	7,7	240,8
15-Jul	16.31		2,62	2,48	02.30	05.02	23,64	1,15	1,02		127,2
16-Jul	00.31	47,1	1,61	1,72	03.29	10.32	33,48	1,62	1,43	5,9	87,9
18-Jul	07.53	34,4	6,64	6,58	01.59	08.37	62,71	3,04	2,92	8,8	322,3
20-Jul	19.05	26,8	3,28	3,20	06.37	12.30	41,09	1,99	1,84	7,4	159,2
23-Jul	14.20	9,3	1,00	0,98	01.20	08.16	13,18	0,64	0,54	6,9	48,5
26-Jul	14.03	43,1	12,90	12,90	02.07	12.42	105,80	5,14	4,96	11,9	626,2
30-Jul	02.00	26,7	4,15	4,01	03.20	09.00	51,04	2,48	2,22	9,3	201,0
01-Août	05.41	44,6	14,40	14,40	02.03	11.49	121,10	5,88	5,76	13,2	699,0
05-Août	12.02	6,9	0,49	0,45	02.21	08.28	6,27	0,30	0,22	3,4	23,7
07-Août	16.52	12,7	0,83	0,78	03.03	08.08	9,62	0,47	0,39	3,7	40,1
11-Août	13.05	31,5	7,13	7,10	01.58	09.55	54,80	2,67	2,54	6,5	346,0
17-Août	04.28	30,2	1,68	1,65	03.15	11.39	24,08	1,17	1,07	3,9	81,6
23-Août	07.58	24,9	1,18	1,14	03.11	10.19	15,73	0,76	0,65	3,1	57,3
02-Sep	22.38	39,5	3,72	3,71	03.20	27.20	43,78	2,13	1,97	5,4	181,0
24-Sep	20.18	23,9	0,25	0,24	02.26	20.20	6,71	0,33	0,27	1,4	12,2
06-Oct	23.20	65,0	1,32	1,31	04.10	18.50	18,53	0,90	0,86	1,4	64,1

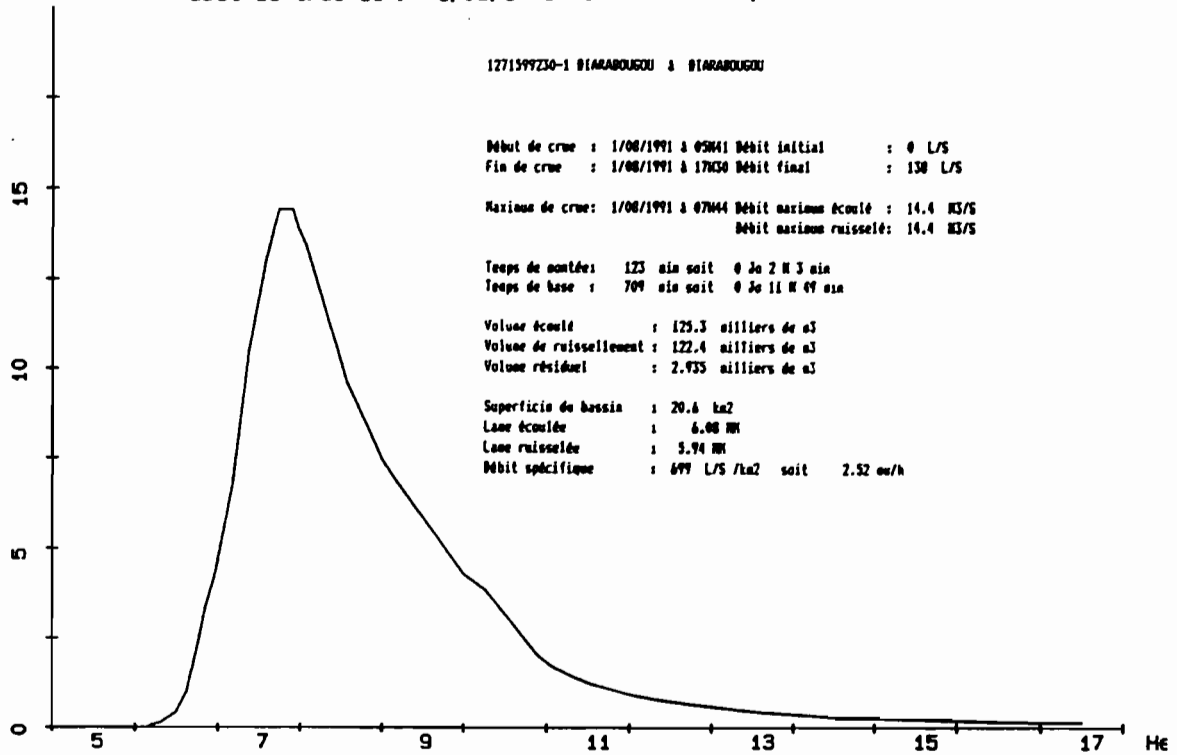
La majorité des crues se regroupe entre le 15 Juillet et le 23 Août. Les coefficients d'écoulement augmentent progressivement pour atteindre un maximum de 13,6%, lors de la crue du 1er Août dont l'hydrogramme est reconstitué sur la figure 20 avec une encart sur ses principaux paramètres.

Le tableau 16 résume les données des écoulements mensuels et annuels. Le volume total écoulé est de 791 000 m<sup>3</sup>, soit une lame d'eau de 38,5 mm qui ne représente que 5,4% de la hauteur totale précipitée.

Près de 60% des écoulements ont eu lieu en Juillet (221 800 m<sup>3</sup>) et Août (193 100 m<sup>3</sup>). Les mesures de la nappe a proximité du marigot ont montré, qu'au maximum de sa remontée, elle n'a pas rejoint le niveau du sol (cote = - 70 cm) et n'a donc pas occasionné d'écoulement de base retardé. Ce bassin, très cultivé, peut être classé comme bassin à sol perméable.

1271599230-1 DIARABOUGOU DIARABOUGOU  
 dbut du trac le : 1/08/1991 17H30 en M3/S

FIG.20



ECOULEMENTS MENSUELS A DIARABOUGOU  
 ANNEE 1991

TAB.16

Mois	Lame précipitée (mm)	Volume écoulé (1E3 m3)	Lame écoulée (mm)	Ké (%)
Mai	19,1	11,9	0,6	3,0
Juin	71,9	54,1	2,6	3,7
Juillet	221,8	352,5	17,1	7,7
Août	193,1	256,9	12,5	6,4
Septembre	136,3	57,0	2,8	2,0
Octobre	66,9	19,2	0,9	1,4
Année	709,1	752	36,5	5,1

## 3.5. BASSIN DE DOUNFING

### 3.5.1. Présentation

Le bassin de Dounfing s'étend entre Bamako et Kati. Il appartient à la zone des grès durs cuirassés des derniers plateaux Manding au relief très marqué qui surplombent le Niger.

Avec une pluviométrie annuelle moyenne de 1047 mm, calculée sur 68 années d'observation (de 1922 à 1990) à Bamako, la région appartient au domaine soudanien avec une végétation de type savane arborée et tapis graminéen.

Le bassin est caractérisé par de fortes pentes ( $lg = 22 \text{ m/km}$ ) et des cultures peu importantes qui se font essentiellement dans les vallées et sur les premières pentes.

Les grès sont recouverts d'un sol latéritique : ils apparaissent uniquement dans les escarpements et les marigots, et semblent très fracturés.

Quelques kilomètres en aval de la station, après avoir dévalé les derniers contreforts du plateau Manding, le Dounfing entre plus calmement dans Bamako pour aller se jeter dans le Niger.

La figure 21 dessine les limites du bassin avec le dispositif expérimental.

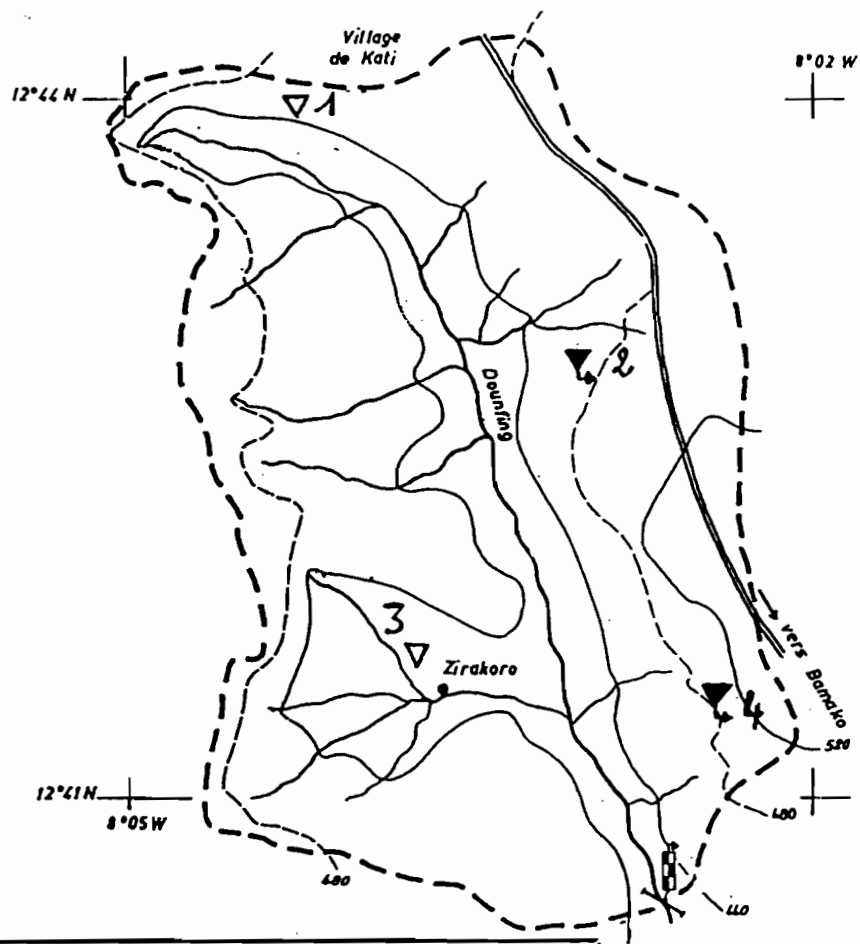
BASSIN REPRÉSENTATIF du DOUNFING

N° de code : MAL\_01

# CARTE TOPOGRAPHIQUE ET D'ÉQUIPEMENT

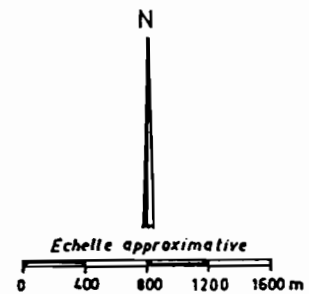
Carte de référence I.G.N. : BAMAKO-OUEST ND 29 IV

Photographies aériennes : I.G.N. M.D. A.O. 1956.57 - N° 321-22, 377-78 = 1/55000



	Pluviomètre		Station hydrométrique d'écoulement naturel.
	Pluviographe		
	Limnigraph		

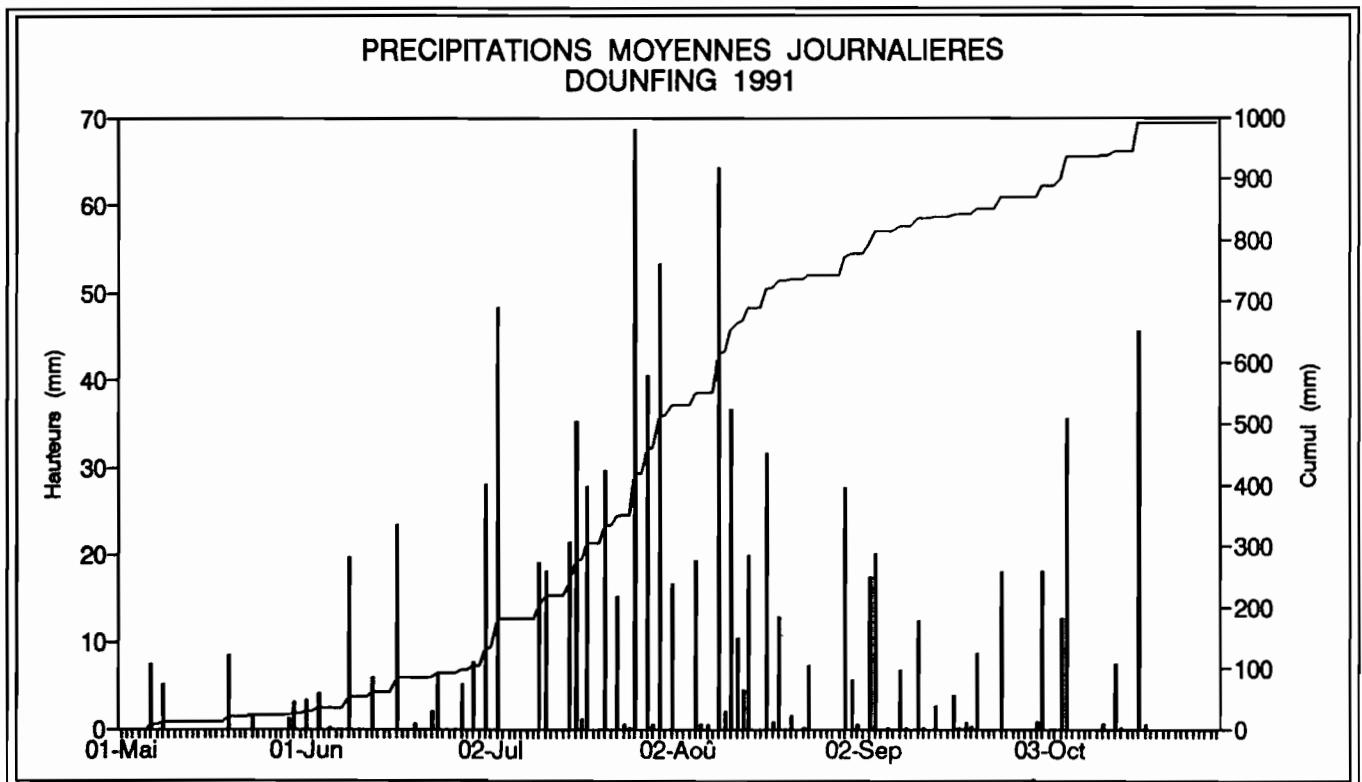
(Le tracé des courbes de niveau est approximatif.)



### 3.5.2. Précipitations

La figure 22 présente la pluviométrie moyenne journalière observée sur le bassin du Dounfing, du 1er Mai au 31 Octobre ainsi que les cumuls.

FIG.22



La répartition des pluies a été excellente, avec de nombreuses averses : 10 averses ont dépassé 30 mm dont 3 sont supérieures à 50 mm. Les deux pluies supérieures à 30 mm du mois d'octobre ont été bénéfiques à une dernière recharge de la nappe.

Le mois de Juillet a été particulièrement arrosé avec un total de 408 mm.

D'une valeur de 990 mm, la lame totale précipitée sur le terrain est supérieure à la valeur observée au poste climatologique de Bamako (880 mm) : l'influence du relief peut être à l'origine de cette différence.

### **3.5.3. Hauteurs limnimétriques**

La figure 63 du tome 2 représente les hauteurs limnimétriques enregistrées par le limnigraphe Chloé au pas de temps de 5 mn du 1er Juin au 30 Novembre. L'écoulement commence à la cote 10 cm. La cote maximale observée a été 149 cm lors de la crue du 26 Juillet.

On observe un débit de base permanent dès le début de juillet, qui augmente jusqu'en août, et se maintient longtemps après les dernières pluies, le 30 Novembre la cote est encore à 15 cm.

### **3.5.4. Jaugeages et tarage**

38 jaugeages complets à gué ont été effectués entre les cotes 11 et 66 cm. Au dessus de cette cote, le relais a été pris par des mesures de surface au moulinet, à partir du pont situé à quelques mètres en amont de la station (la force du courant et l'importance du charriage n'ont pas permis des jaugeages complets).

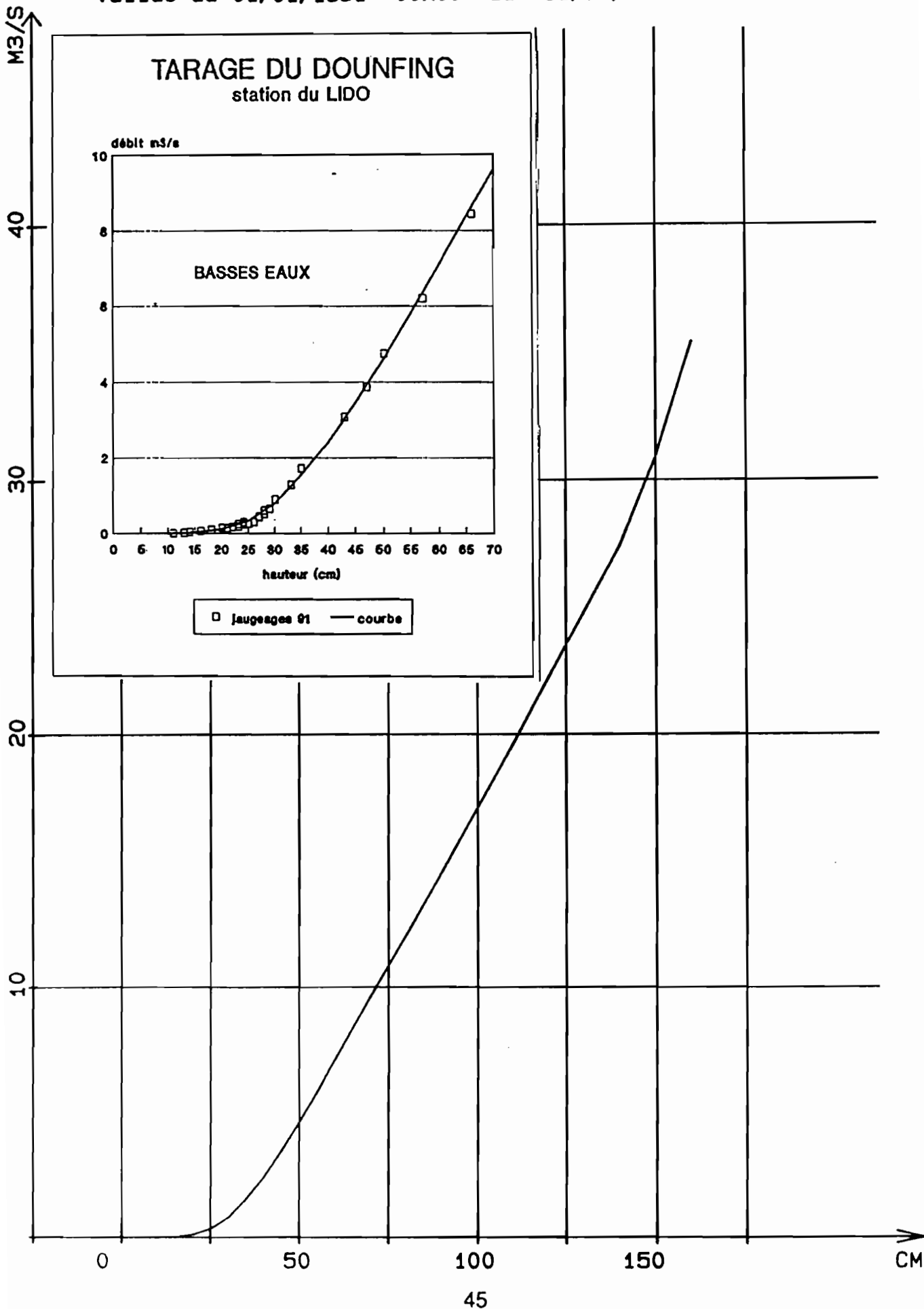
La courbe de tarage des basses et moyennes eaux a été tracée d'après les jaugeages complets.

L'invariance du seuil rocheux a permis de retrouver le calage des échelles de 1955 par superposition des courbes de moyennes eaux : 10 cm de différence ont été trouvés entre le calage des anciennes échelles et celui de 1991. La correspondance s'établit ainsi :

$$\text{Cote 100 cm en 1991} = 90 \text{ cm en 1955}$$

L'extrapolation de la courbe s'est faite à partir des vitesses de surface, en tenant compte des courbes surfaces mouillées/hauteurs aux 2 sections et des rapports vitesses de surface/vitesses moyennes trouvés pour les moyennes eaux.

On a pu ainsi obtenir la courbe de tarage de la fig. 23.





### 3.5.5. Crues et écoulements

Le tableau 17 regroupe les caractéristiques des 22 crues observées, dont les débits de pointe varient de 0,21 à 30,6 m<sup>3</sup>/s (crue max. du 26 Juillet).

#### BASSIN VERSANT DU DOUNFING

TAB.17

No 1271599240

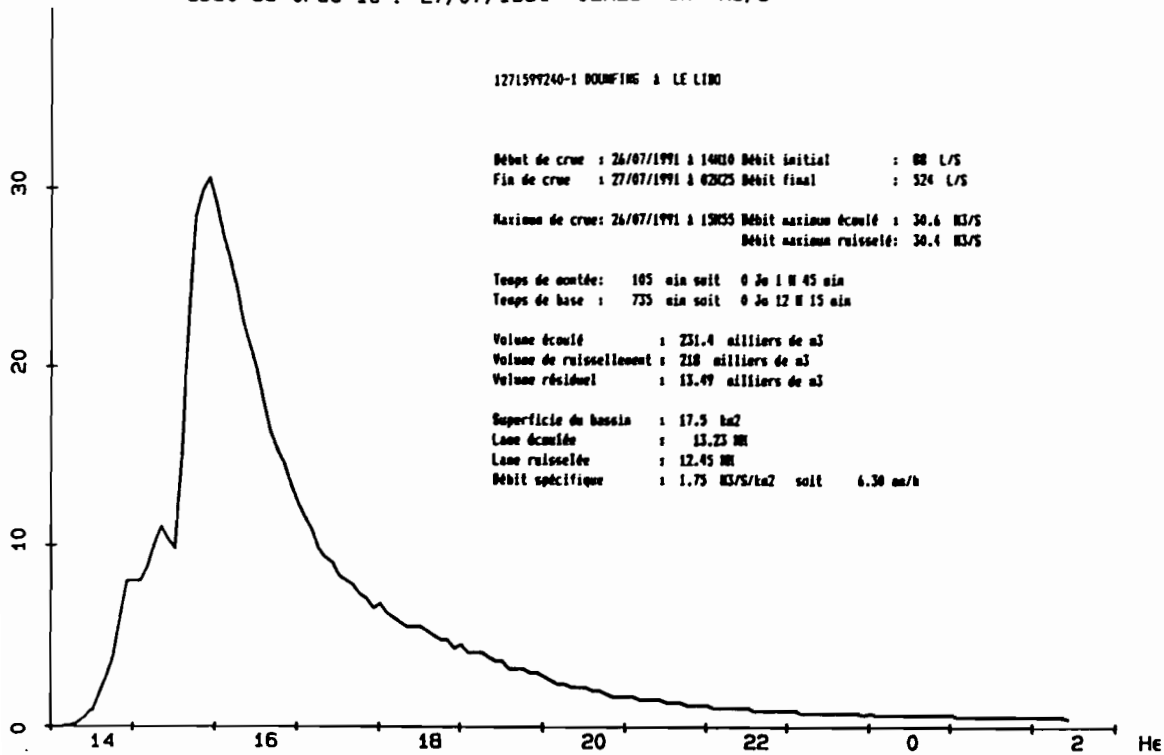
#### Caractéristiques des crues 1991

Date	heure h.mn	Pmoy mm	Qme m <sup>3</sup> /s	Qmr m <sup>3</sup> /s	Tm h.mn	Tb h.mn	Ve 1000 m <sup>3</sup>	Le mm	Lr mm	Ke %	Qspe l/s/km <sup>2</sup>
02-Jul	21.00	48,3	4,14	4,04	02.38	07.40	33,19	1,90	1,66	3,9	237,0
16-Jul	02.40	35,3	2,82	2,67	02.30	11.20	35,19	2,01	1,54	5,7	161,0
18-Jul	08.00	27,8	2,82	2,70	03.00	11.35	34,04	1,95	1,53	7,0	161,0
21-Jul	01.50	29,6	3,91	3,78	03.40	14.10	45,00	2,57	2,04	8,7	223,0
23-Jul	14.35	15,2	0,80	0,69	00.35	04.15	6,42	0,37	0,22	2,4	45,7
26-Jul	14.10	68,7	30,60	30,40	01.45	12.15	231,40	13,23	12,45	19,2	1750,0
27-Jul	13.20	40,5	13,40	13,10	02.00	14.10	127,20	7,27	6,07	18,0	766,0
30-Jul	03.50	53,3	14,90	14,70	01.50	16.20	176,60	10,09	8,86	18,9	851,0
01-Août	07.55	16,7	1,55	1,31	04.15	12.50	25,99	1,49	0,82	8,9	88,6
09-Août	15.40	64,2	19,10	19,00	02.05	14.35	178,00	10,17	9,51	15,8	1090,0
11-Août	13.10	36,7	15,90	15,70	02.20	14.40	143,60	8,21	7,24	22,3	909,0
12-Août	13.40	10,4	0,71	0,37	03.35	11.00	20,83	1,19	0,42	11,4	40,5
14-Août	19.00	19,9	1,40	1,15	03.35	10.45	26,23	1,50	0,89	7,5	80,0
17-Août	05.05	31,6	5,56	5,31	02.30	14.55	77,61	4,43	3,45	14,0	318,0
30-Août	07.15	27,7	0,95	0,67	04.40	08.55	16,61	0,95	0,45	3,4	54,3
04-Sep	04.30	20,1	0,62	0,40	01.40	15.35	21,41	1,22	0,49	6,1	35,2
10-Sep	19.20	12,4	0,52	0,39	05.45	23.50	24,69	1,41	0,71	11,4	29,9
24-Sep	19.55	18,1	0,30	0,16	08.15	23.15	19,99	1,14	0,46	6,3	16,9
02-Oct	14.50	18,1	1,10	0,96	05.30	25.50	37,65	2,15	1,28	11,9	62,9
05-Oct	22.00	35,6	1,10	0,89	10.10	37.50	65,37	3,74	2,12	10,5	62,9
14-Oct	20.50	7,5	0,21	0,09	01.30	16.55	11,06	0,63	0,21	8,4	11,9
18-Oct	05.00	45,5	2,06	1,95	05.15	36.55	65,54	3,75	2,73	8,2	118,0

La répartition des crues est classique, avec une succession de fortes crues entre le 26 Juillet et le 16 Août. L'hydrogramme de la crue du 26 Juillet est reconstitué sur la figure 24. Les coefficients de ruissellement paraissent plus importants cette année que ceux anciennement observés lors de la campagne de 1955.

1271599240-1 DOUNFING LE LIDO  
 dbut du trac le : 27/07/1991 02H25 en M3/S

FIG.24



Le tableau 18 donne les valeurs d'écoulements mensuels et annuels.

ECOULEMENTS MENSUELS DU DOUNFING  
 ANNEE 1991

TAB.18

Mois	Lame précipitée (mm)	Volume écoulé (1E3 m3)	Lame écoulée (mm)	Ke (%)
Mai	27,2	0,00	0,00	0,00
Juin	78,6	0,81	0,05	0,06
Juillet	408,0	903,70	51,64	12,60
Août	263,0	1018,00	58,16	22,10
Septembre	92,2	429,70	24,55	26,60
Octobre	121,4	455,40	26,02	21,40
Novembre	0,0	149,20	8,53	-
	990,4	2956,80	169,00	17,10

Le mois d'août, ayant bénéficié de fortes crues et d'un débit de base maximal, totalise un volume d'écoulement maximum de 1 018 000 m<sup>3</sup>.

Les résultats des trois derniers mois montrent l'importance des réserves de la nappe qui prolongent les écoulements bien après les dernières fortes pluies. En 1991, l'écoulement de la nappe n'a tari qu'au mois de mars.

## 3.6. BASSIN DE BELEKONI

### 3.6.1. Présentation

Avec une superficie de 120 km<sup>2</sup>, le bassin de Bélékoni est le plus grand des bassins étudiés.

Il se trouve à une quarantaine de kilomètres à l'est de Bougouni, sur la rive droite du Banifing. Il fait partie d'une zone de plaines et glacis du socle granité pré-cambrien.

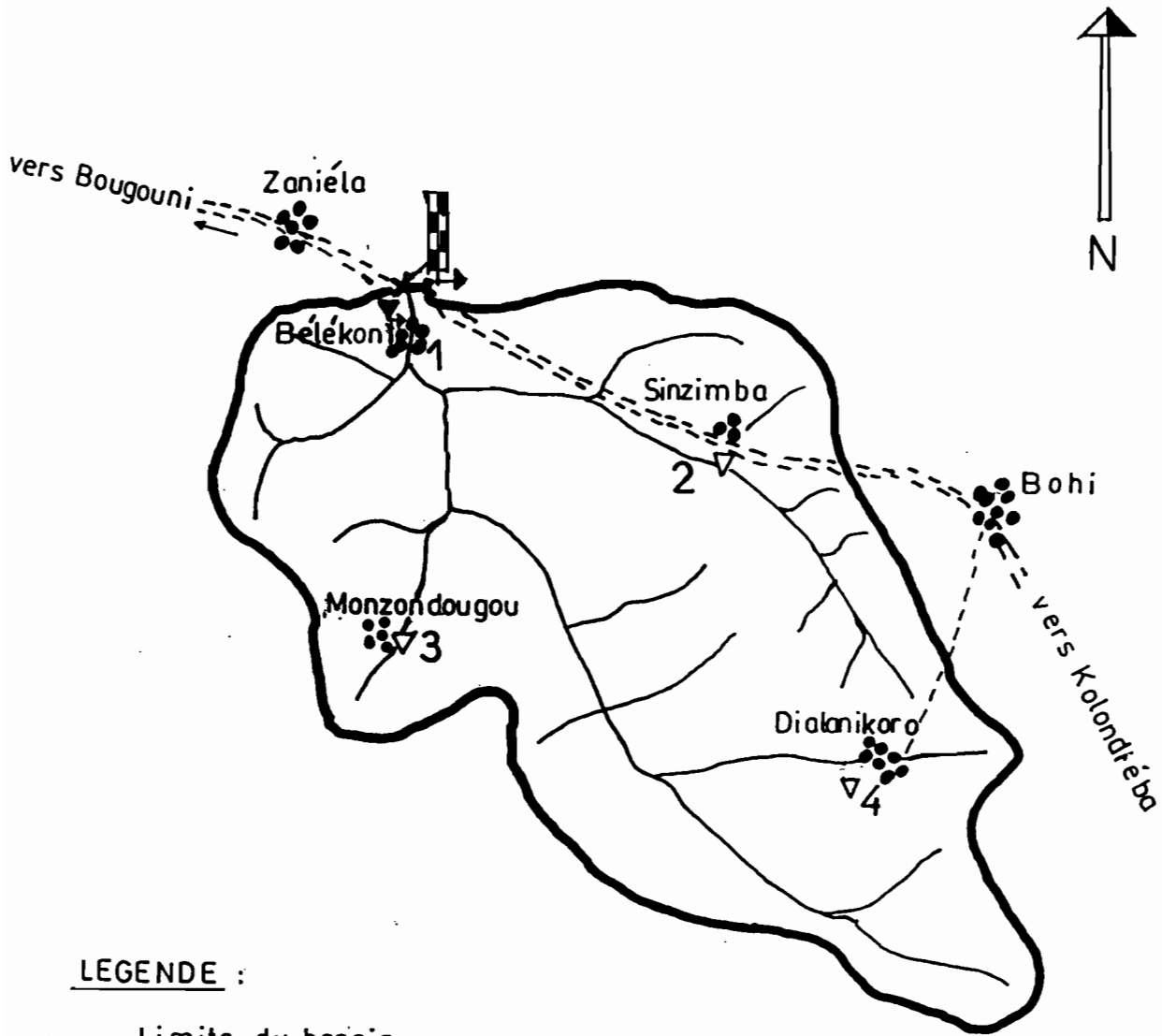
Une pluviométrie annuelle moyenne de 1220 mm calculée sur 70 années d'observation (de 1921 à 1990) à Bougouni classe cette zone dans le domaine soudano-guinéen : la végétation est de type savane arborée et forêt claire, l'activité agricole y est intense (coton, dah, sorgho, maïs..)

Très habité et cultivé, le bassin étudié se compose essentiellement de plaines à faibles pentes à l'exception de quelques talus disséminés ( $I_g = 1,22$  m/km). Il est drainé par un affluent direct du Banifing, appartenant au bassin hydrographique du Bani.

La carte du bassin avec son réseau hydrographique et la position de son dispositif de mesure sont présentés sur la figure 25.

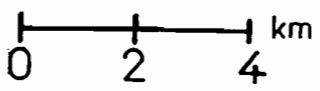
Un bas-fond allongé sert d'axe de drainage principal. Cet axe est constitué d'une succession de mares qui temporisent les crues et stockent un volume d'eau important restitué progressivement et partiellement à l'exutoire en fin d'hivernage.

# BASSIN de BELEKONI



LEGENDE :

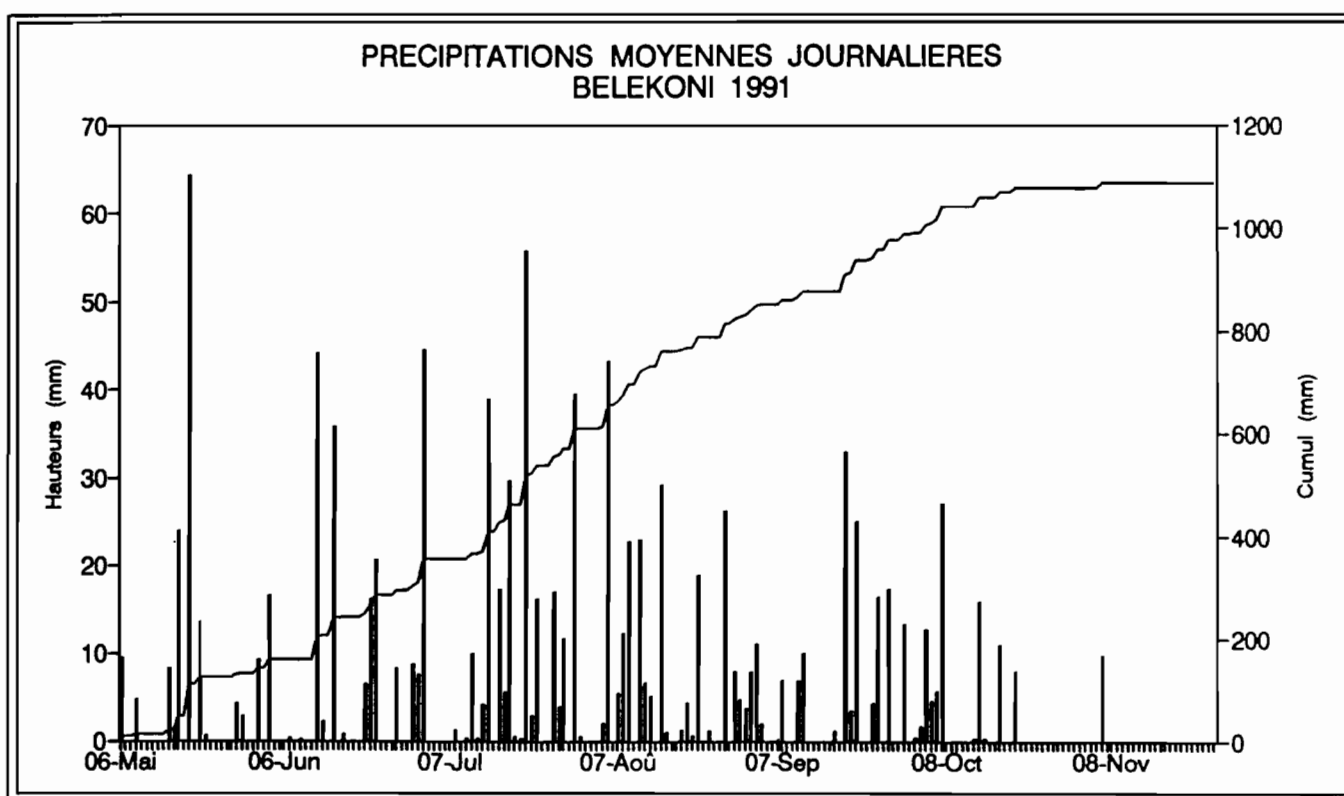
- Limite du bassin
- Réseau hydrographique
- Route
- ▽** Pluviomètre
- ▽** Pluviographe
- ▣** Station limnigraphique



### 3.6.2. Précipitations

Le tableau 35 du tome 2 et la figure 26 donnent les pluviométries moyennes journalières observées sur le bassin de Bélékoni du 6 Mai au 27 Novembre 1991 ainsi que les cumuls. Les postes sont bien répartis sur le bassin mais trop peu nombreux pour suivre avec précision les évènements pluvieux localisés.

FIG.26



La répartition des pluies, caractéristique du régime soudano-guinéen, a été très profitable aux cultures, avec 18 pluies journalières supérieures à 20mm, dont seulement 2 dépassent 50 mm.

Avec un cumul annuel de 1086 mm, c'est le plus arrosé des bassins étudiés.

A Bougouni, une valeur supérieure de 1355 mm a été mesurée cette année.

### **3.6.3. Hauteurs limnimétriques**

De par sa taille (120 km<sup>2</sup>), ce bassin occupe une place un peu particulière dans cette étude. A cause des distances à parcourir, les temps de réponse sont plus grands et les crues plus étalées.

La figure 64 du tome 2 représente toutes les cotes instantanées enregistrées entre le premier Juillet et le 30 Novembre.

L'écoulement commence à la cote 40 cm. Le niveau de l'eau a atteint la cote maximale de 250 cm lors de la crue du 21 Juillet.

Les crues se concentrent entre le début du mois de Juillet et le milieu du mois d'août. Pendant cette période, on observe la progression d'un débit de base alimenté par la nappe, dont la cote maximale dépasse 90 cm au mois d'août et qui perdure encore à la date du 30 Novembre (cote = 46 cm).

### **3.6.4. Jaugeages et tarage**

La station de Bélékoni est particulière à cause de la route à partir de laquelle les jaugeages ont été effectués.

Entre les cotes 40 et 90 cm, l'écoulement se fait uniquement sous le pont routier. De 90 cm à 240 cm, l'eau passe également par les 2 buses situées à gauche du pont. Enfin, à partir de la cote 240, des débordements par dessus la route viennent s'ajouter à l'écoulement principal.

#### **a) Etalonnage du pont**

38 jaugeages complets effectués entre les cotes 51 et 159 cm, ont permis d'établir la courbe d'étalonnage pour les basses et moyennes eaux.

Nous avons retrouvé, par le calcul, exactement la même courbe en utilisant les abaques établies, pour les arches à sortie libre, par le BCEOM ("Hydraulique routière") ; il a donc été possible d'utiliser ces abaques pour extrapoler la courbe jusqu'à la cote maximale observée (250 cm).

#### b) Etalonnage des buses

Quelques mesures de vitesse au moulinet ont permis d'établir la courbe de tarage des buses pour les cotes inférieures à 160 cm.

"L'Hydraulique routière" donne également des abaques pour les buses rondes à sortie libre. Les résultats théoriques sont un peu supérieurs aux résultats expérimentaux à cause du mauvais état des buses ; l'extrapolation s'est faite en prolongant la courbe expérimentale parallèlement à la courbe théorique.

#### c) Les débordements

La courbe de tarage des débordements a été établie à partir d'une estimation de la vitesse et de la courbe hauteurs/surfaces.

La courbe ainsi obtenue est présentée sur la figure 27 avec une précision sur les jaugeages effectués à l'entrée du pont et des buses en basses et moyennes eaux.

L'affaissement de la pente et de la courbe entre les cotes 150 et 240 cm correspond successivement à la mise en charge des buses et surtout au frein que constitue la dalle supérieure du pont à partir de la cote 170 cm.

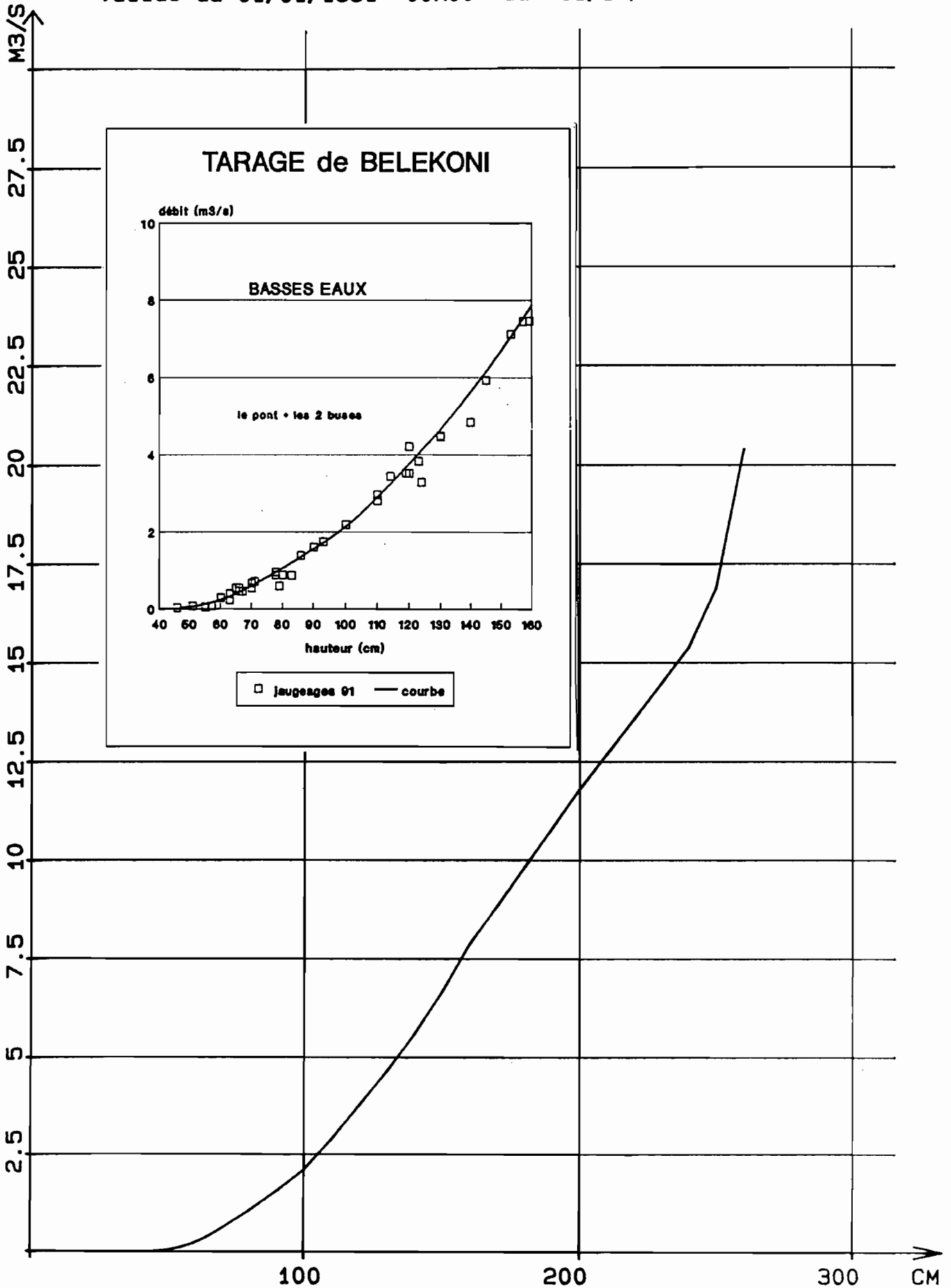
#### **3.6.5. Crues et écoulements**

Le tableau 19 donne les caractéristiques des crues observées, dont les débits de pointe varient entre 0,5 et 16,9 m<sup>3</sup>/s.

La répartition des crues est habituelle de la zone, centrée sur les deux mois abondants, avec des coefficients d'écoulement supérieurs à 10% entre le 18 Juillet et le 14 Août.

Les lames écoulées ne dépassent pas 8,5 mm, valeur observée lors de la crue du 21 Juillet, dont l'hydrogramme est reproduit figure 28.

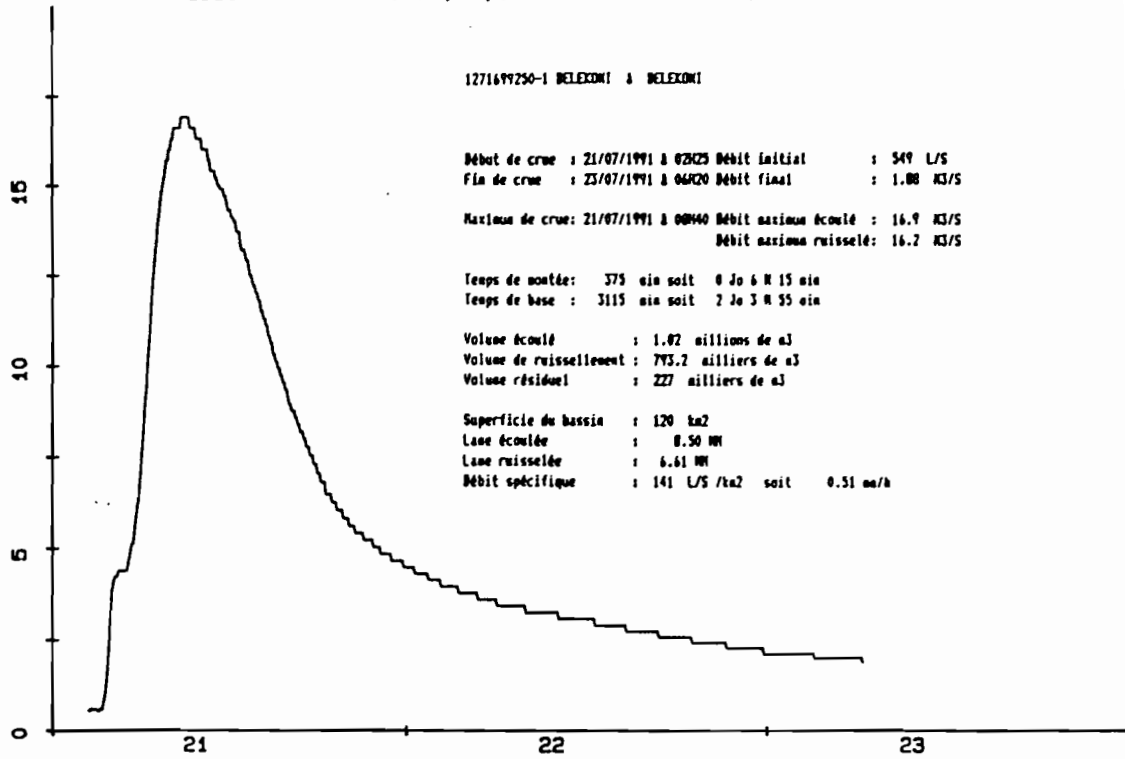
Valide du 01/01/1991 00H00 au 31/12/1992 24H00





1271699250-1 BELEKONI BELEKONI  
 dbut du trac 1a : 23/07/1991 06H20 en M3/S

FIG.28



BASSIN VERSANT DE BELEKONI

TAB.19

No 1271699250

Caractéristiques des crues 1991

Date	Heure h.mn	Pmoy mm	Qme m <sup>3</sup> /s	Qmr m <sup>3</sup> /s	Tm h.mn	Tb h.mn	Ve 1000 m <sup>3</sup>	Le mm	Lr mm	Ke %	Qspe l/s/km <sup>2</sup>
23-Jun	15.45	20.7	1.770	1.600	05.40	36.10	93.02	0.78	0.59	3.8	14.80
03-Jul	03.10	44.5	5.600	5.470	11.40	49.00	355.80	2.97	2.66	6.7	46.70
13-Jul	22.20	38.8	4.030	3.780	10.05	34.20	208.70	1.74	1.40	4.5	33.60
18-Jul	07.40	29.6	7.880	7.550	06.15	55.50	525.30	4.38	3.57	14.8	65.70
21-Jul	02.25	55.7	16.900	16.200	06.15	51.55	1020.00	8.50	6.61	15.3	141.00
23-Jul	11.25	16.2	4.940	3.150	04.35	39.35	429.00	3.58	1.37	22.1	41.20
30-Jul	02.45	39.4	6.560	5.550	15.05	63.55	887.80	7.40	4.37	18.8	54.70
05-Aoû	04.25	43.1	3.060	2.030	05.05	55.30	402.20	3.35	1.40	7.8	25.50
09-Aoû	19.10	22.6	4.290	2.730	06.10	27.05	324.90	2.71	1.24	12.0	35.80
11-Aoû	03.45	22.9	3.760	1.620	15.40	64.40	632.40	5.27	1.36	23.0	31.30
14-Aoû	17.10	29.1	5.810	4.150	04.40	63.40	749.00	6.24	3.07	21.4	48.40
28-Aoû	02.25	26.2	1.550	0.825	06.05	36.35	162.90	1.36	0.46	5.2	12.90
19-Sep	06.25	32.9	0.508	0.200	27.30	40.15	53.14	0.44	0.13	1.3	4.23
21-Sep	01.35	25.0	0.950	0.547	30.57	69.45	175.90	1.46	0.62	5.8	7.92
30-Sep	00.40	13.3	0.860	0.508	00.50	48.55	104.30	0.87	0.33	6.5	7.17
07-Oct	06.45	26.9	0.680	0.401	46.50	107.10	213.40	1.78	0.90	6.6	5.87
14-Oct	21.55	15.7	0.635	0.419	01.40	16.30	25.20	0.21	0.08	1.3	5.29

Le tableau 20 donne les écoulements mensuels et annuels observés entre le 22 Juin et le 30 Novembre 1991.

Le mois d'août, qui a bénéficié d'un débit de base maximal totalise un volume d'écoulement de 4 350 000 m<sup>3</sup>, maximum mensuel avec un coefficient Ke de 16,7%.

La nappe restitue un important volume par un écoulement de base qui dure bien après les dernières crues et est à l'origine des valeurs observées en novembre.

ÉCOULEMENTS MENSUELS A BELEKONI  
ANNEE 1991

TAB.20

Mois	Lame précipitée (mm)	Volume écoulé (1E3 m3)	Lame écoulée (mm)	Ke %
Mai	133,3	-	-	
Juin *	169,8			
	54,1	143	1,19	2,2
Juillet	307,4	4010	33,40	10,9
Août	219,0	4354	36,30	16,6
Septembre	159,0	1086	9,05	5,7
Octobre	87,5	739	6,16	7,0
Novembre	9,8	114	0,95	9,7
Année	836,8	10446	87,50	10,5

\* Mois incomplet : du 22 (installation du Chloe) au 30 juin

### 3.7. BASSIN DE KAMBO

#### 3.7.1. Présentation

Le bassin de Kambo se situe à l'extrême-Sud-Est du Mali près de la sous-préfecture de Kadiolo et proche des frontières ivoirienne et burkinabé. Le socle granito-gneissique est altéré sur une profondeur de 10 à 15 mètres. Cette altérite assez homogène constitue un bon aquifère pour la circulation et les réserves d'eau.

C'est la zone la plus arrosée du Mali avec une moyenne de 1250 mm à Sikasso calculée sur 72 années d'observation (1909-1990). Elle appartient au domaine soudano-guinéen avec une végétation de type forêt claire et savane arborée et une agriculture très développée (maïs, sorgho, coton et riz dans les bas-fonds). Ce bassin fait l'objet d'un suivi hydrologique et agronomique depuis 1988 dans le cadre du projet "Eau-Sol-Plante" et du réseau "R3S" de mise en valeur des bas-fonds, étude menée conjointement par l'IER, le CIRAD et l'ORSTOM.

Le bas-fond allongé et rétréci n'a pas d'entaille et les versants sont en pente douce et régulière des crêtes jusqu'au bas-fond (pentes allant de l'amont à l'aval de 4 à 0,5 m/km).

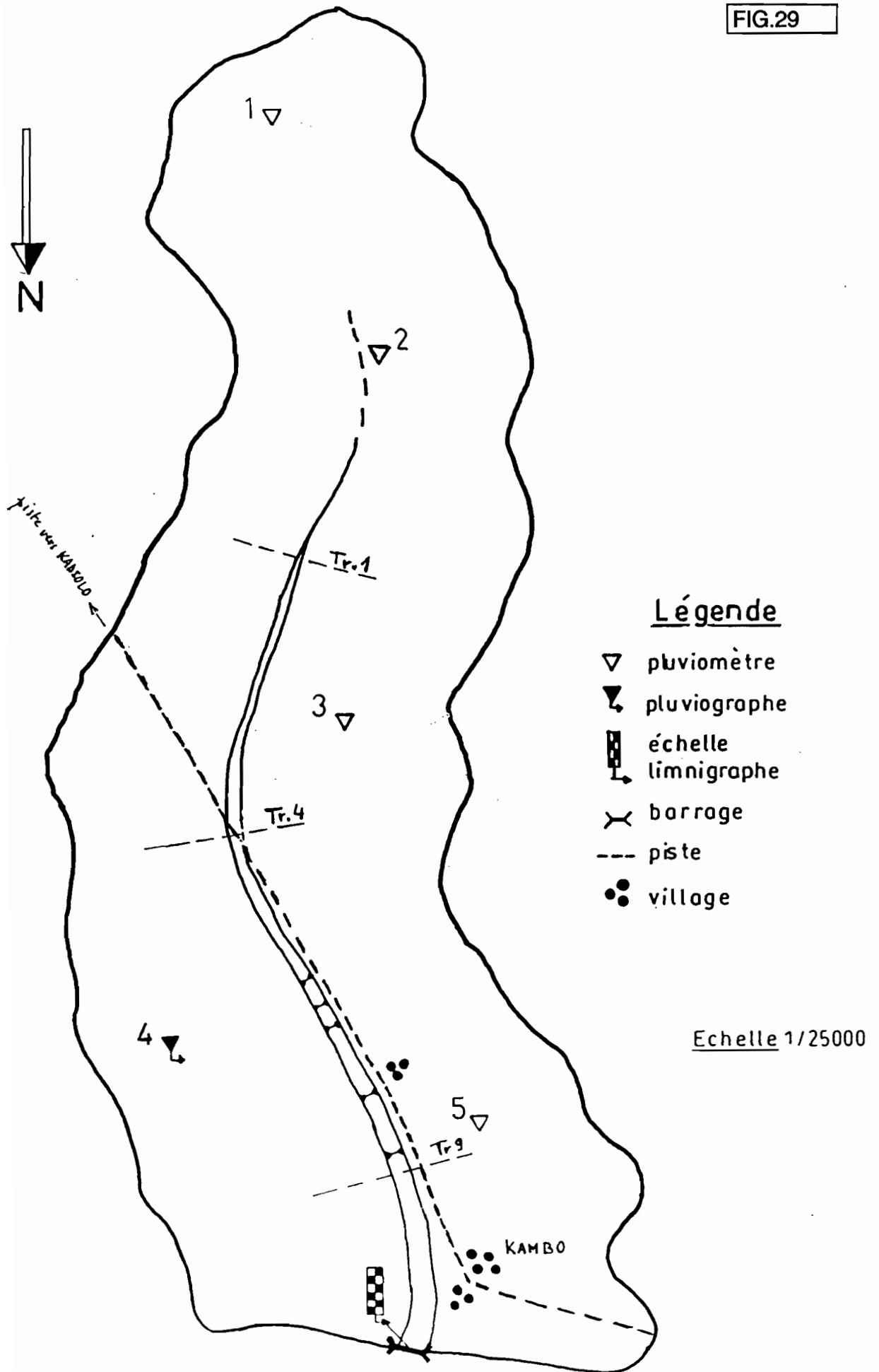
La station limnigraphique est située au niveau d'un petit barrage, type digue déversante de 0,64 m de haut et muni d'une barrière anti-drainage d'argile compactée de 1,70 m de profondeur. Un petit déversoir à 2 vannes permet le contrôle des niveaux d'eau.

Le riz se cultive dans tout le bas-fond, seulement 6 ha sont sous le contrôle du barrage. L'alimentation en eau de ce bas-fond se fait soit directement par la pluie, soit par le ruissellement des versants après une forte averse, soit par un drainage des versants saturés quand la saison des pluies est bien avancée et que la nappe phréatique se trouve à son maximum. Les sols sur les versants sont de type ferrugineux tropical remanié avec un taux élevé de gravillons ferrugineux et peuvent être classés en catégorie perméable d'autant plus que toutes les cultures se font sur billons. Le sol du bas-fond, de type hydromorphe limono-argileux avec une couche argileuse plus épaisse vers l'aval, possède également une forte perméabilité (5,7 à 18 cm/h mesurée par l'IER).

La figure 29 montre la position des appareils et des trois transects piézométriques.

# BASSIN VERSANT KAMBO et BAS-FOND

FIG.29

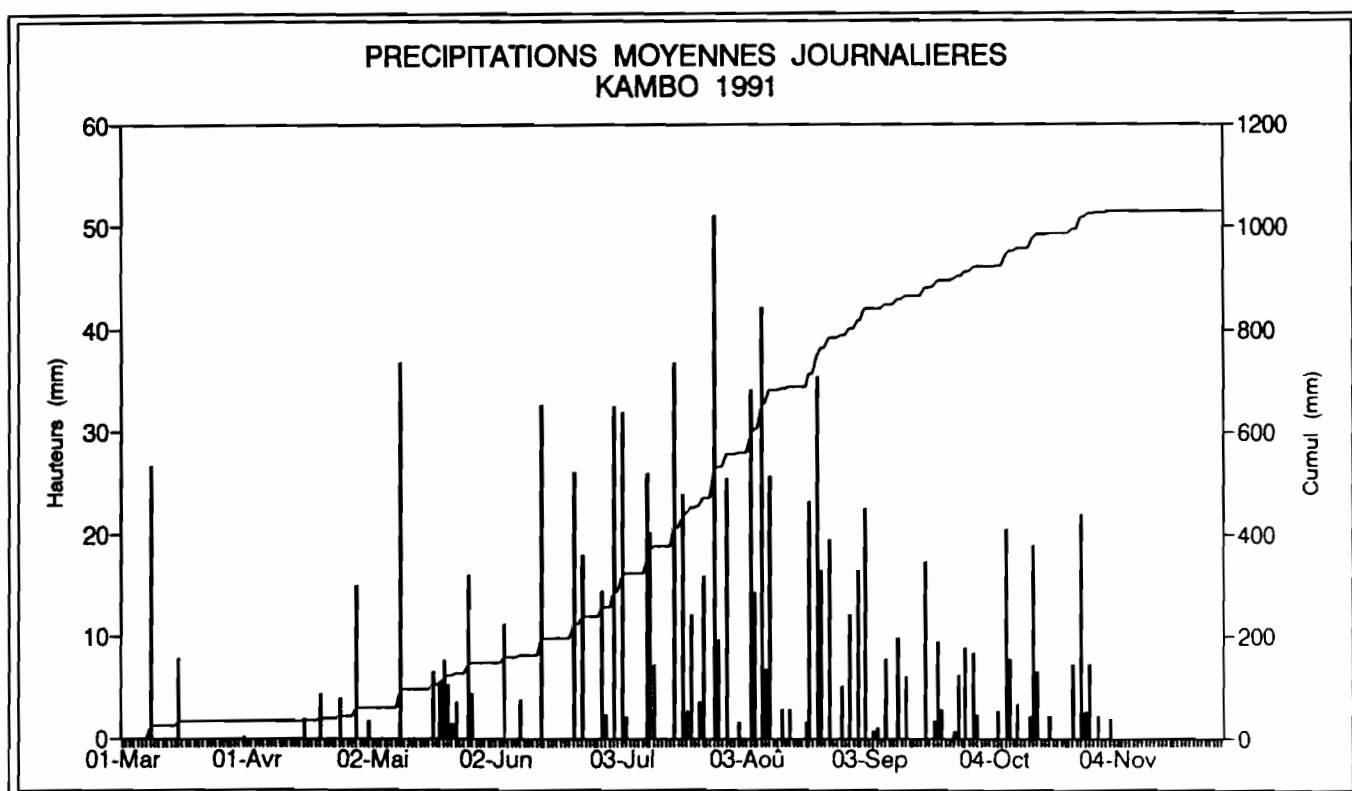


### 3.7.2. Précipitations

Le tableau 36 du tome 2 et la figure 30 ci-après présentent les valeurs des précipitations moyennes journalières. Il y a eu une excellente répartition des pluies dans la saison, favorable aux cultures.

L'averse la plus importante n'a atteint que 51 mm le 26 Juillet. Par contre, il est tombé 20 pluies de plus de 20 mm qui ont bien alimenté la recharge de la nappe des altérites. Le total annuel s'élève à 1029 mm proche de la moyenne du poste climatologique de Kadiolo, 1084 mm pour 32 années.

FIG.30



### **3.7.3. Hauteurs limnimétriques**

Les hauteurs mesurées juste devant le barrage par le OTTX correspondent à la remontée de la nappe entre les cotes - 140 et 0 (niveau du sol), et de 0 à + 64 cm au remplissage de la retenue. Les cotes des vannes vont de 20 à 46 pour la vanne du bas et de 46 à 71 pour la vanne du haut (système à deux demi-vannes superposées).

La figure 65 du tome 2 montre bien la remontée de la nappe par paliers après la mi-juillet. Le premier remplissage n'est atteint que le 12 Août. Il y a eu de très nombreuses manipulations de vannes (plus de 40) durant toute la saison qui ont toutes été notées par l'observateur M. Drissa BERTHE (cf. tab. 53, Tome 2).

La cote maximale de l'année atteinte plusieurs fois n'a pas dépassé 67 cm. En fin de saison (15/10) un morceau de béton de l'arête bétonnée du barrage a sauté et descendu la cote de déversement de 64 à 60 cm.

### **3.7.4. Jaugeages et tarages**

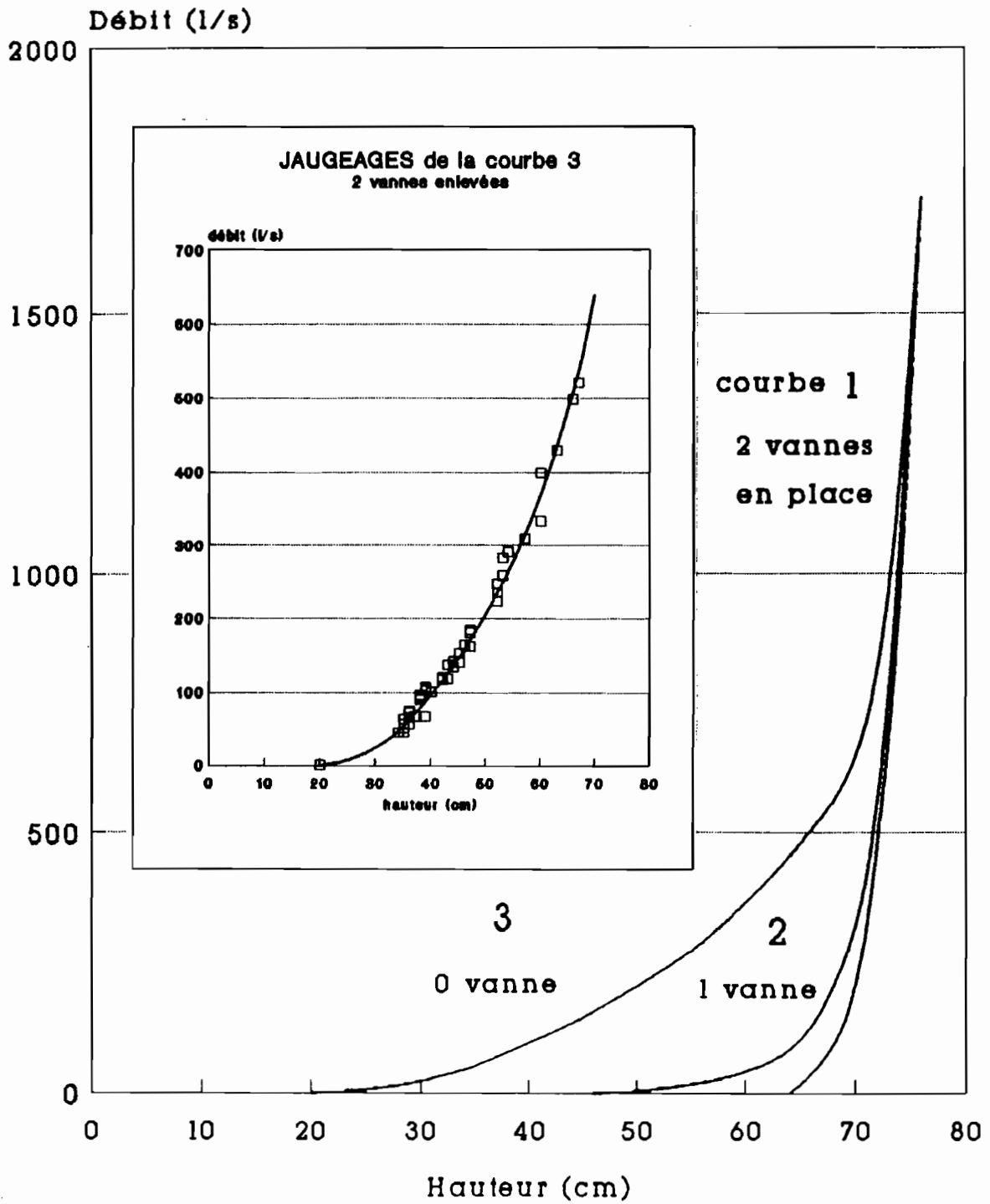
Durant les 2 dernières années d'étude sur ce site, une bonne relation hauteur-débit a été faite pour les 3 cas de figures possibles :

- a) 2 vannes en place et débordement sur la digue (courbe 1)
- b) 1 vanne supérieure enlevée (courbe 2)
- c) 2 vannes ouvertes (courbe 3).

Pour la fin de la saison, un quatrième barème tient compte de la digue abimée. La figure 31 ci-après et le tableau 50 du tome 2 présentent les courbes et les barèmes utilisés pour les traductions cotes-débits.

Le tableau 53 des annexes donnent des précisions sur les dates des ouvertures et fermetures de vannes ainsi que la succession des barèmes applicables.

# TARAGE KAMBO-BARRAGE



### 3.7.5. Crues et écoulements

Dans la chronique des débits instantanés, il a été possible de départager 19 crues dont 5 n'ont pu être rattachées à une pluie (ou épisode pluvieux) car elles correspondent à des ouvertures de vannes décalées par rapport aux précipitations. Les caractéristiques de ces crues sont résumées dans le tableau 21.

Le débit maximal écoulé n'a atteint que 433 l/s le 23/08. Les coefficients d'écoulement les plus forts se situent début août : 15,7% et 20,7% pour les crues des 9 et 13/08. Les temps de montée et de base indiquent un amortissement important dans la retenue et un freinage des écoulements dû aux nombreuses digues de culture (riz dans le bas-fond).

#### BASSIN VERSANT DE KAMBO

TAB.21
--------

No 1271699150

#### Caractéristiques des crues 1991

Date	Heure h.mn	Pmoy mm	Qme m3/s	Qmr m3/s	Tm h.mn	Tb h.mn	Ve 1000 m3	Le mm	Lr mm	Ke %	Qspe l/s/km2
04-Aoû	11.35	48.4	0.220	0.212	08.15	46.25	13.42	1.34	1.00	2.8	22.0
06-Aoû	18.10	42.1	0.220	0.138	23.40	48.30	26.84	2.68	1.23	6.4	22.0
09-Aoû	03.30	32.5	0.389	0.263	10.30	27.30	50.96	5.10	2.46	15.7	38.9
13-Aoû	18.10	2.9	0.103	0.064	03.50	22.50	5.96	0.60	0.22	20.7	10.3
16-Aoû	15.30	**	0.080	0.068	05.30	15.30	2.41	0.24	0.14	-	8.0
21-Aoû	01.10	51.7	0.163	0.076	32.10	46.20	19.60	1.96	0.92	3.8	16.3
23-Aoû	10.30	19.4	0.433	0.326	01.00	17.40	16.67	1.67	0.80	8.6	43.3
25-Aoû	09.10	**	0.349	0.267	02.50	18.30	14.80	1.48	0.73	-	34.9
27-Aoû	13.45	5.0	0.389	0.374	00.45	10.45	8.21	0.82	0.79	16.4	38.9
30-Aoû	17.30	16.5	0.163	0.099	02.30	11.30	4.59	0.46	0.17	2.8	16.3
02-Sep	07.00	22.5	0.103	0.042	36.00	48.10	12.79	1.28	0.34	5.7	10.3
04-Sep	17.15	**	0.103	0.084	02.45	26.05	5.59	0.56	0.30	-	10.3
06-Sep	04.10	7.7	0.080	0.080	20.50	29.50	4.22	0.42	0.42	5.4	8.0
13-Sep	23.50	6.1	0.103	0.062	01.40	07.20	1.96	0.20	0.07	3.3	10.3
14-Sep	11.00	**	0.080	0.043	06.50	19.50	3.78	0.38	0.15	-	8.0
19-Sep	16.30	9.5	0.060	0.020	00.30	14.20	2.48	0.25	0.06	2.6	6.0
29-Sep	22.00	10.7	0.103	0.072	02.30	19.40	3.52	0.35	0.22	3.3	10.3
20-Oct	17.00	31.8	0.068	0.057	02.40	23.30	3.04	0.30	0.24	0.9	6.8
13-Nov	18.00	**	0.181	0.177	00.30	26.00	14.30	1.43	1.39	-	18.1



La figure 32 montre l'ensemble des crues qui ont déversé avec ou sans ouverture de vannes. Le volume total écoulé se monte à 399 900 m<sup>3</sup> soit presque 15 fois la capacité totale de la retenue (27 000 m<sup>3</sup> à la cote 64). Comme on le voit sur le récapitulatif mensuel des écoulements (tableau 22) le mois d'août est celui, de loin, qui a ruisselé le plus alors que les 300 mm du mois de juillet ont tous été absorbés par le sol et ont rechargée la nappe.

La lame écoulée (ou déversée) correspond à 40 mm sur 1029 mm de hauteur de pluie soit un coefficient très faible de 4%.

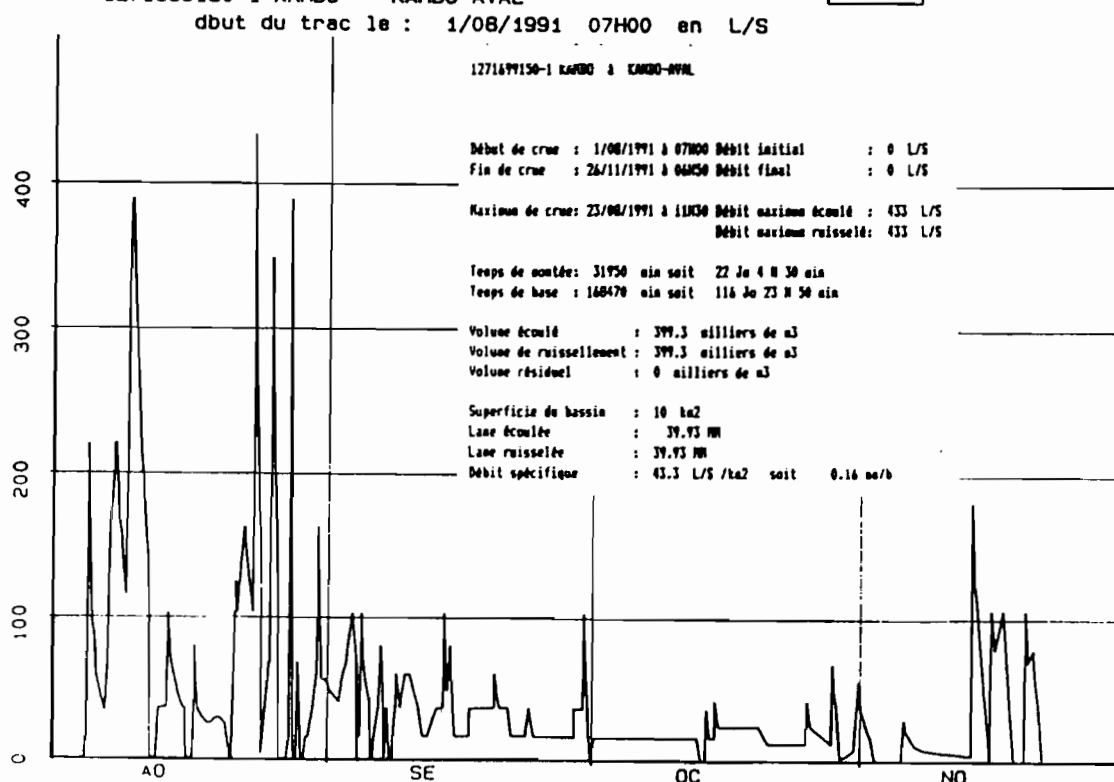
ÉCOULEMENTS MENSUELS A KAMBO  
ANNEE 1991

TAB.22

Mois	Lame précipitée (mm)	Volume déversé 100gm3	Lame déversée (mm)	K dév. (%)
Mars	34,6	0,0	0,0	0,0
Avril	25,2	0,0	0,0	0,0
Mai	88,8	0,0	0,0	0,0
Juin	108,0	0,0	0,0	0,0
Juillet	300,4	0,0	0,0	0,0
Août	259,6	213,4	21,3	10,0
Septembre	105,7	88,7	8,9	8,4
Octobre	105,3	47,2	4,7	4,5
Novembre	1,9	50,0	5,0	-
ANNEE	1029,5	399,3	39,9	3,9

1271699150-1 KAMBO KAMBO-AVAL

FIG.32



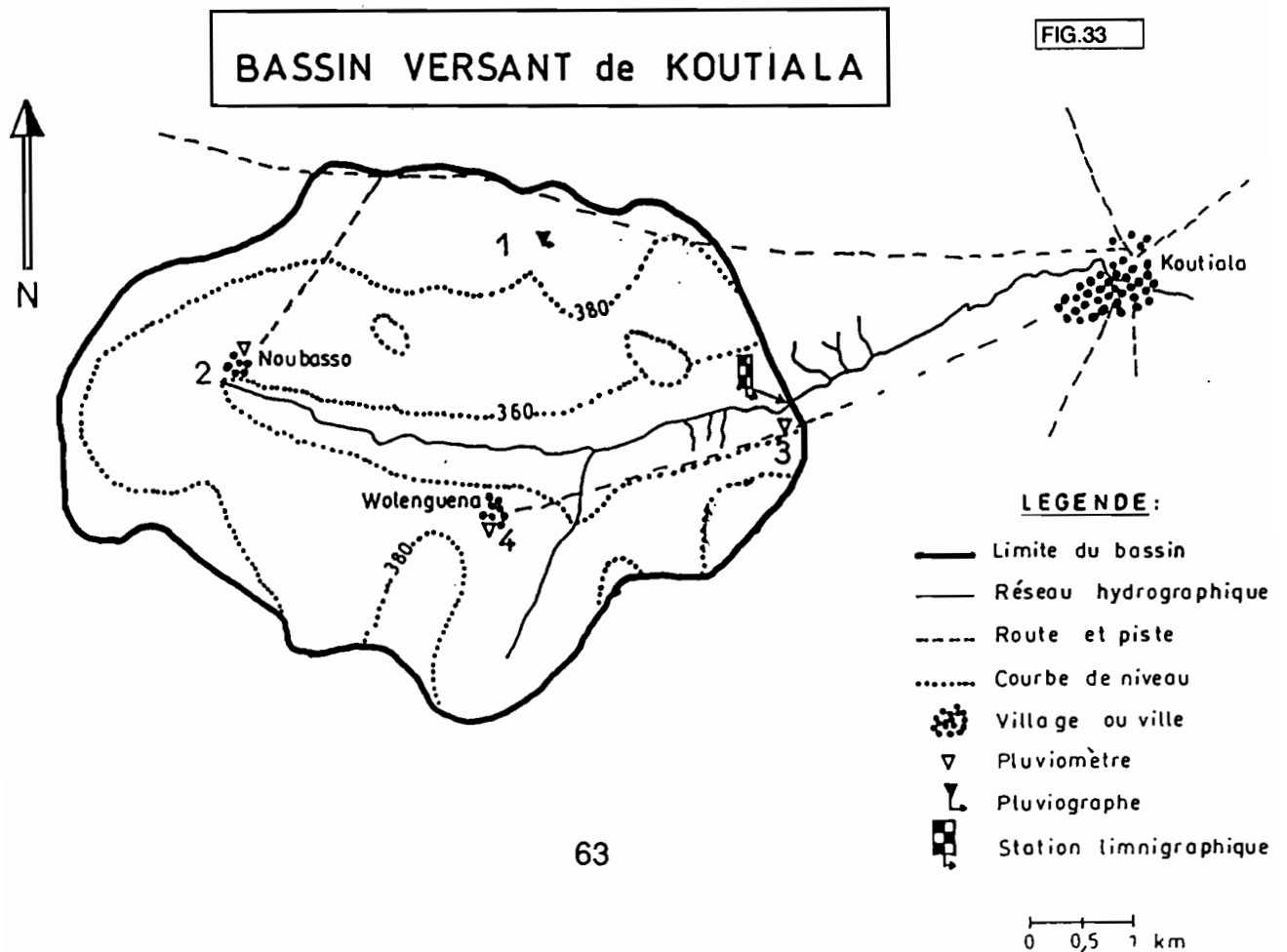
### 3.8. BASSIN DE KOUTIALA

#### 3.8.1. Présentation

Au Sud Est du Mali dans une région très peuplée, Koutiala se trouve sur la zone de grès hétérogènes et friables dits "de Koutiala" qui termine au sud l'ensemble de grès durs du plateau Dogon ; le plateau y est beaucoup plus morcelé et les formes des reliefs gréseux plus molles.

Avec une moyenne annuelle des précipitations de 951 mm calculée sur 69 années (de 1922 à 1990), cette zone appartient au domaine soudanien : la végétation y est de type savane arborée/arbustive avec une agriculture importante (maïs, sorgho, coton ..).

Situé à l'ouest de la ville, le bassin se caractérise par un relief peu marqué ( $I_g = 5,52 \text{ m/km}$ ) des cultures abondantes et des sols fortement latéritiques par endroit. Il est drainé par un marigot au lit très entaillé, dont le fond est constitué de grandes dalles de grès qui assurent un contrôle stable de la station. Les limites du bassin et le dispositif expérimental sont présentés sur la figure 33.



### 3.8.2. Précipitations

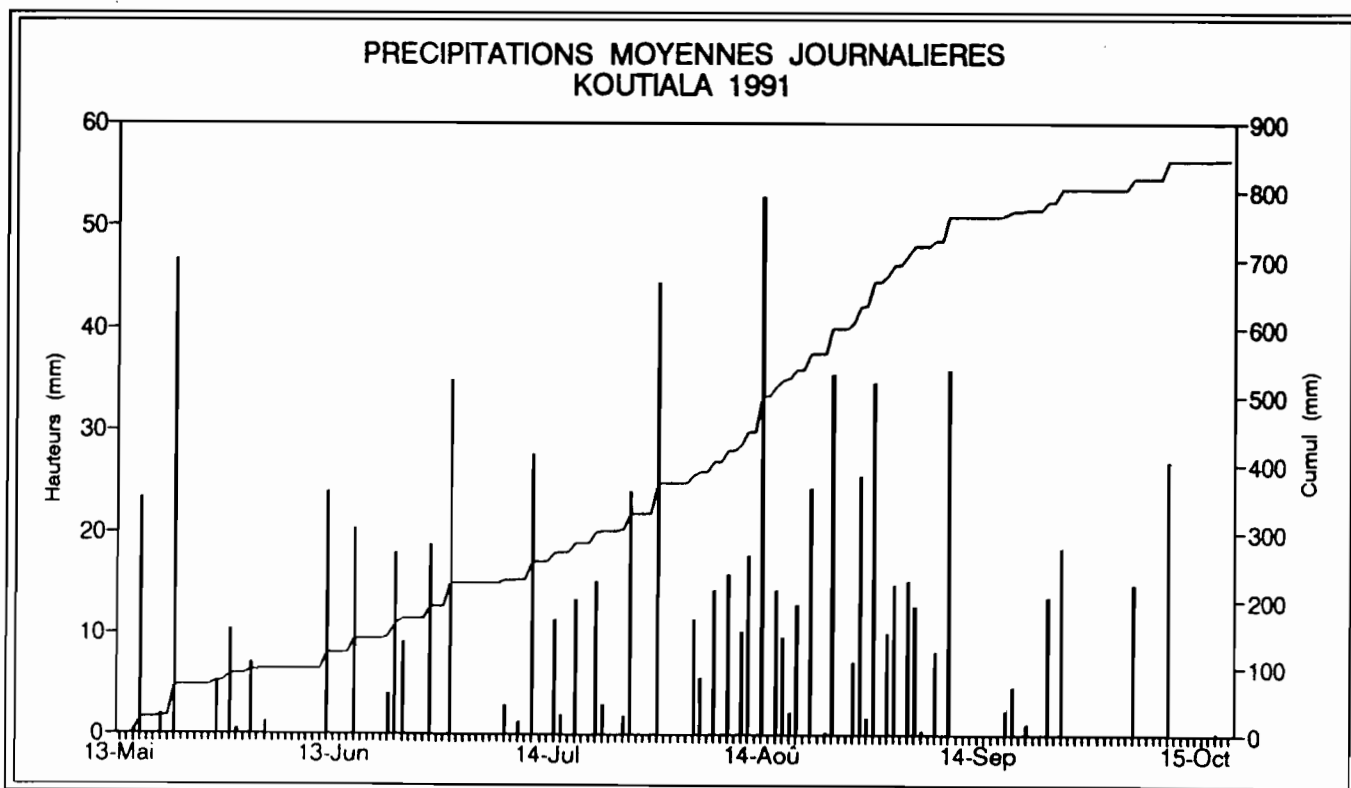
La figure 34 et le tableau 37 du tome 2 présentent la pluviométrie moyenne journalière observée sur le bassin de Koutiala du 12 Mai au 20 Octobre 1991, ainsi que les cumuls.

La répartition des précipitations a été, cette année, favorable aux cultures, avec 15 averses supérieures à 20 mm dont une seule dépasse 50 mm (52,6 mm le 14 Août).

Le mois d'Août a bénéficié d'un nombre important de pluies (15 pluies supérieures à 5 mm) qui totalisent 295 mm.

Avec une valeur de 845 mm, la lame totale précipitée sur le bassin est très proche du total mesuré durant la même période au poste météorologique de Koutiala (840 mm) situé à quelques 5 km de la station.

FIG.34



### **3.8.3. Hauteurs limnimétriques**

La figure 66 du tome 2 représente les cotes instantanées enregistrées par le Chloé au pas de temps de 3 minutes et au seuil de 1 cm du 24 Juin au 30 Octobre 1991.

L'écoulement commence à la cote 115 cm à l'échelle (élément 1-2) placée en rive droite.

La crue du 14 Août atteint la cote maximale de 215 cm, cote à laquelle il n'y a pas encore de débordements. Les crues sont nombreuses, rapprochées et pointues. Même à la fin de la saison, la nappe souterraine n'atteint pas le niveau du lit du marigot et ne peut assurer d'écoulement de base à notre station.

### **3.8.4. Jaugeages et tarages**

19 jaugeages complets ont été effectués entre les cotes 118 et 173 cm à partir desquels la courbe de tarage des basses et moyennes eaux a été établie. Pour les cotes supérieures, des mesures de vitesses superficielles aux flotteurs ont pris le relais, ce qui a permis une extrapolation jusqu'à la cote 220, d'autant plus précise qu'il n'y a pas de débordements à cette cote.

Sur la figure 35, on peut voir les résultats des jaugeages sur la courbe de basses eaux et la courbe entière adoptée pour 1991.

### **3.8.5. Crues et écoulements**

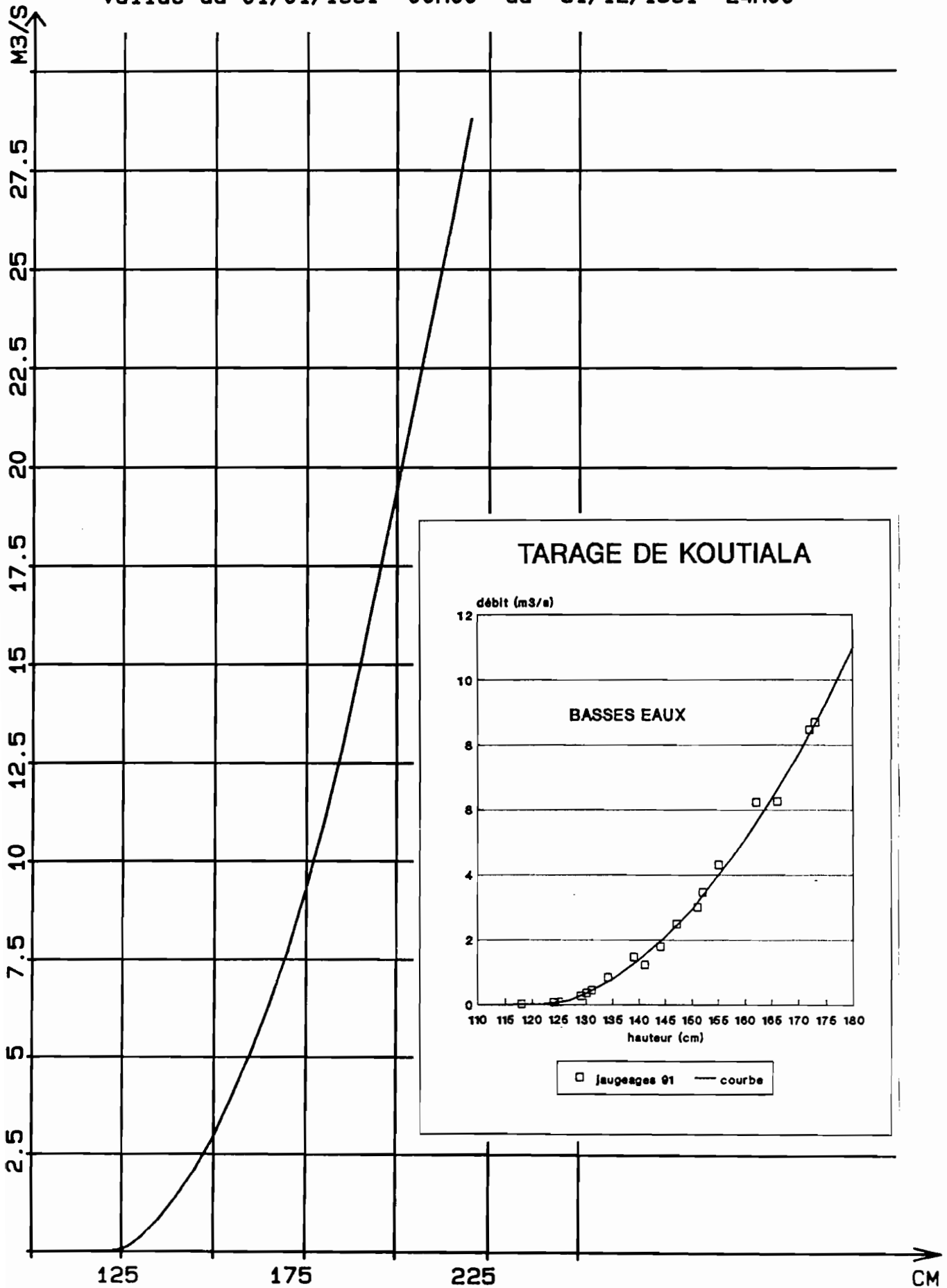
Le tableau 23 regroupe les caractéristiques des 27 crues observées, dont les débits de pointe varient de 0,350 à 26,3 m<sup>3</sup>/s (crue maximale, le 14 août).

Presque toutes les pluies supérieures à 10 mm ont provoqué un écoulement (27 crues sur 34 pluies journalières supérieures à 10 mm), ce qui explique la fréquence des crues. Les coefficients d'écoulement compris dans une gamme de 0,8 à 19% ne montrent pas d'évolution particulière tout au long de la saison et semblent plutôt dépendre de la forme des averses. Les abords dénudés du marigot favorisent également un ruissellement localisé et rapide.

1271699260-1 KOUTIALA KOUTIALA

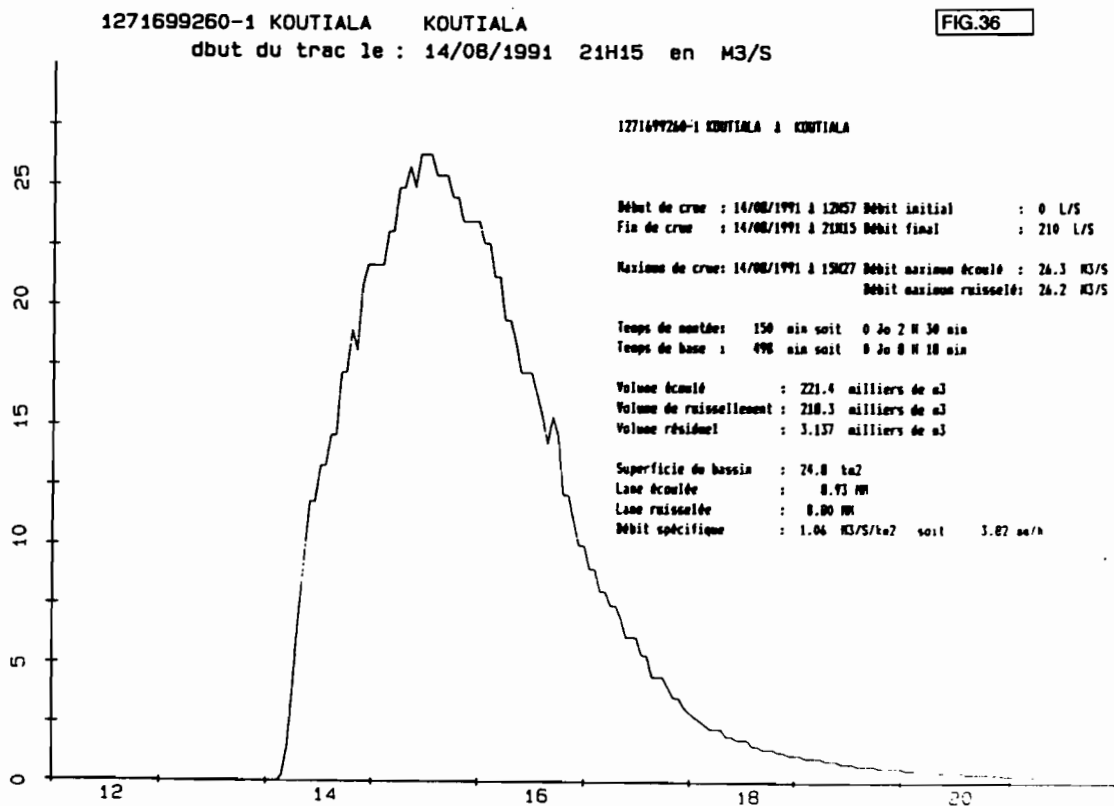
FIG.35

Valide du 01/01/1991 00H00 au 31/12/1991 24H00



Date	Heure h mn	Pmoy mm	Orme m3/s	Omr m3/s	Tm h mn	Tb h mn	Ve 1000 m3	Le mm	lr mm	Ke %	Qspe l/s/km2
27-Jun	10.16	18.7	2.78	2.77	00.33	06.27	18.23	0.74	0.74	3.9	112.1
30-Jun	17.15	34.8	14.60	14.60	01.24	06.33	107.50	4.33	4.27	12.5	566.7
12-Jul	15.39	27.5	8.66	8.64	00.42	06.06	51.09	2.06	2.00	7.5	349.2
15-Jul	12.09	11.3	0.35	0.33	01.18	05.30	3.30	0.13	0.11	1.2	14.1
18-Jul	08.33	13.4	0.35	0.32	02.18	05.42	3.13	0.13	0.10	0.9	14.1
20-Jul	22.03	15.1	2.27	2.22	00.51	04.57	23.30	0.94	0.84	6.2	91.5
26-Jul	09.06	23.9	1.96	1.91	02.06	06.27	17.80	0.71	0.64	3.0	79.0
29-Jul	21.00	44.3	11.80	11.80	01.48	08.18	114.30	4.61	4.48	10.4	475.8
04-Août	13.00	11.3	0.71	0.70	00.24	03.48	3.52	0.14	0.12	1.3	28.6
07-Août	10.18	14.3	0.53	0.49	01.27	05.00	5.59	0.23	0.17	1.6	21.4
09-Août	00.03	15.9	0.80	0.68	02.48	04.45	6.10	0.25	0.17	1.5	32.3
11-Août	08.33	10.1	1.82	1.77	00.21	02.09	6.60	0.27	0.23	2.7	73.4
12-Août	01.12	17.7	0.80	0.67	03.12	06.18	7.09	0.29	0.20	1.6	32.3
14-Août	12.57	52.6	26.30	26.20	02.30	08.16	221.40	8.93	8.80	17.0	1080.5
16-Août	22.42	14.3	1.54	1.52	00.21	03.39	9.71	0.39	0.39	2.7	62.1
17-Août	10.57	9.6	0.71	0.66	02.27	05.45	7.47	0.30	0.25	3.1	28.6
19-Août	15.15	12.8	0.53	0.49	00.42	02.57	2.54	0.10	0.08	0.8	21.4
20-Août	20.16	24.3	6.62	6.60	00.54	06.21	50.70	2.04	1.98	8.4	266.9
24-Août	03.15	35.3	6.02	7.95	02.06	07.51	95.10	3.83	3.67	10.9	323.4
28-Août	02.33	25.4	5.35	5.33	00.45	07.33	44.90	1.81	1.70	7.1	215.7
30-Août	17.54	34.5	6.34	8.27	03.45	11.03	106.40	4.29	4.12	12.4	336.3
02-Sep	07.03	14.6	1.96	1.96	00.21	12.08	19.50	0.79	0.73	5.3	79.0
03-Sep	23.03	15.1	6.10	6.00	01.57	12.42	70.70	2.85	2.76	18.9	246.0
04-Sep	21.30	12.7	4.00	3.98	01.21	13.12	47.30	1.91	1.79	15.0	161.3
10-Sep	15.54	35.7	8.02	8.00	03.06	14.24	99.10	4.00	3.89	11.2	323.4
26-Sep	17.12	18.4	1.16	1.14	01.00	05.21	11.30	0.46	0.41	2.5	46.8
11-Oct	10.15	26.8	5.35	5.35	00.39	10.06	38.70	1.56	1.53	5.8	215.7

La figure 36 reproduit l'hydrogramme de la crue du 14 Août, qui a atteint un volume écoulé de 221 400 m<sup>3</sup>, soit un coefficient Ke de 17%.



Le tableau 24 résume les écoulements mensuels et annuels du 24 Juin au 21 Octobre.

ÉCOULEMENTS MENSUELS A KOUTALA TAB.24  
ANNÉE 1991

Mois	Lame précipitée (mm)	Volume écoulé (1E3 M3)	Lame écoulée (mm)	Ké (%)
Mai	86,3	-	-	-
Juin *	136,2	-	-	-
Juillet	53,4	126,4	5,10	9,6
Août	144,9	221,6	8,94	6,2
Septembre	294,6	600,6	24,22	8,2
Octobre *	136,0	257,5	1,38	7,6
	41,6	39,4	1,59	3,8
Année *	839,6			
	670,5	1245,5	50,23	7,5

\* Mois incomplets : Juin : du 24 au 30 (Écoulements)  
Oct. : jusqu' au 21 (Écoulements et pluviométrie)  
Année : du 24/06 au 21/10

Avec une lame écoulée de 50,2 mm, qui ne représente que 7,5% de la hauteur précipitée totale, ce bassin très cultivé peut être défini comme assez perméable ; malgré le grand nombre de crues, les volumes écoulés sont faibles, d'autant plus que la nappe n'a pas eu cette année d'influence sur l'écoulement.

### 3.9. BASSIN DE SINKORONI

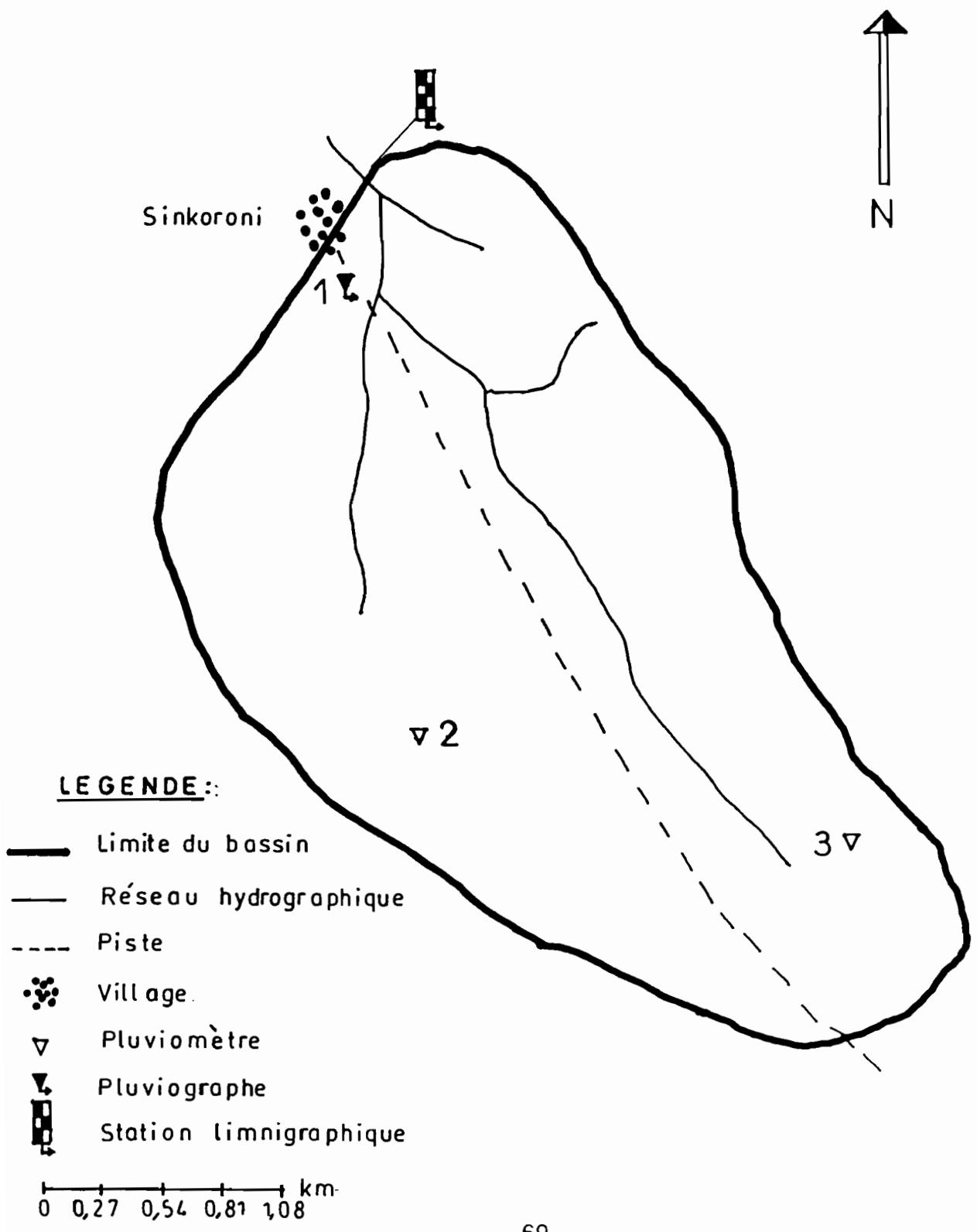
#### 3.9.1. Présentation

Situé à 70 km de MOPTI et proche de la route SEVARE-SAN, le bassin versant de SINKORONI (ex-KOUMBAKA III de 1956-1957) appartient aux premiers contreforts occidentaux des plateaux de grès dur du pays DOGON dans une zone encore sans grand relief.

La pluviométrie moyenne annuelle sur 69 années d'observation à MOPTI, se monte à 504 mm. Cette valeur classe la région dans le domaine sahélien avec une végétation de type steppe arbustive et une agriculture peu intense (mil et arachide).

Le bassin étudié s'étend dans sa majorité, sur de grandes dalles de grès souvent dénudé et en partie diaclasé avec des pentes moyennes ( $I_g = 13 \text{ m/km}$ ). Il est bien délimité par une chaîne de petites collines au sol latéritique. Dans toute cette partie du bassin (partie amont de KOUMBAKA) la végétation est quasi absente : seulement quelques arbres et des touffes d'herbe disséminées dans les creux où la terre est restée. Les cultures, essentiellement du mil, se font dans la partie aval du bassin et n'occupent qu'une petite surface. La figure 37 présente le bassin et les emplacements du dispositif de mesure.

# BASSIN VERSANT de SINKORONI



**LEGENDE::**

- Limite du bassin
- Réseau hydrographique
- - - Piste
- Village
- ▽ Pluviomètre
- ▽ Pluviographe
- Station limnigraphique

0 0,27 0,54 0,81 1,08 km

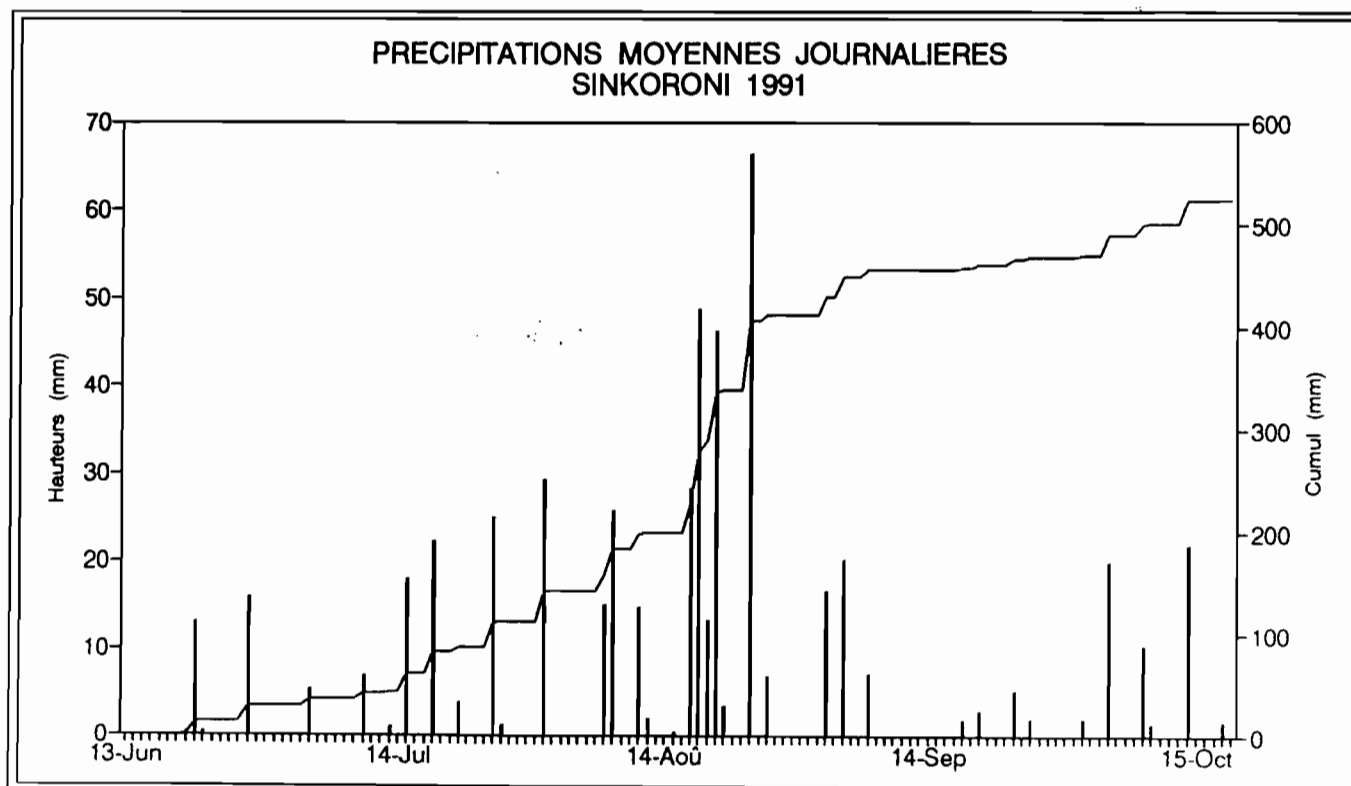


### 3.9.2. Précipitations

Le tableau 38 du tome 2 et la figure 38 ci-après donnent la série des précipitations moyennes mesurées. La répartition est bonne jusque début septembre ; par contre, il n'est pratiquement rien tombé du 8 septembre au 4 octobre (11,9 mm en 4 pluies) à une époque préjudiciable aux cultures (épiaison).

La pluie journalière la plus forte a atteint 66,2 mm le 24/08 avec de fortes intensités qui ont déclenché la crue la plus importante de la saison. Onze hauteurs de précipitations journalières ont dépassé 20 mm et trois 40 mm. Le cumul du 13 Juin au 19 Octobre arrive à 525 mm qui correspond sensiblement à la moyenne du poste de MOPTI (504 mm sur 68 ans).

FIG.38



### 3.9.3. Hauteurs limnimétriques

Toutes les crues ont été bien enregistrées au OTTX pendant la période d'observation. Une seule crue a eu lieu avant l'installation des appareils faite le 12 Juin. La figure 67 du tome 2 montre la série de toutes les cotes instantanées enregistrées. Les crues sont violentes et pointues. La crue la plus importante de la saison est montée à la cote 154 cm le 24 août. Quinze crues ont atteint ou dépassé la cote 70 cm qui correspond au plein du lit mineur.

### 3.9.4. Jaugeages et tarage

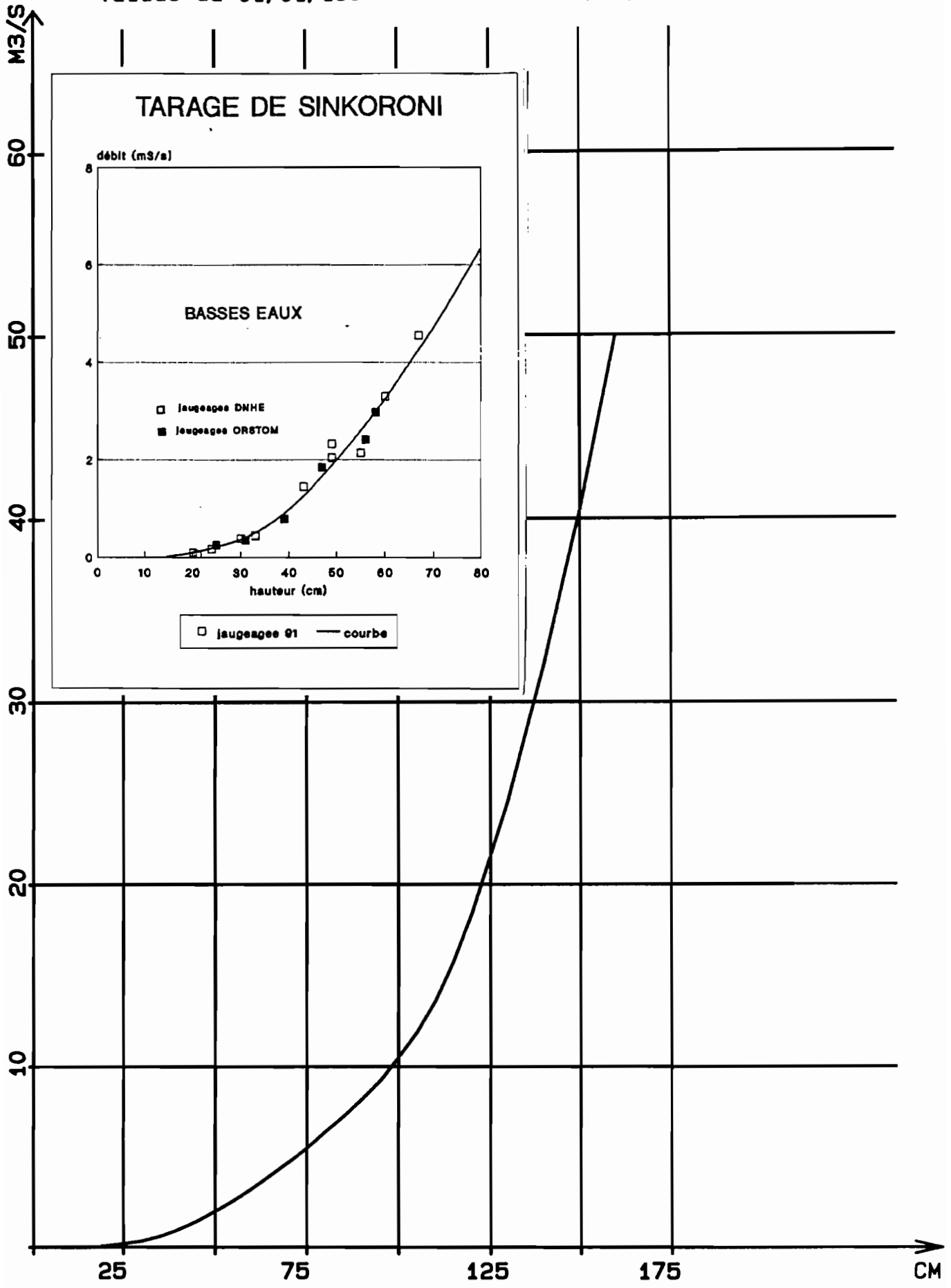
Dans le tome 2, tableau 46, on trouvera la liste des 18 jaugeages effectués au moulinet et à gué dans une bonne section au seuil stable composé d'une cuirasse latéritique. Les débits mesurés au moulinet et à gué vont de 87 l/s à la côte 20 cm à 4,55 m<sup>3</sup>/s à la cote 63 cm.

Ces jaugeages de basses et moyennes eaux ont permis d'établir une courbe de tarage (figure 39). Vu la stabilité du seuil, la superposition des courbes de moyennes eaux anciennes (1956) et nouvelles (1991) a permis de retrouver le calage des échelles de 1956.

La correspondance s'établit ainsi :

$$\text{cote 50 cm de 1991} = \text{cote 80 cm de 1956}$$

L'extrapolation s'est faite en s'appuyant, d'une part, sur l'application de la formule de Manning-strickler ( $k = 30$  pour le lit mineur et  $k = 20$  pour le débordement principal en rive droite) et d'autre part sur la courbe précédemment établie en 1956-57. Les courbes de basses et hautes eaux sont présentées sur la figure 39.



### 3.9.5. Crues et écoulements

La liste de toutes les crues observées (période du 12/06 au 19/10) ayant donné des débits maximums supérieurs à 100 l/s est présentée sur le tableau 25 avec leurs caractéristiques principales, soit un total de 23 crues.

Une seule crue, de moyenne importance, s'est produite en tout début de saison, avant l'installation des appareils. La crue la plus forte a donné un débit maximal de 44,2 m<sup>3</sup>/s le 24 Août. Sur ce petit bassin (S = 9,6 km<sup>2</sup>) qui ruisselle bien, 16 crues ont atteint des débits de pointes supérieurs à 3 m<sup>3</sup>/s. Les temps de montée moyens des fortes crues se situent entre 50 minutes et une heure avec un record de 25 minutes le 11/08 qui doit correspondre à une averse centrée sur l'aval du bassin.

Le plus fort coefficient d'écoulement atteint 29,3% à la crue du 19/08 avec une pluie moyenne de 46,1 mm (cf. figure 40). Le volume écoulé le plus abondant a été mesuré à la crue du 24/08 avec 181 900 m<sup>3</sup> qui correspond à 19 mm de lame écoulée pour 66,2 mm de lame précitée (ké = 28,6%).

Sur ce bassin peu cultivé, avec beaucoup d'affleurements de grès en dalles, on observe des ruissellements même sur des pluies de faible importance autour de 5 mm avec un record de plus de 3 m<sup>3</sup>/s à l'exutoire sur une pluie moyenne de 6,7 mm le 26/08.

Un récapitulatif des lames écoulées est présenté sur le tableau 26. Avec un coefficient d'écoulement de 23,3% pour la période observée en 1991, le bassin de SINKORONI (ex-KOUMBAKA 3 de 1956) est celui qui a le plus ruisselé avec un maximum de 28% en août.

Le mois de septembre ayant été déficitaire, il y a tout lieu de penser que les écoulements en année moyenne normale se situent proches de 25% des apports. C'est uniquement la forme des averses qui peut faire varier considérablement ce pourcentage.

BASSIN VERSANT DE SINKORONI

TAB.25

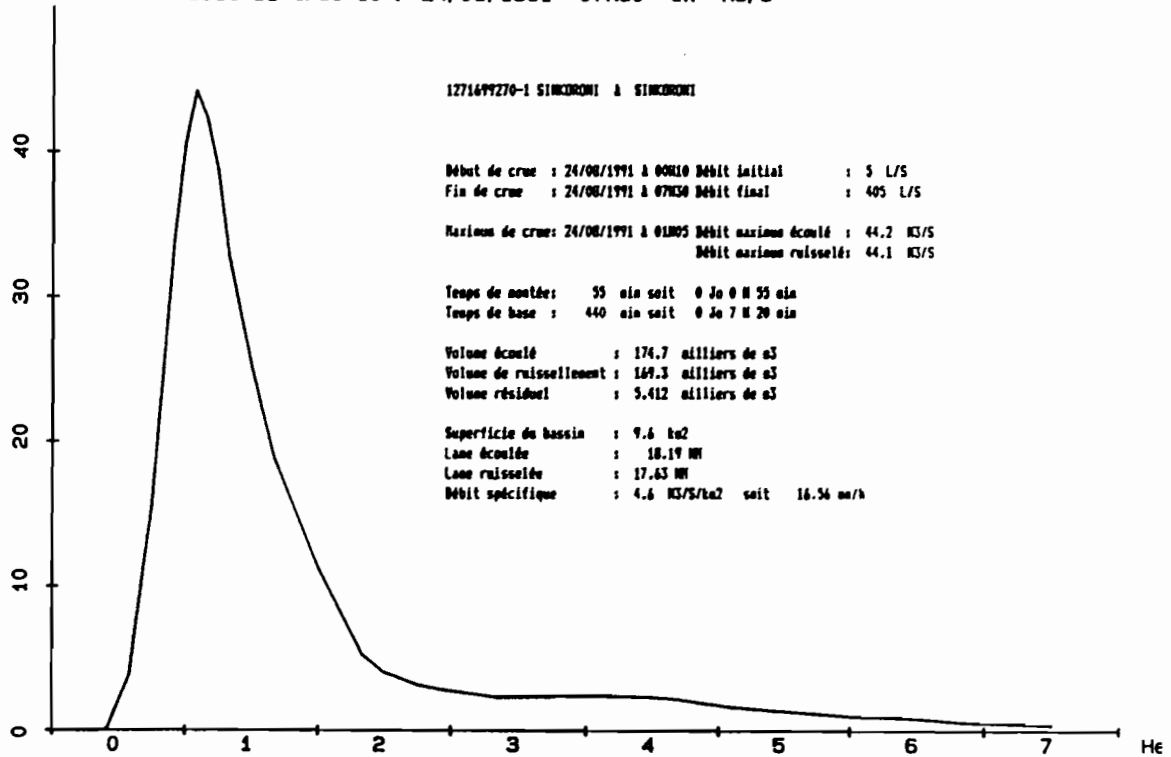
No 1271699270

Caractéristiques des crues 1991

Date	Heure h.mn	Pmoy mm	Qme m3/s	Qmr m3/s	Tm h.mn	Tb h.mn	Ve 1000 m	Le mm	Lr mm	Ke %	Qspe l/s/km2
21-Jun	16.50	12,9	4,400	4,300	01.00	06.10	24,310	2,53	2,37	19,6	458,0
27-Jun	08.00	15,8	6,360	6,350	00.30	09.00	36,480	3,80	3,61	24,0	663,0
15-Jul	08.30	17,9	8,990	8,960	00.42	05.30	43,160	4,50	4,25	25,1	936,0
17-Jul	01.50	22,2	10,800	10,800	01.00	07.35	49,600	5,17	5,00	23,3	1130,0
25-Jul	11.00	24,9	9,460	9,440	01.00	07.04	51,360	5,35	5,17	21,5	985,0
31-Jul	06.27	29,3	6,180	6,170	01.23	10.53	63,840	6,65	6,42	22,7	644,0
07-Aoû	07.20	15,0	5,320	5,250	01.00	04.10	31,820	3,31	3,09	22,1	554,0
07-Aoû	13.20	25,7	11,600	11,400	01.43	05.40	62,170	6,48	6,04	25,2	1210,0
11-Aoû	06.25	14,6	5,480	5,450	00.25	04.25	30,330	3,16	2,92	21,6	571,0
17-Aoû	02.10	28,1	10,800	10,800	00.56	04.50	46,640	4,86	4,64	17,3	1130,0
17-Aoû	14.10	48,7	15,400	15,200	03.15	08.00	129,300	13,47	12,66	27,6	1600,0
18-Aoû	21.00	13,2	5,170	5,100	01.00	06.00	31,240	3,25	2,99	24,6	539,0
19-Aoû	19.00	46,1	24,600	24,500	01.40	08.40	129,500	13,49	12,99	29,3	2560,0
24-Aoû	00.10	66,2	44,200	44,100	00.55	07.20	181,900	18,95	18,33	28,6	4600,0
26-Aoû	16.10	6,7	3,230	3,190	00.35	03.20	13,860	1,44	1,29	21,5	336,0
02-Sep	18.25	16,6	5,320	5,310	01.05	06.35	32,120	3,35	3,23	20,2	554,0
04-Sep	20.00	20,1	6,360	6,350	00.50	08.30	35,950	3,74	3,60	18,6	663,0
07-Sep	23.10	7,1	0,210	0,205	00.30	04.50	2,503	0,26	0,21	3,7	21,9
24-Sep	13.30	5,2	0,114	0,114	00.45	02.30	0,347	0,04	0,04	0,8	11,9
02-Oct	07.50	2,0	0,400	0,396	00.15	03.10	2,326	0,24	0,21	12,0	41,7
05-Oct	17.20	19,9	5,660	5,650	00.52	05.40	22,700	2,36	2,27	11,8	590,0
08-Oct	17.20	10,3	2,970	2,950	00.55	04.30	12,770	1,33	1,23	12,9	309,0
14-Oct	07.00	21,9	12,200	12,200	00.50	05.10	48,210	5,02	4,84	22,9	1270,0

1271699270-1 SINKORONI SINKORONI  
 dbut du trac le : 24/08/1991 07H30 en M3/S

FIG.40



ECOULEMENTS MENSUELS A SINKORONI  
 ANNEE 1991

TAB.26

Mois	Lame précipitée (mm)	Volume écoulé (1E3 M3)	Lame écoulee (mm)	Ké (%)
Juin	29,6	64,1	6,7	22,6
Juillet	112,5	220,0	22,9	20,4
Août	270,2	726,5	75,7	28,0
Septembre	55,6	73,4	7,6	13,7
Octobre	57,2	91,5	9,5	16,6
Année	525,0	1175,5	122,4	23,3

## 4. INTERPRETATION

### 4.1. BILANS HYDROLOGIQUES

Toutes la période d'hivernage 91 a été pratiquement couverte par les mesures directes. La plupart des observations pluviométriques ont démarré en mai ou juin et les hauteurs limnimétriques sont complètes et sans interruption depuis la pose des appareils (cf. rapport d'installation n°2).

La qualité des données nous permet de dresser un tableau complet des bilans hydrologiques pour la période observée en précipitations et écoulements (tableau 27). Les déficits d'écoulements (en mm), bien que l'année hydrologique ne soit pas complète, correspondent pratiquement aux déficits annuels pour la plupart des bassins.

Si on admet les hypothèses d'un bassin fermé et d'un état des réserves en saison sèche proche d'une année sur l'autre, les termes du bilan hydrologique sur un cycle complet peuvent s'écrire :  $D = P - E_c$ , où le déficit d'écoulement (D) représente sensiblement l'évapotranspiration réelle du bassin.

Au Mali, on peut adopter comme année hydrologique, sur petits bassins versants, les limites du 1er Avril d'une année au 31 Mars de l'année suivante afin de se couvrir des pluies précoces de la partie sud du pays. Il est certain que les niveaux piézométriques continuent à descendre un peu partout mais à cette date tous les débits de base sont annulés même sur le bassin du DOUNFING qui emmagasine d'importantes réserves.

Ces bilans seront précisés en fin d'étude (pour Bélékoni et Dounfing) mais déjà les figures 41 à 43 donnent un bon aperçu des pourcentages écoulés en comparaison du volume des apports (pluviométrie moyenne du bassin).

Une grande disparité se remarque dans les coefficients d'écoulement qui vont de 23,3% à SINKORONI à seulement 1,3% à SEME 2. Trois bassins (TINKARE, KOUTIALA, BELEKONI), avec des coefficients compris entre 7 et 10%, représentent la tendance moyenne des bassins sans grand relief et cultivés pour des hauteurs pluviométriques proches de la médiane.

**BILANS HYDROLOGIQUES ANNUELS**

**TAB.27**

ANNEE 1991

BASSINS	SUPERFICIE ( km2 )	LAME PRECIPITEE ( mm )	LAME ECOULEE ( mm )	Ké %	LAME RUISSELEE ( mm )	DEFICIT ECOUL. ( mm )
TINKARE	22,60	582	41,2	7,1	36,0	541
SEME 1	9,05	763	11,8	1,5	-	751
SEME 2	5,30	767	10,0	1,3	8,2	757
DIARABOUGOU	20,60	709	36,5	5,4	33,5	670
DOUNFING	17,50	990	169,0	17,1	65,2	821
BELEKONI	120,00	837	87,1	10,4	30,2	750
KAMBO	10,00	1029	39,9	3,9	11,7	989
KOUTIALA	24,80	670	50,2	7,5	46,2	620
SINKORONI	9,60	525	122,4	23,3	98,0	415

Pour les bassins où s'est installé un débit de base en cours de saison (Dounfing, Bélékoni, Kambo, Sémé 2) les figures montrent distinctement les parts respectives des lames ruisselées (R) - ou écoulements rapides de crue - des lames provenant des écoulements de base (Eb) sur le total des lames écoulées (E).

Le stockage le plus important, en pourcentage, se situe dans le bassin de KAMBO où le débit de base (ou écoulement retardé) représente 71% du total des lames écoulées. Pour les bassins de Dounfing et Bélékoni, les écoulements retardés (à la date du 30/11), incluant vidanges de mares et nappe, correspondent au double des ruissellements rapides de crues.

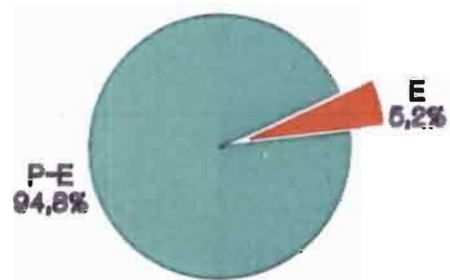
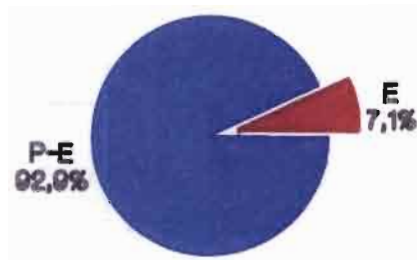
En 1991, au bassin de Bélékoni sur un total précipité de 837 mm, une lame d'eau équivalente à 87,1 mm est sorti du bassin dont 1/3 environ (30,2 mm) a ruisselé rapidement sous forme de crue et 2/3 se sont écoulés lentement en temps différé (56,9 mm) sous forme d'écoulement de base qui tarit progressivement.



# BILANS HYDROLOGIQUES EN 1991

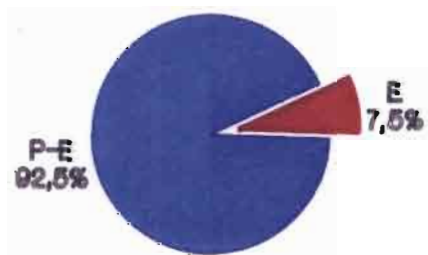
FIG.41

TINKARE P = 582 mm du 8/5 au 18/10



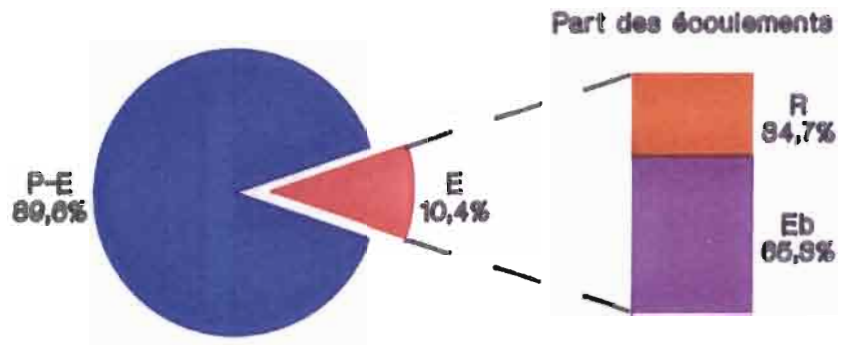
DIARABOUGOU P = 709 mm du 8/5 au 15/10

KOUTIALA P = 670 mm du 12/5 au 21/10

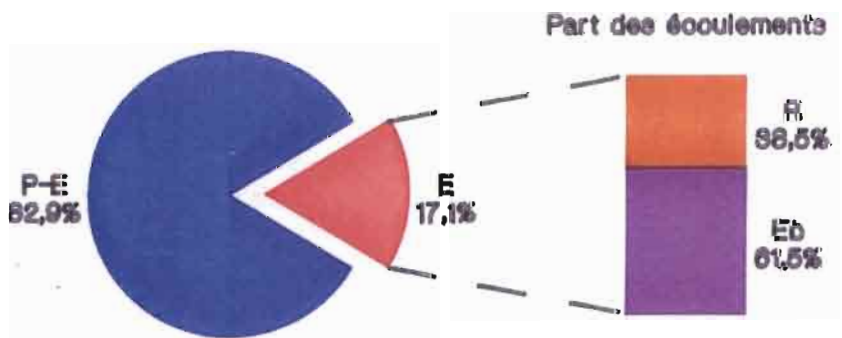


SINKORONI P = 525 mm du 12/6 au 19/10

# BILANS HYDROLOGIQUES EN 1991



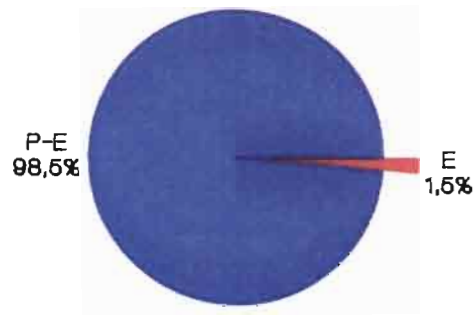
BELEKONI P = 887 mm du 22/6 au 30/11



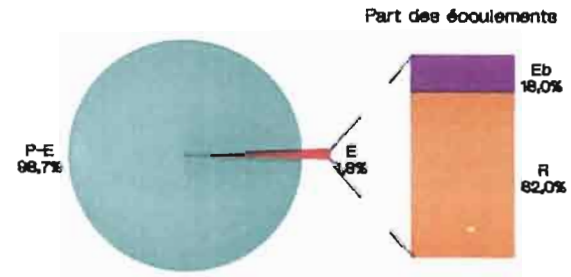
DOUNFING P = 990 mm du 15/04 au 30/11

# BILANS HYDROLOGIQUES

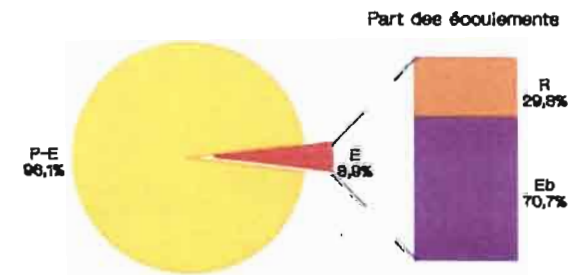
ANNEE 1991



SEME1 P = 763 mm du 23/5 au 30/11



SEME2 P = 767 mm du 29/5 au 30/11



KAMBO P = 1029 mm année complète

Sur le bassin de SINKORONI, une comparaison rapide des coefficients d'écoulement trouvés en 1956 et 1957 par rapport à 1991 nous indique une nette augmentation des écoulements : 23% cette année pour une moyenne de 14% sur les 2 années précédemment observées.

Sur le bassin de Kambo, les écoulements de 91 avec 3,9 % se placent juste dans la moyenne des 3 dernières années suivies :

5,1% en 88, 3,6% en 89 et 3,2% en 90. Le bassin de Dounfing suivi en 1955-1956 par l'ORSTOM a été observé d'une façon incomplète et n'autorise pas à comparer les bilans.

#### 4.2. DEBITS MOYENS JOURNALIERS

Sur les 9 bassins étudiés, 6 sont à l'état naturel et 3 équipés d'ouvrages de types différents (cf. tab. 1 chap 1). Sur les 3 modèles d'ouvrages, on trouve à :

**Sémé 1 :** un grand barrage en terre avec un large déversoir en béton calé à la cote 301 cm, la capacité d'eau à cette cote est de 77 600 m<sup>3</sup> qui correspond à une lame d'eau équivalente de 8,6 mm (S = 9,05 km<sup>2</sup>).

**Sémé 2 :** un petit ouvrage en béton de 20 m de large et 50 cm de haut destiné à écrêter les crues et maintenir une lame d'eau dans les rizières à l'amont de la retenue. Le volume d'eau retenu est très faible, 1300 m<sup>3</sup> à la cote, 50 cm soit 0,2 mm de lame équivalente (S = 5,3 km<sup>2</sup>).

**Kambo :** l'ouvrage est du type digue déversante avec barrière anti-drainage et petit évacuateur de crue d'un mètre de large pour contrôler les niveaux d'eau. Le barrage bien placé à l'aval du bas-fond dans un secteur peu pentu (moins de 1m/km) a une capacité de 27 000 m<sup>3</sup> à la cote 64 de déversement. Ce volume représente une lame d'eau équivalente de 2,7 mm (S = 10 km<sup>2</sup>).

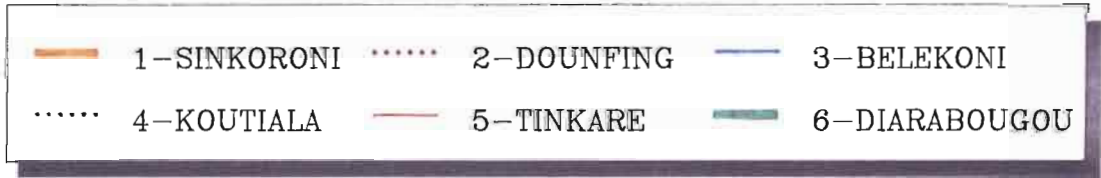
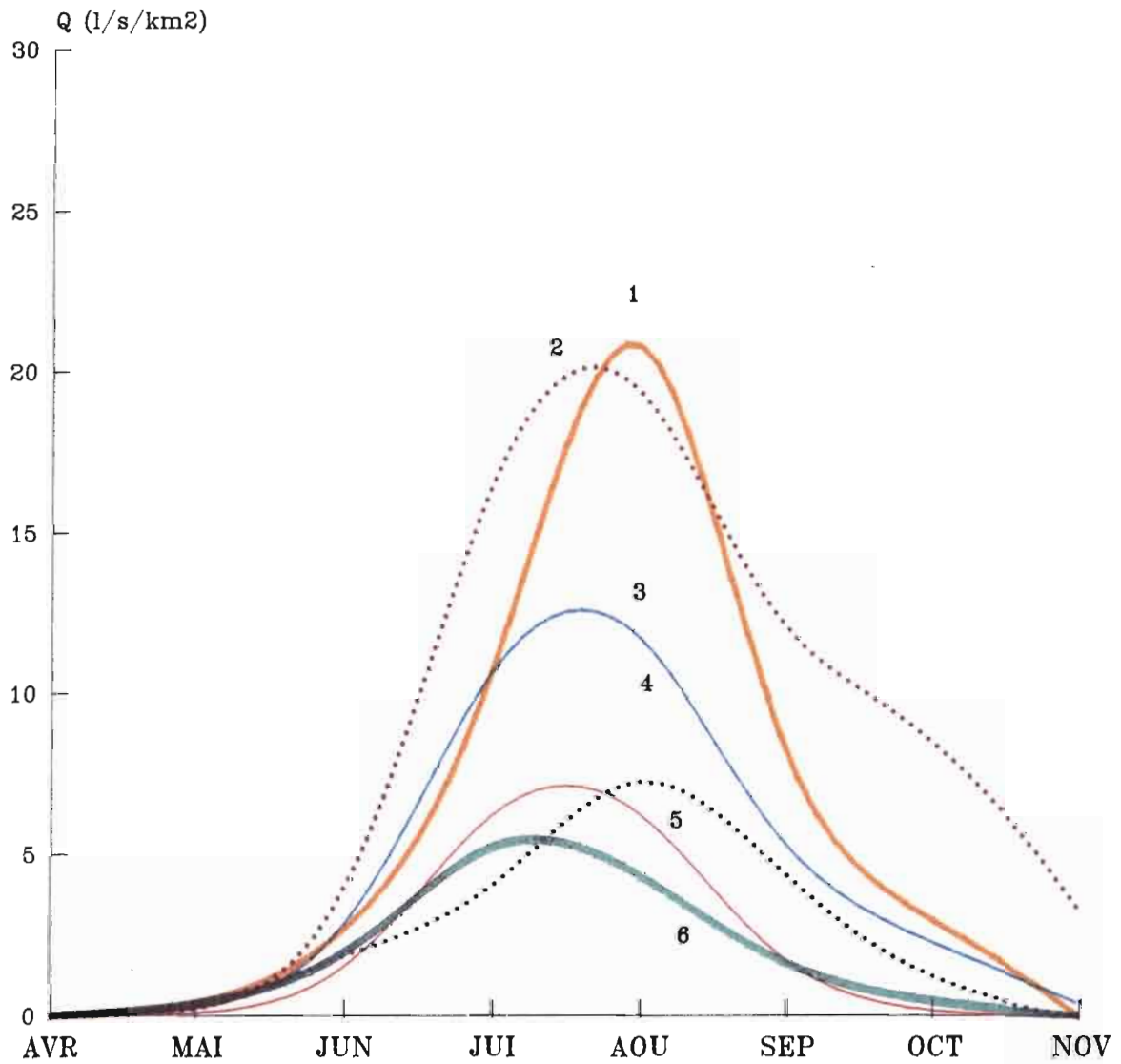
Les débits moyens mensuels des 9 bassins sont récapitulés sur le tableau 28. Pour faciliter les comparaisons entre bassins, les débits moyens ont été recalculés en débits moyens spécifiques (en l/s par km<sup>2</sup>) ; les résultats sont donnés sur le tableau 28. La figure 44 présente la courbe lissée (méthode des moindres carrés de Harvard Graphique) des débits moyens mensuels spécifiques. Elle permet de bien voir l'évolution saisonnière des débits. Les valeurs réelles mensuelles sont pointées sur la figure 45.

**DEBITS MOYENS MENSUELS EN L/S  
ET DEBITS MOYENS SPECIFIQUES EN L/S/KM2**

**TAB.28**

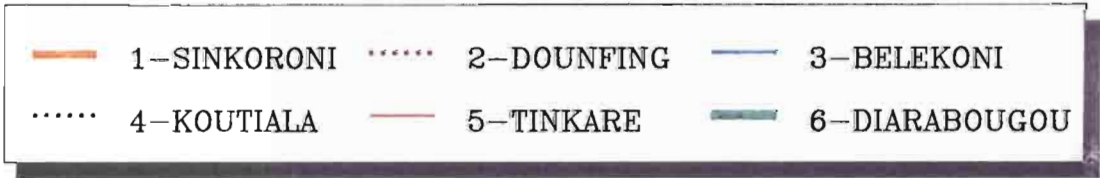
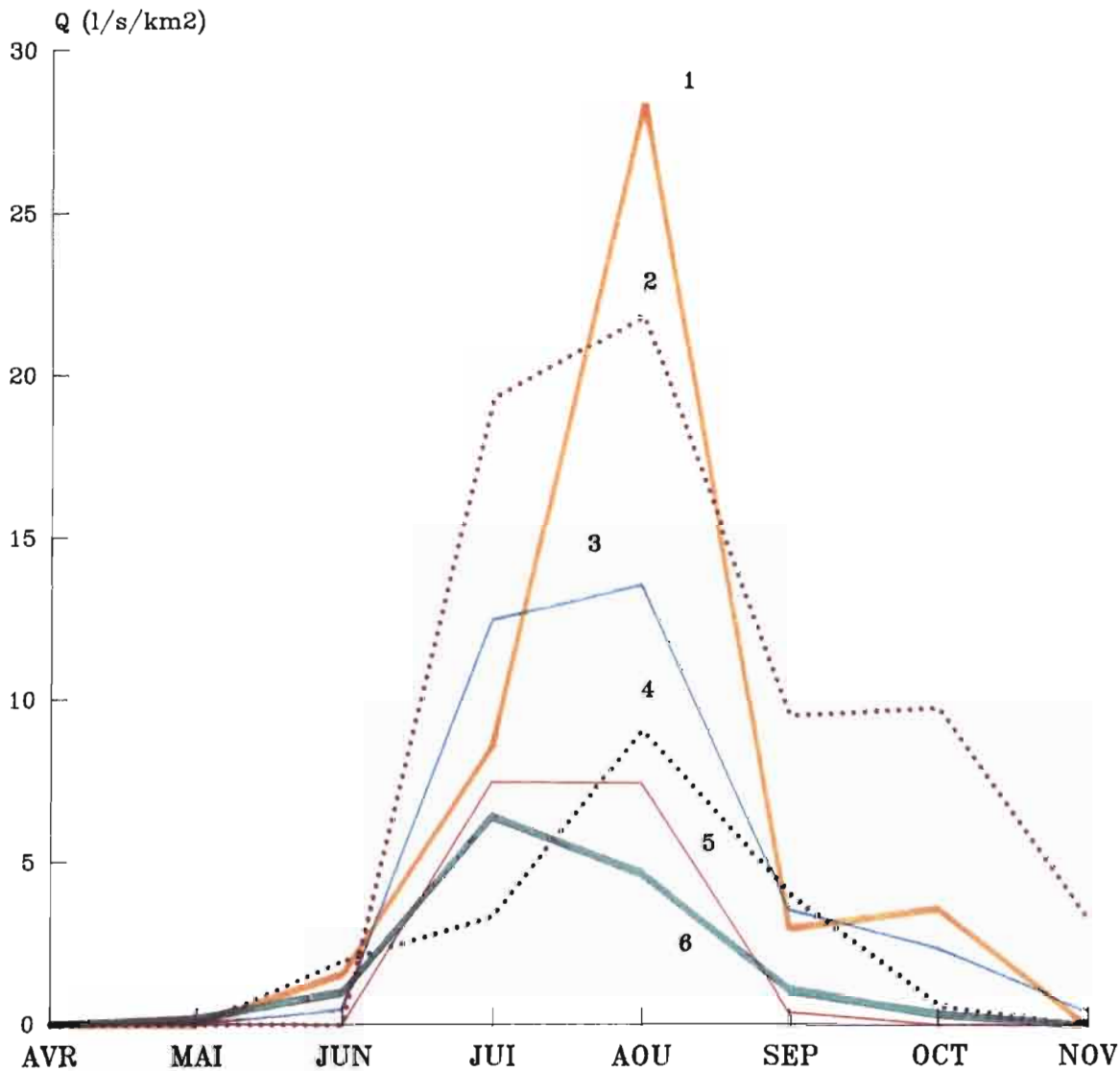
BASSIN	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.
TINKARE	0,00	0,00	0,00	169,00	168,00	9,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	7,48	7,43	0,40	0,00	0,00
SEME1	0,00	0,00	0,00	13,54	2,69	21,06	3,17	0,00
	0,00	0,00	0,00	1,50	0,30	2,33	0,35	0,00
SEME2	0,00	0,00	0,00	5,76	3,04	2,44	3,92	1,18
	0,00	0,00	0,00	1,09	0,57	0,46	0,74	0,22
DIARABOUGOU	0,00	4,00	20,90	132,00	95,90	22,00	7,00	0,00
	0,00	0,19	1,01	6,41	4,65	1,07	0,34	0,00
DOUNFING	0,00	0,00	0,34	338,00	382,00	166,00	170,00	57,50
	0,00	0,00	0,02	19,31	21,83	9,48	9,71	3,28
BELEKONI	-	-	55,20	1497,00	1626,00	419,00	276,00	44,00
	-	-	0,46	12,47	13,55	3,49	2,30	0,37
KAMBO	0,00	0,00	0,00	0,00	79,70	34,30	17,60	18,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	7,97	3,43	1,76	1,80
KOUTIALA	-	-	48,80	82,70	224,20	99,30	14,70	0,00
	-	-	1,97	3,33	9,04	4,00	0,59	0,00
SINKORONI	-	-	15,00	82,20	272,00	28,30	34,00	0,00
	-	-	1,56	8,56	28,30	2,95	3,54	0,00

### COMPARAISON DES DEBITS MOYENS MENSUELS entre 6 bassins non aménagés



Q=débits spécifiques de 1991

### COMPARAISON DES DEBITS MOYENS MENSUELS entre 6 bassins non aménagés



Q=débits spécifiques de 1991

Deux bassins Sinkoroni, (secteur de Mopti, zone sahélienne) et Dounfing (secteur de Kati, zone tropicale), se détachent nettement sur les courbes avec un  $Q_{max}$ .spécifique de 26 l/s/km<sup>2</sup> pour Sinkoroni en août, suivi de peu par le Dounfing avec 22 l/s/km<sup>2</sup> pour le même mois. Ces 2 bassins peu cultivés, avec des pentes assez fortes et un sol souvent compact (grès cuirassés de latérite à Dounfing et grès en dalles à Sinkoroni) ont reçu en août de nombreuses averses à fortes intensités. On remarque la courbe pointue et le volume réduit de Sinkoroni centré sur août seulement alors que le Dounfing a bénéficié de deux mois très abondants.

En effet, les totaux pluviométriques pour juillet et août sont respectivement de 112 et 270 mm pour Sinkoroni contre 408 et 263 mm pour Dounfing. Les fortes pluies de fin juillet sur le bassin de Dounfing ont augmenté considérablement les réserves par stockage dans la nappe (cf. figure 63 du tome 2). Celles-ci, restituées pour une bonne part en août ont bien soutenu les écoulements, ce qui justifie pour ce mois un débit moyen plus conséquent qu'en juillet (cf. figure 45).

Trois autres bassins (Koutiala, Tinkaré, Diarabougou) se retrouvent dans les mêmes valeurs sur les courbes lissées. Ces 3 bassins de superficies voisines comprises entre 20 et 25 km<sup>2</sup>, à pentes faibles et cultivés dénotent un comportement similaire avec tout de même un décalage des maximums dans le temps qui s'explique par leur position géographique.

Au milieu, le bassin de Bélékoni a des débits moyens soutenus en juillet et août qui s'étirent dans le temps pour vider les importantes réserves stockées dans la nappe (cf. figure 64 du tome 2).

Les résultats des 3 bassins aménagés n'ont pas été représentés sur les graphiques en raison des très faibles valeurs obtenues.

#### 4.3. DEBITS MAXIMUMS INSTANTANES

Les débits maximums instantanés enregistrés ou reconstitués, comme à Sémé 1, figurent sur le tableau 29. Il manque Kambo où il est difficile de reconstituer la pointe de crue naturelle vu l'amortissement très important sur le parcours de la crue (piste + diguettes + barrage).



Au hit-parade des débits de pointe maximaux instantanés, on retrouve Sinkoroni avec un Qmax de 44,2 m<sup>3</sup>/s et un débit spécifique de 4600 l/s/km<sup>2</sup> provoqué par une pluie moyenne de 66,2 mm à fortes intensités, de récurrence placée entre 2 et 5 ans au poste de Mopti (cf. tableau 7).

Le débit de pointe de Bélékoni est très amorti : 16,9 m<sup>3</sup>/s pour une superficie de 120 km<sup>2</sup> qui correspond à la faible valeur de 141 l/s/km<sup>2</sup> en débit spécifique. A Tinkaré, une bonne averse de 92,0 mm le 19/08, tombée principalement en tête de bassin a approché la hauteur de pluie de récurrence décennale de Diéma (97 mm); le débit de pointe déclenché par cette averse a atteint 22,1 m<sup>3</sup>/s soit 978 l/s/km<sup>2</sup>.

Si on regarde la colonne des débits spécifiques, on s'aperçoit que SEME 1, avec un fort relief en tête de bassin (lg = 63 m/km), est susceptible de produire des crues avec des débits de pointe élevés à l'exemple de la crue du 16/07. Cette crue reconstituée à partir des volumes emmagasinés dans la retenue au pas de temps de 5 minutes (DV/DT) nous donne un Q max. de 14,6 m<sup>3</sup>/s et un Q spécifique de 1610 l/s/km<sup>2</sup>.

Dans le prochain rapport, une estimation de la "crue de projet" de valeur décennale, sera faite après une analyse plus approfondie des hydrogrammes (hydrogramme médian) et des hyétogrammes.

Cette estimation s'appuiera également sur les connaissances acquises dans le passé et sur les méthodes d'évaluation mises au point à l'ORSTOM et au CIEH.

DEBITS MAXIMAUX INSTANTANES 1991

TAB.29

BASSIN	SUPERFICIE ( km2 )	DATE	QMAX.écoulé ( m3/s )	QMAX.spécifique ( l/s/km2 )	PMOY.jour. ( mm )
SINKORONI	9,6	24/08	44,2	4600	66,2
DOUNFING	17,5	26/07	30,6	1750	68,7
KOUTIALA	24,8	14/08	26,3	1060	52,6
TINKARE	22,6	19/08	22,1	978	92,4
BELEKONI	120	16/07	16,9	141	55,7
SEME1	9,05	16/07	14,6	1610	85,0
DIARABOUGOU	20,6	01/08	14,4	699	44,6
SEME2	5,3	16/07	4,86	917	74,7

## CONCLUSION

Malgré la nouveauté de ce genre d'étude pour la plupart des participants, la campagne 1991 s'avère plutôt satisfaisante quant aux résultats obtenus. Une grande masse de données a été récoltée et toutes n'ont pu être encore traitées : en particulier les fluctuations de la nappe, la forme des averses (hyétogrammes) avec les crues afférentes dans une optique de ruissellement rapide de crue (lames ruissellées).

Mais, d'ores et déjà, les résultats essentiels sur les écoulements ont été analysés et un premier tableau pratiquement complet des bilans hydrologiques a été dressé.

Ces premiers résultats montrent une très grande hétérogénéité dans les réactions des bassins aux événements pluvieux et une multitude de critères "décideurs" du ruissellement. En effet, les coefficients d'écoulement varient, cette année de 1 à 23% sur les 9 bassins étudiés. Pourtant la pluviométrie 1991 peut se classer dans l'ensemble du pays proche de la normale (médiane), surtout si on s'en tient aux vingt dernières années.

Le facteur prépondérant du ruissellement sur les sols durs avec roche affleurante, pas trop diaclasée, est sans conteste la forme de l'averse (Sinkoroni, Dounfing, Sémé 1). Pour les bassins cultivés, sans grand relief, l'humidité du sol et l'état végétatif prennent une grande importance, le rôle de la formation géologique (en profondeur) devient secondaire (Tinkaré, Diarabougou, Koutiala). La nature et le travail du sol jouent un rôle essentiel dans l'infiltration. De même, la profondeur de la nappe par rapport à la position topographique des stations sur un bassin est un facteur important car cela permet ou pas de retrouver dans les écoulements à l'exutoire une partie des stockages souterrains de la saison (Dounfing, Bélékoni, Kambo, Sémé 2).

Une ou deux campagnes supplémentaires seraient bien utiles pour confirmer ces premiers résultats et constatations. Le dispositif de mesure, en place en 1991, pourrait être facilement remis en service et même amélioré pour préciser certains paramètres, notamment les pluies moyennes, en augmentant la densité des pluviomètres et la forme des averses en étoffant le réseau de pluviographes. Ceux-ci n'ont pas donné entière satisfaction en raison de plusieurs pannes dues, pour les OEDIPE, à quelques défaillances de batteries.

Les bassins étudiés se trouvent pratiquement tous à proximité d'un poste climatologique de longue durée. Une application d'un modèle simplifié d'écoulement (type G. Girard) sur la chronique des pluies journalières permettrait, en liaison avec les résultats des observations, de connaître les écoulements médians ainsi que ceux de récurrence décennale en années sèches et humides dans chaque secteur géographique. Là aussi, le calage et la validation du ou des modèles demandent plusieurs années de suivi.

Après avoir dénombré, par zone géographique et grand bassin hydrographique, les petits bassins versants de superficie comprise entre 20 et 200 km<sup>2</sup>, une estimation des écoulements sur ces bassins sera effectuée. Cette régionalisation des lames d'eau écoulées de surface non pérennes, s'appuiera donc sur un ensemble de petits bassins dont les caractéristiques physiques et morphologiques seront obtenues à partir des :

- cartes IGN au 1/200 000 (avec une idée du relief)
- cartes géologiques DNGM au 1/1 500 000
- cartes de végétation et des ressources ligneuses (PIRT et inventaire forestier)
- des précisions obtenues par traitement d'images satellitaires.

Tous ces développements de l'étude seront présentés dans le rapport final.

**Décembre 1991**

# REPUBLIQUE DU MALI

MINISTRE DE L'INDUSTRIE  
DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENERGIE

DIRECTION NATIONALE DE  
L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENERGIE

PROGRAMME DES NATIONS UNIES  
POUR LE DEVELOPPEMENT



INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT  
EN COOPERATION



# ORSTOM

## EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU NON PERENNES DU MALI

PROJET MLI/90/002

### **Rapport de campagne 1991** **TOME II**

**A. JOIGNEREZ et N. GUIGUEN**  
HYDROLOGUES DE L'ORSTOM

*Avec la collaboration de :*

A.K. TRAORE, M. TRAORE, A. CAMARA, O. DJIGANDE (DNHE)  
M. DIARRA, F. BAMBA, T.H. DES TUREAUX (ORSTOM)  
E. TRAORE (PNUD)

*Coordinations :*

N. CISSE (DNHE) , J.C. OLIVRY (ORSTOM) , M. SIMONOT (PNUD)

Bamako déc.1991

# EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU NON PERENNES DU MALI

## TOME II

### ANNEXES

#### TABLEAUX

#### FIGURES

30 - Pluies moyennes	à TINKARE	50 - Ajustements statistiques	à DIEMA
31 - Pluies moyennes	à SEME 1	51 - Ajustements statistiques	à KITA
32 - Pluies moyennes	à SEME 2	52 - Ajustements statistiques	à KOLOKANI
33 - Pluies moyennes	à DIARABOUGOU	53 - Ajustements statistiques	à BAMAKO
34 - Pluies moyennes	à DOUNFING	54 - Ajustements statistiques	à BOUGOUNI
35 - Pluies moyennes	à BELEKONI	55 - Ajustements statistiques	à KADIOLO
36 - Pluies moyennes	à KAMBO	56 - Ajustements statistiques	à SIKASSO
37 - Pluies moyennes	à KOUTIALA	57 - Ajustements statistiques	à KOUTIALA
38 - Pluies moyennes	à SINKORONI	58 - Ajustements statistiques	à MOPTI
39 - Liste des jaugeages	à TINKARE	59 - Cotes instantanées	à TINKARE
40 - Liste des jaugeages	à DIARABOUGOU	60 - Cotes instantanées	à SEME 1
41 - Liste des jaugeages	à LIDO	61 - Cotes instantanées	à SEME 2
42 - Liste des jaugeages	à BELEKONI	62 - Cotes instantanées	à DIARABOUGOU
43 - Liste des jaugeages	à KOUTIALA	63 - Cotes instantanées	à DOUNFING (LIDO)
44 - Liste des jaugeages	à SINKORONI	64 - Cotes instantanées	à BELEKONI
45 - 2 barèmes	à TINKARE	65 - Cotes instantanées	à KAMBO
46 - 2 barèmes	à SEME 1 et 2	66 - Cotes instantanées	à KOUTIALA
47 - 2 barèmes	à DIARABOUGOU	67 - Cotes instantanées	à SINKORONI
48 - 2 barèmes	à LIDO		
49 - 1 barème	à BELEKONI		
50 - 4 barèmes	à KAMBO		
51 - 1 barème	à KOUTIALA		
52 - 1 barème	à SINKORONI		
53 - Ouvertures des vannes	à KAMBO		
54 - Coefficients Thiessen des 9 bassins			

## BASSIN VERSANT DE TINKARE

TAB.30

ANNEE 1991

## PLUVIOMETRIE MOYENNE JOURNALIERE (mm)

	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT
Installation: 31 Mai					
1	0,0	0,0	0,4	15,4	0,0
2	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0
3	0,0	2,6	0,0	0,4	0,0
4	14,2	0,0	0,0	0,0	0,9
5	0,0	42,8	0,0	12,1	0,0
6	0,0	0,0	38,9	0,0	40,7
7	0,0	0,3	4,5	0,0	0,0
8	0,0	22,8	0,0	12,5	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	23,5	0,0	0,0	0,0
11	12,3	0,0	1,7	15,3	
12	0,0	0,0	0,1	0,0	
13	0,0	13,5	0,1	0,0	
14	10,5	0,0	6,6	0,0	
15	6,5	0,0	0,0	0,0	
16	0,0	25,1	2,3	0,0	
17	0,0	0,0	0,0	0,0	
18	0,0	0,0	18,4	16,6	
19	10,5	0,0	92,4	1,1	
20	0,0	0,0	0,0	0,0	
21	0,0	18,8	0,0	0,0	
22	0,0	0,0	0,0	0,0	
23	0,0	0,0	0,0	0,0	
24	10,6	27,6	0,0	8,1	
25	0,0	0,0	0,0	0,0	
26	0,0	5,5	0,0	0,0	
27	6,5	0,0	0,0	7,1	
28	0,0	0,0	7,1	0,0	
29	6,6	0,0	0,0	0,0	
30	0,0	0,1	7,7	0,0	
31		5,8	3,6		
TOTAL	77,7	188,4	183,8	91,0	41,6
Total des mois observés:			582,4		

## BASSIN VERSANT DE SEME 1

TAB.31

ANNEE 1991

## PLUVIOMETRIE MOYENNE JOURNALIERE

	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT
1		1,2	23,0	0,0	40,5	0,0
2		20,4	0,0	0,0	1,8	0,0
3		0,0	10,5	0,0	16,7	19,7
4		0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
5		0,0	0,0	6,3	9,0	3,9
6		0,0	0,0	26,0	0,0	42,2
7		0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
8		15,2	0,0	13,0	32,4	0,0
9		0,0	2,5	0,0	0,0	0,0
10		7,5	26,3	0,0	0,0	13,3
11		0,0	1,4	11,5	25,3	0,0
12		0,0	8,1	15,1	0,0	6,5
13		0,0	0,0	1,2	0,0	0,0
14		0,0	0,0	0,0	3,6	3,9
15		5,0	0,0	2,5	4,2	0,0
16		0,0	85,0	0,0	0,0	0,0
17		0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
18		0,0	11,2	14,9	0,0	20,7
19		2,2	0,0	0,4	11,1	4,7
20		6,2	0,0	2,0	0,0	0,0
21	Instal.	1,0	17,6	0,0	3,9	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	9,3	21,2	33,8	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	2,3	19,1	0,0	6,1	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,9	0,0	2,3	0,0	0,0
30	0,3	0,6	5,7	35,2	0,0	0,0
31	0,0		0,0	10,7		0,0
<b>TOTAL</b>	0,3	72,4	231,7	175,3	168,0	115,8
<b>Total des mois observés:</b>			763,5			

## BASSIN VERSANT DE SEME 2

TAB.32

ANNEE 1991

## PLUVIOMETRIE MOYENNE JOURNALIERE

	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT
Installation : 21 Mai						
1		0,5	26,2	0,0	45,4	0,0
2		0,0	0,0	0,0	1,8	0,0
3		15,3	10,4	0,0	32,0	12,9
4		0,0	3,0	0,0	0,0	0,0
5		0,0	0,0	5,9	4,5	8,6
6		0,0	0,0	30,3	0,0	46,4
7		0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
8		12,1	0,0	12,5	29,6	0,0
9		0,0	3,2	0,0	0,0	0,0
10		2,7	28,8	0,0	0,0	18,1
11		0,0	3,3	13,6	28,6	0,0
12		0,0	4,9	13,5	0,0	5,0
13		0,0	0,0	1,9	0,0	0,0
14		0,0	0,0	0,0	3,1	2,7
15		2,6	0,0	2,9	3,7	0,0
16		0,0	74,7	0,0	0,0	0,0
17		0,0	0,0	0,9	0,0	0,0
18		0,0	7,2	19,8	0,0	20,2
19		1,0	0,0	0,0	7,8	5,2
20		7,9	0,0	0,8	0,0	0,0
21		2,6	20,5	0,0	3,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	6,2	23,9	32,8	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	6,1	17,5	0,0	4,3	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	1,0	0,0	4,1	0,0	0,0
30	1,1	1,0	8,4	35,8	0,0	0,0
31	0,0		0,0	6,6		0,0
TOTAL	1,1	59,8	232,0	181,3	173,9	120,0
Total des mois observés:				768,2		



## BASSIN VERSANT DE DIARABOUGOU

TAB.33

ANNEE 1991

## PLUVIOMETRIE MOYENNE JOURNALIERE (mm)

	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT
Installation: 3 mai						
1		0,3	0,0	44,6	15,6	0,0
2		0,0	9,6	0,6	0,0	1,9
3		0,5	0,0	0,0	39,5	0,0
4	0,0	0,0	0,0	8,7	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	65,0
7	1,6	0,0	0,0	12,7	0,0	0,1
8	0,0	2,3	8,6	0,0	5,8	0,0
9	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	31,5	10,9	0,0
12	0,0	1,3	0,0	0,6	0,0	
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
14	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	(9,1)
15	0,0	15,8	47,1	0,2	0,0	(22,7)
16	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	
17	0,0	0,0	0,0	30,2	6,8	
18	0,0	0,0	34,4	0,0	0,0	
19	12,7	5,1	0,0	5,6	0,2	
20	0,0	0,0	3,7	0,0	18,1	
21	0,0	0,0	26,8	4,1	10,2	
22	0,0	2,2	0,0	3,2	0,0	
23	0,0	25,2	9,3	0,0	0,0	
24	0,0	0,0	0,0	24,9	0,0	
25	0,0	0,0	1,1	0,0	23,9	
26	0,0	0,0	43,1	0,0	0,0	
27	0,0	8,9	1,9	0,0	0,9	
28	0,0	0,0	1,3	2,3	0,0	
29	1,3	0,0	0,2	0,0	0,0	
30	0,3	8,3	26,7	2,0	4,4	
31	3,3		0,0	8,3		
TOTAL	19,1	71,9	221,8	193,1	136,3	66,9
Total des mois observés:			709,0			

## BASSIN VERSANT DE DOUNFING

TAB.34

ANNEE 1991

## PLUVIOMETRIE MOYENNE JOURNALIERE ( mm )

	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT
Installation: 20 Avril						
1	0,0	3,4	28,1	16,7	0,5	0,9
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1
3	0,0	4,1	48,3	0,0	17,4	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	20,1	0,0
5	0,0	0,1	0,0	19,4	0,0	12,7
6	7,5	0,0	0,0	0,6	0,2	35,6
7	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
8	5,2	19,6	0,0	0,0	6,7	0,0
9	0,0	0,0	0,0	64,2	0,1	0,0
10	0,0	0,0	19,1	2,1	0,0	0,0
11	0,0	0,0	18,1	36,7	12,4	0,0
12	0,0	5,9	0,0	10,4	0,1	0,6
13	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	19,9	2,7	7,5
15	0,0	0,0	21,5	0,0	0,0	0,1
16	0,0	23,4	35,3	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	1,3	31,6	3,9	0,0
18	0,0	0,0	27,8	0,9	0,1	45,5
19	8,4	0,7	0,0	12,9	0,7	0,5
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
21	0,0	0,0	29,6	1,6	8,7	0,0
22	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0
23	1,7	6,3	15,2	0,2	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,5	7,3	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,1	0,0	18,1	0,0
26	0,0	0,0	68,7	0,0	0,0	0,0
27	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	40,5	0,0	0,0	0,0
29	1,2	7,7	0,5	0,0	0,0	0,0
30	3,2	0,0	53,3	27,7	0,0	0,0
31	0,0		0,0	5,7		0,0
TOTAL	27,2	78,6	408,0	263,0	92,2	121,4
Total des mois observés:			990,4			

## BASSIN VERSANT DE BELEKONI

TAB.35

ANNEE 1991

## PLUVIOMETRIE MOYENNE JOURNALIERE (mm)

	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV
Installation: 6 Mai							
1		9,3	7,6	0,0	7,9	0,0	0
2		0,0	0,0	0,0	11,1	0,4	0
3		16,6	44,5	0,0	2,0	1,7	0
4		0,0	0,0	2,0	0,0	12,7	0
5	0,0	0,0	0,0	43,1	0,1	4,7	0
6	9,5	0,0	0,0	0,0	0,2	5,7	9,8
7	0,0	0,3	0,0	5,4	6,9	26,9	0
8	0,0	0,0	1,3	12,2	0,0	0,0	0
9	4,7	0,2	0,0	22,6	0,0	0,0	0
10	0,0	0,0	0,3	0,0	6,9	0,0	0
11	0,0	0,0	9,9	22,9	10,0	0,0	0
12	0,0	44,1	0,3	6,6	0,0	0,0	0
13	0,0	2,3	4,1	5,1	0,0	0,3	0
14	0,0	0,0	38,8	0,0	0,0	15,8	0
15	8,2	35,8	0,0	29,1	0,0	0,3	0
16	1,2	0,0	17,4	1,1	0,0	0,0	0
17	24,0	0,8	5,6	0,0	1,2	0,0	0
18	0,0	0,0	29,6	0,0	0,0	10,9	0
19	64,4	0,0	0,5	1,2	32,9	0,0	0
20	0,0	0,0	0,3	4,4	3,5	0,0	0
21	13,6	6,5	55,7	0,6	25,0	7,9	0
22	0,7	16,3	3,0	18,9	0,0	0,0	0
23	0,0	20,7	16,2	0,0	0,0	0,0	0
24	0,0	0,0	0,0	1,1	4,3	0,0	0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	0,0	0
26	0,0	0,0	16,9	0,0	0,0	0,0	0
27	0,0	8,3	3,9	0,0	17,3	0,0	0
28	4,3	0,0	0,0	26,2	0,0	0,0	
29	2,9	0,0	11,7	7,9	0,0	0,0	
30	0,0	8,8	39,4	4,7	13,3	0,0	
31	0,0		0,5	3,8		0,0	
TOTAL	133,3	169,8	307,4	219,0	159,0	87,3	9,8
Total des mois observés:		1085,5					

## BASSIN VERSANT DE KAMBO

TAB.36

ANNEE 1991

## PLUVIOMETRIE MOYENNE JOURNALIERE ( mm )

	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV
1	0,0	0,0	1,7	0,0	32,4	1,6	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,5	0,0	1,9
3	0,0	0,0	0,0	0,0	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	11,1	2,1	34,1	0,8	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	1,1	2,7	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,1	7,7	20,4	0,0
8	26,6	0,0	0,0	3,7	0,0	6,9	0,0	7,8	0,0
9	0,0	0,0	36,7	0,0	25,9	25,6	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	20,1	0,0	9,8	3,3	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	6,1	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	32,6	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	18,9	0,0
15	7,8	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	36,7	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	17,2	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	23,9	1,5	0,0	2,2	0,0
19	0,0	4,4	5,6	0,0	2,7	23,1	1,7	0,0	0,0
20	0,0	0,0	7,6	0,0	12,1	0,0	9,5	0,0	0,0
21	0,0	0,0	5,3	26,0	0,0	35,3	2,8	0,0	0,0
22	0,0	0,0	1,5	0,0	3,5	16,4	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	3,6	17,9	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	19,4	0,7	7,3	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0
26	0,0	0,0	16,0	0,0	51,1	0,0	0,0	21,9	0,0
27	0,0	0,0	4,4	0,0	9,6	5,0	8,8	2,6	0,0
28	0,0	14,9	0,0	14,4	0,0	0,0	0,0	7,3	0,0
29	0,0	0,0	0,0	2,3	25,4	12,1	8,4	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	2,2	0,0
31	0,2		0,0		0,0	16,5		0,0	
TOTAL	34,6	25,2	88,8	108,0	300,4	259,6	105,7	105,3	1,9
Total des mois observés:		1029,5							

## BASSIN VERSANT DE KOUTIALA

TAB.37

ANNEE 1991

## PLUVIOMETRIE MOYENNE JOURNALIERE (mm)

	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT
Installation: 12 Mai						
1		7,0	0,0	0,0	10,0	0,0
2		0,0	0,0	0,0	14,8	0,0
3		1,2	0,0	0,0	0,0	0,0
4		0,0	0,0	11,3	15,1	0,0
5		0,0	0,0	5,6	12,7	0,0
6		0,0	0,0	0,0	0,3	14,8
7		0,0	0,0	14,3	0,0	0,0
8		0,0	2,8	0,0	8,1	0,0
9		0,0	0,0	15,9	0,0	0,0
10		0,0	1,3	0,0	35,7	0,0
11		0,0	0,0	10,1	0,0	26,8
12		23,9	27,5	17,7	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	52,6	0,0	0,0
15	0,5	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0
16	23,4	20,3	1,9	14,3	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0
18	0,0	0,0	13,4	2,1	2,3	0,2
19	1,9	0,0	0,0	12,8	4,6	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	46,6	3,9	15,1	24,3	1,0	
22	0,0	17,9	2,9	0,0	0,0	
23	0,0	9,1	0,0	0,2	0,0	
24	0,0	0,0	0,0	35,3	13,6	
25	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	
26	0,0	0,0	23,9	0,0	18,4	
27	5,1	18,7	0,0	7,2	0,0	
28	0,0	0,0	0,0	25,4	0,0	
29	10,4	0,0	0,0	1,6	0,0	
30	0,5	34,8	44,3	34,5	0,0	
31	0,0		0,0	0,0		
TOTAL	88,3	136,8	146,5	294,8	136,6	41,8
Total des mois observés:				844,7		

## BASSIN VERSANT DE SINKORONI

TAB.38

ANNEE 1991

PLUVIOMETRIE MOYENNE JOURNALIERE (mm)

	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT
Installation: 15 juin					
1		0,0	0,0	0,0	0,0
2		0,0	0,0	16,6	2,0
3		0,0	0,0	0,0	0,0
4		5,3	0,0	20,1	0,0
5		0,0	0,0	0,0	19,9
6		0,0	0,0	0,0	0,0
7		0,0	15,0	7,1	0,0
8		0,0	25,7	0,0	0,0
9		0,0	0,0	0,0	10,3
10		6,9	0,0	0,0	1,4
11		0,0	14,6	0,0	0,0
12		0,0	1,9	0,0	0,0
13	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	21,9
15	0,0	17,9	0,5	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	28,1	0,0	0,0
18	0,0	22,2	48,7	1,9	1,7
19	0,0	0,0	13,2	0,0	0,0
20	0,3	0,0	46,1	2,8	
21	12,9	3,7	3,4	0,0	
22	0,5	0,0	0,0	0,0	
23	0,0	0,0	0,0	0,0	
24	0,0	0,0	66,2	5,2	
25	0,0	24,9	0,0	0,0	
26	0,0	1,2	6,7	2,0	
27	15,8	0,0	0,0	0,0	
28	0,0	0,0	0,0	0,0	
29	0,0	0,0	0,0	0,0	
30	0,0	0,0	0,0	0,0	
31		29,3	0,0		
<b>TOTAL</b>	<b>29,6</b>	<b>112,5</b>	<b>270,2</b>	<b>55,6</b>	<b>57,2</b>
Total des mois observés:			525,0		

Station : 1272699200-1 TINKARE Latit. 14.30.00  
 Rivière : TINKARE Longit. -90.11.00  
 Pays : MALI  
 Bassin : TINKARE Aire 22,6000 km2  
 Ordre de cotes croissantes

NO !	Date	Heure !	Cote !	Débit !	Auteur
30 !	22/07/1991	à 09H27 !	110 CM !	6, L/5 !	K.TRAORE
49 !	11/09/1991	à 08H25 !	110 " !	2,74 " !	K.TRAORE
22 !	17/07/1991	à 12H36 !	111 " !	7, " !	K.TRAORE
35 !	25/07/1991	à 15H11 !	111 " !	4,34 " !	K.TRAORE
17 !	16/07/1991	à 08H19 !	112 " !	14, " !	K.TRAORE
34 !	25/07/1991	à 09H44 !	112 " !	10,8 " !	K.TRAORE
41 !	08/08/1991	à 08H41 !	112 " !	11, " !	K.TRAORE
16 !	13/07/1991	à 18H27 !	113 " !	32, " !	K.TRAORE
40 !	07/08/1991	à 17H11 !	114 " !	28, " !	K.TRAORE
8 !	08/07/1991	à 18H55 !	115 " !	35, " !	K.TRAORE
15 !	13/07/1991	à 15H40 !	116 " !	51, " !	K.TRAORE
7 !	08/07/1991	à 17H42 !	117 " !	57, " !	K.TRAORE
29 !	21/07/1991	à 18H55 !	117 " !	61, " !	K.TRAORE
38 !	07/08/1991	à 09H30 !	117 " !	55, " !	K.TRAORE
39 !	07/08/1991	à 11H19 !	117 " !	47, " !	K.TRAORE
45 !	21/08/1991	à 10H41 !	117 " !	33, " !	K.TRAORE
48 !	29/08/1991	à 17H25 !	117 " !	27, " !	K.TRAORE
50 !	11/09/1991	à 08H53 !	117 " !	22, " !	K.TRAORE
33 !	24/07/1991	à 17H59 !	120 " !	105, " !	K.TRAORE
47 !	29/08/1991	à 12H41 !	120 " !	62,4 " !	K.TRAORE
27 !	21/07/1991	à 15H01 !	121 " !	167, " !	K.TRAORE
28 !	21/07/1991	à 15H23 !	121 " !	117, " !	K.TRAORE
46 !	29/08/1991	à 10H08 !	121 " !	103, " !	K.TRAORE
51 !	11/09/1991	à 10H51 !	121 " !	184, " !	K.TRAORE
12 !	10/07/1991	à 18H02 !	122 " !	208, " !	K.TRAORE
21 !	16/07/1991	à 17H08 !	122 " !	148, " !	K.TRAORE
32 !	24/07/1991	à 15H56 !	122 " !	187, " !	K.TRAORE
3 !	05/07/1991	à 10H01 !	123 " !	178, " !	ORSTOM
14 !	13/07/1991	à 11H35 !	123 " !	168, " !	K.TRAORE
6 !	08/07/1991	à 15H03 !	124 " !	286, " !	K.TRAORE
26 !	21/07/1991	à 12H49 !	124 " !	294, " !	K.TRAORE
11 !	10/07/1991	à 17H16 !	125 " !	294, " !	K.TRAORE
20 !	16/07/1991	à 14H07 !	126 " !	383, " !	K.TRAORE
25 !	21/07/1991	à 12H19 !	126 " !	374, " !	K.TRAORE
44 !	20/08/1991	à 16H48 !	126 " !	224, " !	K.TRAORE
2 !	05/07/1991	à 08H55 !	127 " !	462, " !	K.TRAORE
19 !	16/07/1991	à 13H42 !	127 " !	407, " !	K.TRAORE
31 !	24/07/1991	à 11H54 !	127 " !	367, " !	K.TRAORE
37 !	06/08/1991	à 20H35 !	127 " !	330, " !	K.TRAORE
53 !	11/09/1991	à 17H10 !	127 " !	247, " !	K.TRAORE
13 !	13/07/1991	à 09H14 !	128 " !	454, " !	K.TRAORE
43 !	20/08/1991	à 13H30 !	128 " !	298, " !	K.TRAORE
5 !	08/07/1991	à 13H40 !	129 " !	522, " !	K.TRAORE
52 !	11/09/1991	à 13H35 !	129 " !	328, " !	K.TRAORE
24 !	21/07/1991	à 10H45 !	130 " !	577, " !	K.TRAORE
36 !	06/08/1991	à 18H30 !	131 " !	550, " !	K.TRAORE
10 !	10/07/1991	à 14H51 !	132 " !	757, " !	K.TRAORE
23 !	21/07/1991	à 10H16 !	132 " !	735, " !	K.TRAORE
42 !	20/08/1991	à 08H55 !	133 " !	497, " !	K.TRAORE
18 !	16/07/1991	à 10H54 !	134 " !	1,13 M3/S !	K.TRAORE
4 !	08/07/1991	à 08H57 !	135 CM !	1,27 M3/S !	K.TRAORE
9 !	10/07/1991	à 13H40 !	137 " !	1,22 " !	K.TRAORE
1 !	05/07/1991	à 06H45 !	150 " !	5,57 " !	K.TRAORE

ORSTOM

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

LABORATOIRE D'HYDROLOGIE

TAB.40

LISTE DES JAUGEAGES

Page 1

Edition du 25/11/1991 à 12H07

Station : 1271599230-1 DIARABOUGOU

Latit. 13.03.00

Rivière : DIARABOUGOU

Longit. -7.59.00

Pays : MALI

Bassin : DIARABOUGOU

Aire 20,6000 km2

Ordre de cotes croissantes

NO	Date	Heure	Cote	Débit	Auteur
23	24/07/1991	à 08H55	11 CM	1,	L/S ! CANARA
32	06/08/1991	à 09H50	13 "	2,	" ! CANARA
15	16/07/1991	à 16H40	14 "	5,	" ! CANARA
14	16/07/1991	à 14H00	17 "	20,	" ! CANARA
13	16/07/1991	à 11H50	21 "	70,	" ! CANARA
34	03/09/1991	à 17H42	23 "	3,	" ! CANARA
7	15/07/1991	à 22H28	24 "	203,	" ! CANARA
12	16/07/1991	à 10H25	24 "	89,	" ! CANARA
16	23/07/1991	à 14H50	24 "	27,	" ! CANARA
31	30/07/1991	à 16H45	24 "	48,	" ! CANARA
6	15/07/1991	à 22H00	28 "	289,	" ! CANARA
11	16/07/1991	à 09H15	29 "	244,	" ! CANARA
33	03/09/1991	à 10H20	30 "	60,	" ! CANARA
30	30/07/1991	à 13H00	31 "	115,	" ! CANARA
22	23/07/1991	à 18H45	35 "	250,	" ! CANARA
5	15/07/1991	à 21H40	38 "	399,	" ! CANARA
10	16/07/1991	à 08H15	38 "	534,	" ! CANARA
4	15/07/1991	à 21H22	39 "	485,	" ! CANARA
29	30/07/1991	à 11H13	39 "	244,	" ! CANARA
35	24/09/1991	à 21H15	39 "	357,	" ! CANARA
21	23/07/1991	à 18H15	41 "	365,	" ! CANARA
36	24/09/1991	à 21H50	45 "	416,	" ! CANARA
3	15/07/1991	à 20H00	48 "	311,	" ! CANARA
20	23/07/1991	à 17H10	48 "	486,	" ! CANARA
9	16/07/1991	à 07H50	51 "	761,	" ! CANARA
19	23/07/1991	à 16H45	54 "	681,	" ! CANARA
28	30/07/1991	à 09H48	54 "	492,	" ! CANARA
8	16/07/1991	à 06H30	57 "	857,	" ! CANARA
18	23/07/1991	à 16H10	58 "	754,	" ! CANARA
27	30/07/1991	à 09H30	61 "	672,	" ! CANARA
17	23/07/1991	à 15H50	63 "	953,	" ! CANARA
26	30/07/1991	à 08H00	93 "	960,	" ! CANARA
25	30/07/1991	à 07H30	112 "	1,26	M3/S ! CANARA
1	15/07/1991	à 18H10	123 "	2,01	" ! CANARA
2	15/07/1991	à 18H40	132 "	2,38	" ! CANARA
24	30/07/1991	à 07H00	141 "	1,75	" ! CANARA



Station : 1271599240-2 LE LIDO Latit. 12.41.00  
 Rivière : DOUNFING Longit. -8.03.00  
 Pays : MALI  
 Bassin : DOUNFING Aire 17,5000 km2  
 Ordre de cotes croissantes

NO !	Date	Heure !	Cote !	Débit	Auteur
1 !	18/06/1991 à 11H00 !	11 CM !	2,52 L/S !	GUIGUEN	
2 !	01/07/1991 à 09H04 !	13 " !	13,5 " !	JOIGNEREZ	
3 !	10/07/1991 à 12H11 !	14 " !	34,9 " !	LE COQ	
4 !	11/07/1991 à 03H25 !	16 " !	59,2 " !	LE COQ	
35 !	18/09/1991 à 13H10 !	18 " !	101, " !	T.HENRY DES TUREAUX	
36 !	21/09/1991 à 18H25 !	18 " !	92,7 " !	T.HENRY DES TUREAUX	
37 !	24/09/1991 à 09H35 !	18 " !	103, " !	T.HENRY DES TUREAUX	
12 !	08/08/1991 à 10H35 !	20 " !	148, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
30 !	28/08/1991 à 09H45 !	21 " !	136, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
31 !	28/08/1991 à 10H20 !	21 " !	132, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
32 !	28/08/1991 à 10H55 !	21 " !	147, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
34 !	02/09/1991 à 17H00 !	21 " !	128, " !	A.JOIGNEREZ	
23 !	22/08/1991 à 16H01 !	22 " !	188, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
24 !	22/08/1991 à 16H34 !	22 " !	175, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
25 !	24/08/1991 à 08H34 !	22 " !	175, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
18 !	18/08/1991 à 18H30 !	23 " !	256, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
26 !	24/08/1991 à 09H29 !	23 " !	179, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
27 !	24/08/1991 à 10H05 !	23 " !	199, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
28 !	24/08/1991 à 18H15 !	23 " !	191, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
13 !	10/08/1991 à 01H30 !	24 " !	304, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
19 !	18/08/1991 à 19H00 !	24 " !	246, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
20 !	19/08/1991 à 10H55 !	24 " !	269, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
21 !	19/08/1991 à 12H05 !	24 " !	236, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
22 !	19/08/1991 à 16H58 !	25 " !	263, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
38 !	06/10/1991 à 13H00 !	26 " !	309, " !	HENRY DES TUREAUX	
17 !	17/08/1991 à 17H10 !	27 " !	430, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
33 !	30/08/1991 à 13H17 !	27 " !	456, " !	HENRY DES TUREAUX	
15 !	17/08/1991 à 15H31 !	28 " !	605, " !	HENRY DES TUREAUX	
16 !	17/08/1991 à 16H10 !	28 " !	516, " !	HENRY DES TUREAUX.T	
11 !	30/07/1991 à 14H25 !	29 " !	651, " !	JOIGNEREZ	
14 !	17/08/1991 à 13H45 !	30 " !	896, " !	HENRI DES TUREAUX	
10 !	30/07/1991 à 12H03 !	33 " !	1,28 M3/S !	JOIGNEREZ	
9 !	30/07/1991 à 10H55 !	35 " !	1,72 " !	JOIGNEREZ	
8 !	26/07/1991 à 17H10 !	43 " !	3,07 " !	HENRY DES TUREAUX.T	
29 !	27/08/1991 à 14H45 !	47 " !	3,86 " !	JOIGNEREZ	
7 !	26/07/1991 à 16H32 !	50 " !	4,75 " !	GUIGUEN	
6 !	26/07/1991 à 16H13 !	57 " !	6,2 " !	LE COQ	
5 !	26/07/1991 à 15H57 !	66 " !	8,43 " !	GUIGUEN	

Station : 1271699250-1 BELEKONI Latit. 11.21.00  
 Rivière : BELEKONI Longit. -7.29.00  
 Pays : MALI  
 Bassin : BELEKONI Aire 120,000 km2  
 Ordre de cotes croissantes

NO	Date	Heure	Cote	Débit	Auteur	
38	01/11/1991	à 13H01	51 CM	68,	L/S	GUIGUEN
5	10/07/1991	à 07H00	55 "	33,	"	DIARRA
7	12/07/1991	à 13H00	55 "	43,2	"	GUIGEN
6	11/07/1991	à 09H05	57 "	66,7	"	DIARRA
32	14/09/1991	à 07H50	60 "	277,	"	DIARRA
4	05/07/1991	à 08H00	63 "	231,	"	DIARRA
35	25/09/1991	à 08H53	63 "	380,	"	DIARRA
34	24/09/1991	à 09H55	65 "	532,	"	JOIGNEREZ
31	06/09/1991	à 16H45	66 "	460,	"	DIARRA
33	20/09/1991	à 08H00	66 "	530,	"	DIARRA
11	17/07/1991	à 07H10	67 "	450,	"	DIARRA
29	26/08/1991	à 09H35	70 "	537,	"	DIARRA
37	30/09/1991	à 15H05	70 "	665,	"	DIARRA
36	30/09/1991	à 09H30	71 "	700,	"	DIARRA
3	04/07/1991	à 08H30	78 "	945,	"	DIARRA
28	22/08/1991	à 07H10	78 "	870,	"	DIARRA
18	29/07/1991	à 07H15	79 "	582,	"	DIARRA
27	20/08/1991	à 16H05	80 "	873,	"	DIARRA
8	13/07/1991	à 23H40	83 "	860,	"	DIARRA
30	28/08/1991	à 08H40	86 "	1,38	M3/S	DIARRA
24	14/08/1991	à 07H05	90 "	1,6	"	DIARRA
16	19/07/1991	à 07H30	93 "	1,74	"	DIARRA
26	16/08/1991	à 06H55	100 "	2,18	"	DIARRA
21	05/08/1991	à 10H35	110 "	2,8	"	DIARRA
23	11/08/1991	à 15H10	110 "	2,96	"	DIARRA
9	14/07/1991	à 07H05	114 "	3,43	"	DIARRA
22	10/08/1991	à 08H05	119 "	3,37	"	DIARRA
10	14/07/1991	à 08H46	120 "	3,3	"	DIARRA
19	31/07/1991	à 07H20	120 "	4,03	"	DIARRA
1	03/07/1991	à 09H30	123 "	3,61	"	DIARRA
12	18/07/1991	à 08H45	124 "	3,05	"	DIARRA
13	18/07/1991	à 10H08	130 "	3,95	"	DIARRA
25	15/08/1991	à 07H20	130 "	4,18	"	DIARRA
2	03/07/1991	à 15H00	140 "	4,39	"	DIARRA
20	31/07/1991	à 17H20	145 "	5,38	"	DIARRA
14	18/07/1991	à 11H50	153 "	6,42	"	DIARRA
15	18/07/1991	à 13H35	157 "	6,7	"	DIARRA
17	21/07/1991	à 16H30	159 "	6,67	"	DIARRA

ORSTOM

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

LABORATOIRE D'HYDROLOGIE

TAB.43

LISTE DES JAUGEAGES

Page 1

Edition du 25/11/1991 à 11H56

Station : 1271699260-1 KOUTIALA Latit. 12.23.00  
 Rivière : KOUTIALA Longit. -5.29.00  
 Pays : MALI Altit. 350M  
 Bassin : KOUTIALA Aire 24,8000 km2  
 Ordre de cotes croissantes

NO	Date	Heure	Cote	Débit	Auteur
8	18/07/1991	à 18H16	118 CM	6,3 L/S	M. TRAORE
6	18/07/1991	à 13H25	124 "	55,3 "	JOIGNEREZ
7	18/07/1991	à 13H53	124 "	45, "	M. TRAORE
19	11/09/1991	à 07H15	125 "	72, "	M. TRAORE
5	18/07/1991	à 11H05	129 "	262, "	GUIGUEN
11	07/08/1991	à 12H06	130 "	350, "	M. TRAORE
3	27/06/1991	à 13H43	131 "	430, "	M. TRAORE
16	24/08/1991	à 09H00	134 "	835, "	M. TRAORE
17	10/09/1991	à 17H54	139 "	1,46 M3/S	M. TRAORE
2	27/06/1991	à 11H35	141 "	1,22 "	M. TRAORE
15	24/08/1991	à 07H35	144 "	1,78 "	M. TRAORE
1	27/06/1991	à 10H53	147 "	2,48 "	M. TRAORE
10	30/07/1991	à 00H37	151 "	3, "	M. TRAORE
14	24/08/1991	à 07H00	152 "	3,46 "	M. TRAORE
4	12/07/1991	à 16H50	155 "	4,3 "	M. TRAORE
9	30/07/1991	à 00H06	162 "	6,23 "	M. TRAORE
13	24/08/1991	à 04H00	166 "	6,25 "	M. TRAORE
12	24/08/1991	à 03H30	172 "	8,46 "	M. TRAORE
18	10/09/1991	à 18H50	173 "	8,69 "	M. TRAORE

ORSTOM

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

LABORATOIRE D'HYDROLOGIE

TAB.44

LISTE DES JAUGEAGES

Page 1

Edition du 17/12/1991 à 10H42

Station : 1271699270-1 SINKORONI

Latit. 13.52.00

Rivière : SINKORONI

Longit. -4.08.00

Pays : MALI

Bassin : SINKORONI

Aire 9,60000 km2

Ordre de cotes croissantes

NO !	Date	Heure !	Cote !	Débit	Auteur
6 !	18/07/1991 à	09H45 !	20 CM !	87, L/S !	DJIGANDE
10 !	31/07/1991 à	17H07 !	21 " !	63, " !	DJIGANDE
5 !	18/07/1991 à	07H50 !	24 " !	168, " !	DJIGANDE
18 !	24/08/1991 à	09H00 !	25 " !	252, " !	JOIGNEREZ
3 !	27/06/1991 à	12H30 !	30 " !	382, " !	DJIGANDE
17 !	24/08/1991 à	07H33 !	31 " !	352, " !	JOIGNEREZ
4 !	18/07/1991 à	05H50 !	33 " !	452, " !	DJIGANDE
9 !	31/07/1991 à	12H43 !	33 " !	432, " !	DJIGANDE
16 !	24/08/1991 à	06H13 !	39 " !	783, " !	JOIGNEREZ
2 !	27/06/1991 à	10H35 !	43 " !	1,44 M3/S !	DJIGANDE
15 !	24/08/1991 à	05H18 !	47 " !	1,83 " !	JOIGNEREZ
8 !	25/07/1991 à	13H10 !	49 " !	2,03 " !	DJIGANDE
12 !	07/08/1991 à	16H20 !	49 " !	2,32 " !	DJIGANDE
1 !	27/06/1991 à	09H00 !	55 " !	2,13 " !	DJIGANDE
14 !	24/08/1991 à	03H45 !	56 " !	2,41 " !	JOIGNEREZ
13 !	24/08/1991 à	03H00 !	58 " !	2,97 " !	JOIGNEREZ
11 !	07/08/1991 à	16H00 !	60 " !	3,29 " !	DJIGANDE
7 !	25/07/1991 à	12H32 !	67 " !	4,55 " !	DJIGANDE

## IMPRESSION DES ETALONNAGES

Capteur : 1272699200-1 TINKARE Latit. 14.30.00  
 Rivière : TINKARE Longit. -90.11.00  
 Pays : MALI  
 Bassin : TINKARE Aire 22.6000 km2

Etalonnage valide du 01/08/1991 à 00H00 au 31/12/1991 à 24H00  
 de +0000 à +0210 CM

bi-univoque 0

Etalonnage valide du 01/01/1991 à 00H00 au 31/07/1991 à 24H00  
 de +0000 à +0210 CM

bi-univoque 0

Cotes (CM)	Débits (M3/S)	Cotes (CM)	Débits (M3/S)
+0000	000000,000	+0150	000003,000
+0100	000000,000	+0155	000004,100
+0106	000000,000	+0160	000005,300
+0108	000000,002	+0170	000008,000
+0110	000000,005	+0180	000011,100
+0112	000000,010	+0190	000014,600
+0114	000000,017	+0200	000018,600
+0116	000000,027	+0210	000023,000
+0118	000000,042		
+0120	000000,069		
+0122	000000,110		
+0124	000000,161		
+0126	000000,225		
+0128	000000,310		
+0130	000000,420		
+0132	000000,550		
+0134	000000,720		
+0136	000000,915		
+0138	000001,140		
+0140	000001,400		
+0145	000002,080		

Cotes (CM)	Débits (M3/S)	Cotes (CM)	Débits (M3/S)
+0000	000000,000	+0150	000003,900
+0100	000000,000	+0155	000005,150
+0106	000000,000	+0160	000006,500
+0108	000000,002	+0170	000009,580
+0110	000000,006	+0180	000012,900
+0112	000000,014	+0190	000016,800
+0114	000000,027	+0200	000021,100
+0116	000000,046	+0210	000025,600
+0118	000000,071		
+0120	000000,115		
+0122	000000,176		
+0124	000000,256		
+0126	000000,355		
+0128	000000,468		
+0130	000000,600		
+0132	000000,760		
+0134	000000,970		
+0136	000001,220		
+0138	000001,500		
+0140	000001,820		
+0145	000002,800		

## IMPRESSION DES ETALONNAGES

Capteur : 1272699210-1 SENE01  
 Rivière : SENE  
 Pays : MALI  
 Bassin : SENE

Latit. 13.06.00  
 Longit. -9.33.00  
 Aire 9.05000 km2

Etalonnage valide du 01/01/1991 à 00H00 au 31/12/1992 à 23H59  
 de +0000 à +0310 CM

bi-univoque

0

Cotes V  
 (CM) (M3 )

+0000 000000,000  
 +0020 000500,000  
 +0040 001200,000  
 +0060 002000,000  
 +0080 003000,000  
 +0100 004500,000  
 +0120 007000,000  
 +0140 010200,000  
 +0160 014600,000  
 +0180 019800,000  
 +0200 026000,000  
 +0220 033200,000  
 +0240 041700,000  
 +0260 051900,000  
 +0280 064400,000  
 +0300 077600,000  
 +0310 084600,000

Capteur : 1272699220-1 SENE02  
 Rivière : SENE  
 Pays : MALI  
 Bassin : SENE

Latit. 13.06.00  
 Longit. -9.33.00  
 Aire 5.30000 km2

Etalonnage valide du 01/01/1991 à 00H00 au 31/12/1992 à 24H00  
 de +0000 à +0086 CM

bi-univoque

0

Cotes (CM)	Débits (L/S )	Cotes (CM)	Débits (L/S )
+0000	000000,000	+0078	003550,000
+0050	000000,000	+0080	004320,000
+0051	000003,000	+0082	005400,000
+0052	000008,000	+0084	006800,000
+0053	000014,000	+0086	008500,000
+0054	000021,000		
+0055	000030,000		
+0056	000040,000		
+0057	000052,000		
+0058	000065,000		
+0059	000080,000		
+0060	000110,000		
+0061	000160,000		
+0062	000230,000		
+0064	000430,000		
+0066	000670,000		
+0068	001000,000		
+0070	001400,000		
+0072	001850,000		
+0074	002350,000		
+0076	002900,000		

## IMPRESSION DES ETALONNAGES

Capteur : 1271599230-1 DIARABOUGOU Latit. 13.03.00  
 Rivière : DIARABOUGOU Longit. -7.59.00  
 Pays : MALI  
 Bassin : DIARABOUGOU Aire 20.6000 km2

Etalonnage valide du 30/07/1991 à 00H00 au 31/12/1991 à 24H00  
 de +0000 à +0220 CM

bi-univoque 0

Capteur : 1271599230-1 DIARABOUGOU Latit. 13.03.  
 Rivière : DIARABOUGOU Longit. -7.59.  
 Pays : MALI  
 Bassin : DIARABOUGOU Aire 20.6000 km2

Cotes (CM)	Débits (M3/S)	Cotes (CM)	Débits (M3/S)
+0000	000000,000	+0175	000004,600
+0010	000000,000	+0180	000005,500
+0015	000000,020	+0185	000006,550
+0020	000000,050	+0190	000008,000
+0030	000000,130	+0200	000012,000
+0040	000000,230	+0210	000016,700
+0050	000000,340	+0220	000022,300
+0060	000000,460		
+0070	000000,600		
+0080	000000,740		
+0090	000000,885		
+0100	000001,040		
+0110	000001,210		
+0120	000001,390		
+0130	000001,580		
+0140	000001,820		
+0150	000002,150		
+0155	000002,400		
+0160	000002,750		
+0165	000003,200		
+0170	000003,850		

Etalonnage valide du 01/01/1991 à 00H00 au 29/07/1991 à 24H00  
 de +0000 à +0220 CM

bi-univoque 0

Cotes (CM)	Débits (M3/S)	Cotes (CM)	Débits (M3/S)
+0000	000000,000	+0175	000005,200
+0010	000000,000	+0180	000005,950
+0015	000000,050	+0185	000007,100
+0020	000000,110	+0190	000008,600
+0030	000000,280	+0200	000012,400
+0040	000000,460	+0210	000017,300
+0050	000000,650	+0220	000022,500
+0060	000000,845		
+0070	000001,040		
+0080	000001,230		
+0090	000001,420		
+0100	000001,620		
+0110	000001,830		
+0120	000002,040		
+0130	000002,270		
+0140	000002,540		
+0150	000002,950		
+0155	000003,280		
+0160	000003,650		
+0165	000004,100		
+0170	000004,600		

## IMPRESSION DES ETALONNAGES

Capteur : 1271599240-1 LE LIDO Latit. 12.41.00  
 Rivière : DOUNFING Longit. -8.03.00  
 Pays : MALI  
 Bassin : DOUNFING Aire 17.5000 km2

Etalonnage valide du 01/01/1991 à 00H00 au 31/12/1992 à 24H00  
 de -0010 à +0160 CM

bi-univoque 0

Cotes (CM)	Débits (M3/S)	Cotes (CM)	Débits (M3/S)
-0010	000000,000	+0140	000027,400
+0000	000000,000	+0150	000030,900
+0010	000000,000	+0160	000035,400
+0012	000000,010		
+0015	000000,040		
+0020	000000,120		
+0025	000000,340		
+0030	000000,800		
+0035	000001,550		
+0040	000002,400		
+0045	000003,450		
+0050	000004,600		
+0055	000005,800		
+0060	000007,100		
+0070	000009,600		
+0080	000012,100		
+0090	000014,600		
+0100	000017,100		
+0110	000019,600		
+0120	000022,200		
+0130	000024,800		



## IMPRESSION DES ETALONNAGES

Capteur : 1271699250-1 BELEKONI Latit. 11.21.00  
 Rivière : BELEKONI Longit. -7.29.00  
 Pays : MALI  
 Bassin : BELEKONI Aire 120.000 km2

Etalonnage valide du 01/01/1991 à 00H00 au 31/12/1992 à 24H00  
 de +0000 à +0260 CM  
 bi-univoque 0

Cotes (CM)	Débits (M3/S)	Cotes (CM)	Débits (M3/S)
+0000	000000,000	+0210	000012,700
+0040	000000,000	+0220	000013,600
+0045	000000,015	+0230	000014,500
+0050	000000,050	+0240	000015,400
+0055	000000,120	+0250	000016,900
+0060	000000,225	+0260	000020,400
+0065	000000,385		
+0070	000000,590		
+0080	000001,040		
+0090	000001,550		
+0100	000002,100		
+0110	000002,880		
+0120	000003,760		
+0130	000004,650		
+0140	000005,600		
+0150	000006,670		
+0160	000007,880		
+0170	000008,830		
+0180	000009,810		
+0190	000010,800		
+0200	000011,800		

IMPRESSTON DES ETALONNAGES

TAB.50

Capteur : 1271699150-1 KAMBO-AVAL  
 Rivière : KAMBO  
 Pays : MALI  
 Bassin : NIGER-BANI

Latit. 10.37.50  
 Longit. -5.47.40  
 Altit. 320M  
 Aire 10.0000 km2

Etalonnage valide du 01/01/1991 à 00H00 au 04/08/1991 à 11H35  
 de -0150 à +0076 CM  
 bi-univoque 0

Capteur : 1271699150-2 KAMBO-AVAL  
 Rivière : KAMBO  
 Pays : MALI  
 Bassin : NIGER-BANI

Cotes (CM)	Débites (L/S)
-0150	000000,000
+0064	000000,000
+0065	000016,000
+0066	000036,000
+0067	000060,000
+0068	000092,000
+0069	000132,000
+0070	000200,000
+0071	000312,000
+0072	000470,000
+0073	000676,000
+0074	000940,000
+0075	001280,000
+0076	001720,000

Etalonnage valide du 01/01/1988 à 00H00 au 31/12/1991 à 24H00  
 de -0150 à +0076 CM  
 bi-univoque 0

Cotes (CM)	Débites (L/S)
-0150	000000,000
+0046	000000,000
+0048	000002,000
+0050	000004,000
+0052	000008,000
+0054	000014,000
+0056	000021,000
+0058	000029,000
+0060	000040,000
+0062	000056,000
+0064	000080,000
+0066	000125,000
+0068	000200,000
+0070	000316,000
+0071	000410,000
+0072	000540,000
+0074	000980,000
+0076	001720,000

Capteur : 1271699150-4 KAMBO-AVAL  
 Rivière : KAMBO  
 Pays : MALI  
 Bassin : NIGER-BANI

Etalonnage valide du 15/10/1991 à 06H50 au 31/12/1991 à 24H00  
 de -0150 à +0076 CM  
 bi-univoque 0

Capteur : 1271699150-3 KAMBO-AVAL  
 Rivière : KAMBO  
 Pays : MALI  
 Bassin : NIGER-BANI

Latit. 10.37.50  
 Longit. -5.47.40  
 Altit. 320M  
 Aire 10.0000 km2

Cotes (CM)	Débites (L/S)
-0150	000000,000
+0060	000000,000
+0061	000002,000
+0062	000004,000
+0063	000008,000
+0064	000012,000
+0065	000024,000
+0066	000042,000
+0067	000064,000
+0068	000095,000
+0069	000135,000
+0070	000200,000
+0071	000312,000
+0072	000470,000
+0073	000676,000
+0074	000940,000
+0075	001280,000
+0076	001720,000

Etalonnage valide du 01/01/1988 à 00H00 au 31/12/1991 à 24H00  
 de -0150 à +0076 CM  
 bi-univoque 0

Cotes (CM)	Débites (L/S)	Cotes (CM)	Débites (L/S)
-0150	000000,000	+0062	000410,000
+0020	000000,000	+0064	000456,000
+0024	000004,000	+0066	000506,000
+0026	000009,000	+0068	000558,000
+0028	000015,000	+0070	000640,000
+0030	000023,000	+0072	000780,000
+0032	000033,000	+0074	001110,000
+0034	000044,000	+0076	001720,000
+0036	000060,000		
+0038	000078,000		
+0040	000096,000		
+0042	000115,000		
+0044	000134,000		
+0046	000157,000		
+0048	000181,000		
+0050	000206,000		
+0052	000234,000		
+0054	000260,000		
+0056	000294,000		
+0058	000330,000		
+0060	000368,000		

## IMPRESSION DES ETALONNAGES

Capteur	: 1271699260-1 KOUTIALA	Latit.	12.23.00
Rivière	: KOUTIALA	Longit.	-5.29.00
Pays	: MALI	Altit.	350M
Bassin	: KOUTIALA	Aire	24.8000 km2

Etalonnage valide du 01/01/1991 à 00H00 au 31/12/1991 à 24H00  
de +0100 à +0220 CM

bi-univoque 0

Cotes (CM)	Débits (M3/S)	Cotes (CM)	Débits (M3/S)
+0100	000000,000	+0200	000019,400
+0115	000000,000	+0205	000021,700
+0118	000000,006	+0210	000024,000
+0120	000000,014	+0215	000026,300
+0123	000000,034	+0220	000028,800
+0125	000000,068		
+0127	000000,140		
+0130	000000,350		
+0135	000000,800		
+0140	000001,400		
+0145	000002,100		
+0150	000002,950		
+0155	000004,000		
+0160	000005,100		
+0165	000006,350		
+0170	000007,700		
+0175	000009,300		
+0180	000011,000		
+0185	000012,900		
+0190	000015,000		
+0195	000017,200		

## IMPRESION DES ETALONNAGES

Capteur : 1271699270-1 SINKORONI Latit. 13.52.00  
 Rivière : SINKORONI Longit. -4.08.00  
 Pays : MALI  
 Bassin : SINKORONI Aire 9.60000 km2

Etalonnage valide du 01/01/1991 à 00H00 au 31/12/1992 à 24H00

de +0000 à +0160 CM

bi-univoque 0

Cotes (CM)	Débits (M3/S)	Cotes (CM)	Débits (M3/S)
+0000	000000,000	+0110	000013,600
+0013	000000,000	+0115	000015,800
+0016	000000,015	+0120	000018,400
+0020	000000,090	+0130	000024,600
+0025	000000,210	+0140	000032,000
+0030	000000,350	+0150	000040,400
+0035	000000,600	+0160	000050,000
+0040	000000,960		
+0045	000001,430		
+0050	000001,980		
+0055	000002,580		
+0060	000003,230		
+0065	000003,960		
+0070	000004,700		
+0075	000005,480		
+0080	000006,360		
+0085	000007,200		
+0090	000008,150		
+0095	000009,200		
+0100	000010,500		
+0105	000011,900		

TRADUCTION DES COTES EN DEBITS

TAB.53

AU BARRAGE DE KAMBO EN 1991

DEBUT		FIN		Nb VANNES	BAREME
Date	Heure	Date	Heure		
01-Jan	00.00	04-Aoû	11.35	2	1
04-Aoû	11.35	04-Aoû	16.50	1	2
04-Aoû	16.50	11-Aoû	17.50	0	3
11-Aoû	17.50	13-Aoû	18.10	2	1
13-Aoû	18.10	15-Aoû	18.50	1	2
15-Aoû	18.50	16-Aoû	18.30	2	1
16-Aoû	16.30	20-Aoû	16.30	1	2
20-Aoû	16.30	21-Aoû	07.10	2	1
21-Aoû	07.10	23-Aoû	10.30	1	2
23-Aoû	10.30	24-Aoû	08.20	0	3
24-Aoû	08.20	25-Aoû	09.10	1	2
25-Aoû	09.10	26-Aoû	07.10	0	3
26-Aoû	07.10	27-Aoû	13.45	2	1
27-Aoû	13.45	27-Aoû	19.10	0	3
27-Aoû	19.10	28-Aoû	09.15	2	1
28-Aoû	09.15	28-Aoû	18.00	1	2
28-Aoû	18.00	30-Aoû	17.30	2	1
30-Aoû	17.30	04-Sep	07.10	1	2
04-Sep	07.10	04-Sep	17.15	2	1
04-Sep	17.15	05-Sep	19.20	1	2
05-Sep	19.20	06-Sep	18.50	2	1
06-Sep	18.50	07-Sep	07.15	1	2
07-Sep	07.15	13-Sep	23.50	2	1
13-Sep	23.50	14-Sep	17.50	1	2
14-Sep	17.50	29-Sep	22.10	2	1
29-Sep	22.00	30-Sep	07.10	1	2
30-Sep	07.10	15-Oct	06.50	2	1
15-Oct	06.50	28-Oct	17.00	2	4
28-Oct	17.00	29-Oct	06.00	1	2
29-Oct	06.00	31-Oct	07.00	2	4
31-Oct	07.00	02-Nov	07.00	1	2
02-Nov	07.00	05-Nov	19.00	2	4
05-Nov	19.00	13-Nov	18.00	1	2
13-Nov	18.00	14-Nov	07.00	0	3
14-Nov	07.00	15-Nov	20.00	1	2
15-Nov	20.00	17-Nov	07.00	0	3
17-Nov	07.00	19-Nov	16.00	2	4
19-Nov	16.00	21-Nov	06.30	0	3
21-Nov	06.30	26-Nov	06.50	1	2
26-Nov	06.50	31-Déc	23.59	2	4

## PLUVIOMETRIE : COEFFICIENTS DE THIESSEN

ANNEE 1991

BASSIN	COEFFICIENTS DE THIESSEN				
	1	2	3	4	5
TINKARE	0,36	0,28	0,36		
SEME 1	0,63	0,32			0,05
SEME 2			0,37	0,52	0,11
DIARABOUGOU	0,45	0,30	0,25		
DOUNFING	0,16	0,26	0,23	0,35	
BELEKONI	0,16	0,26	0,24	0,34	
KAMBO	0,11	0,19	0,26	0,20	0,24
KOUTIALA	0,20	0,29	0,19	0,32	
SINKORONI	0,31	0,41	0,28		

PRECIPITATIONS ANNUELLES A DIEMA: 1941-1989

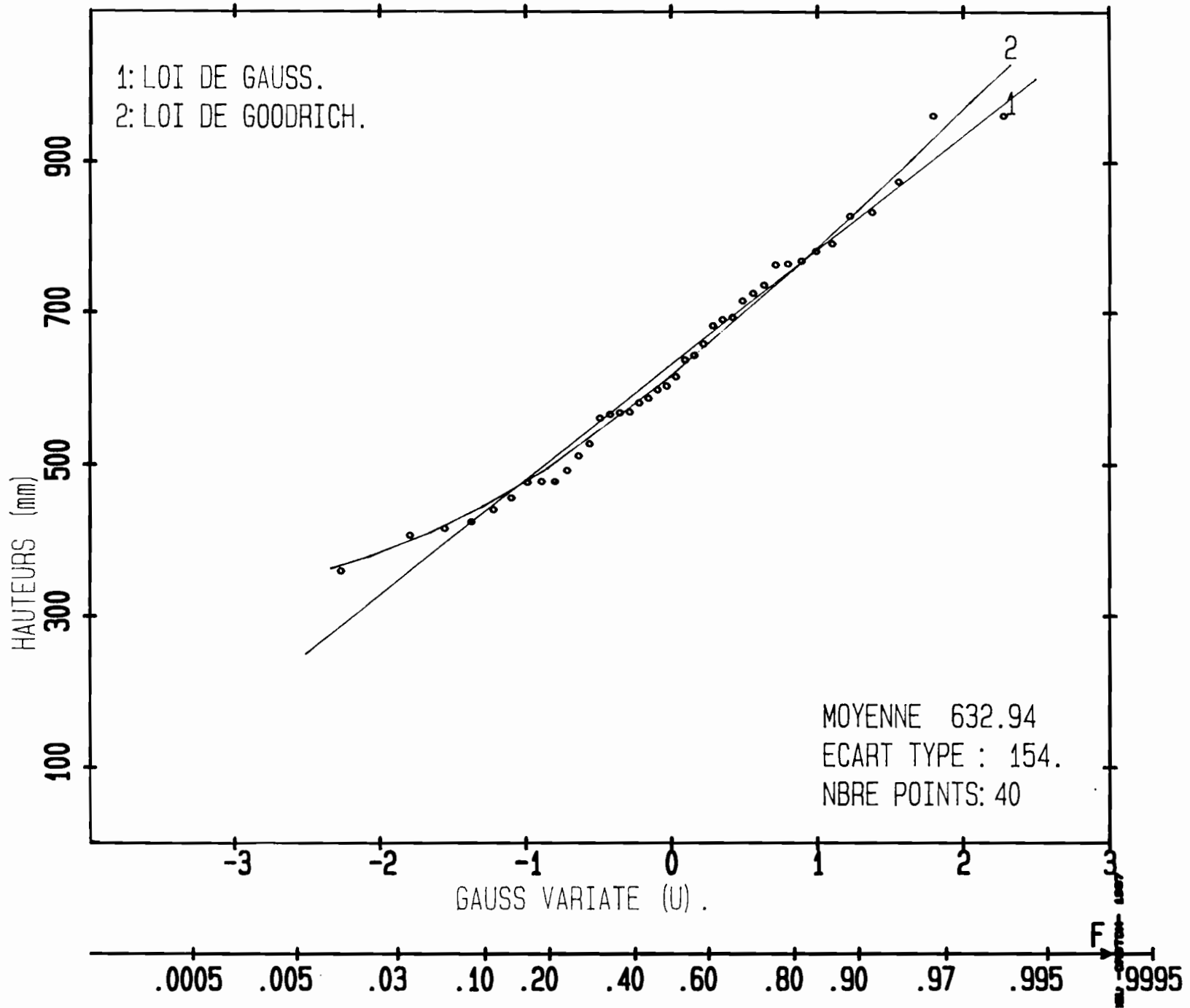


FIG.50

PRECIPITATIONS ANNUELLES A KITA: 1924-1990

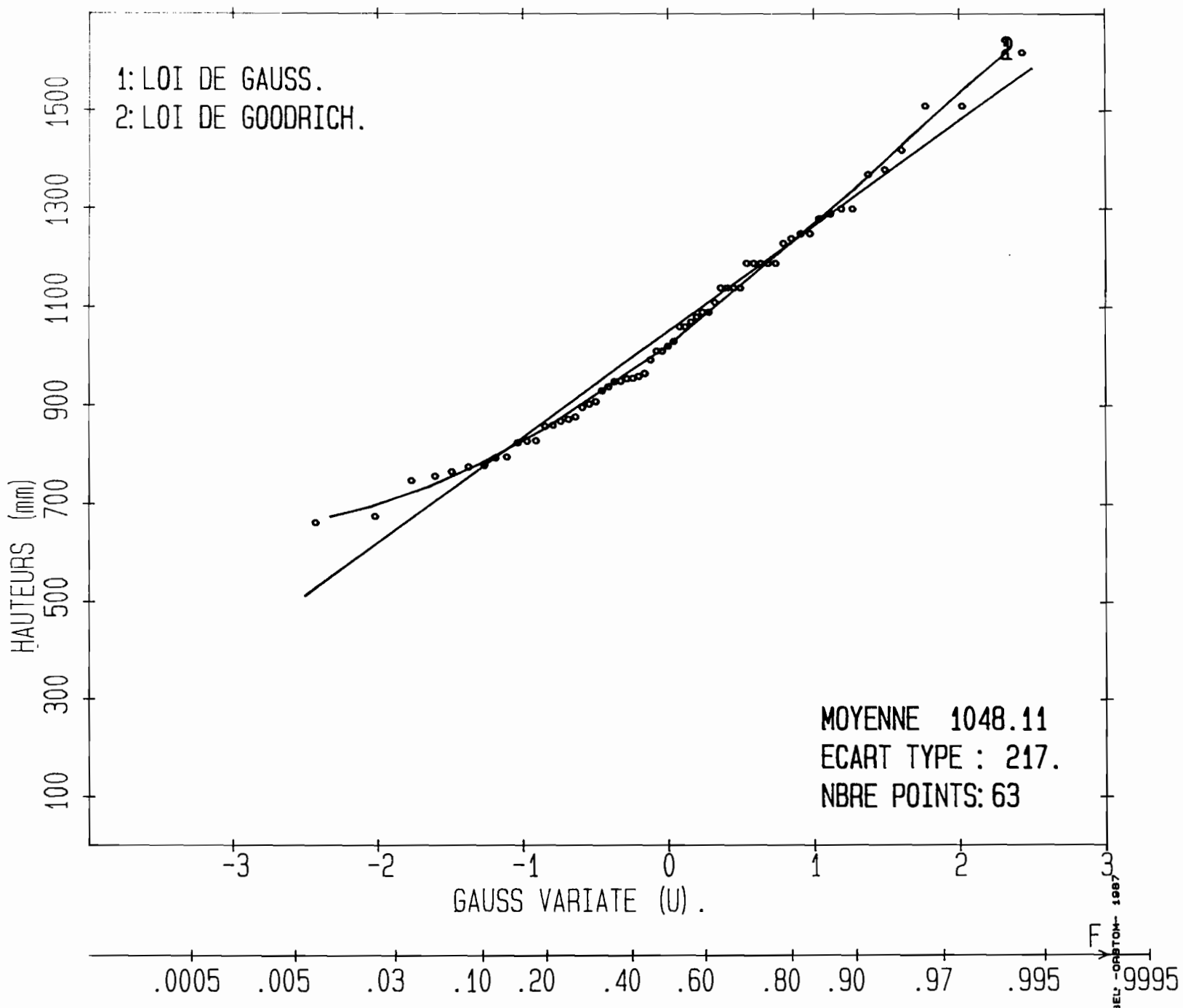


FIG.51



PRECIPITATIONS ANNUELLES A KOLOKANI: 1923-1990

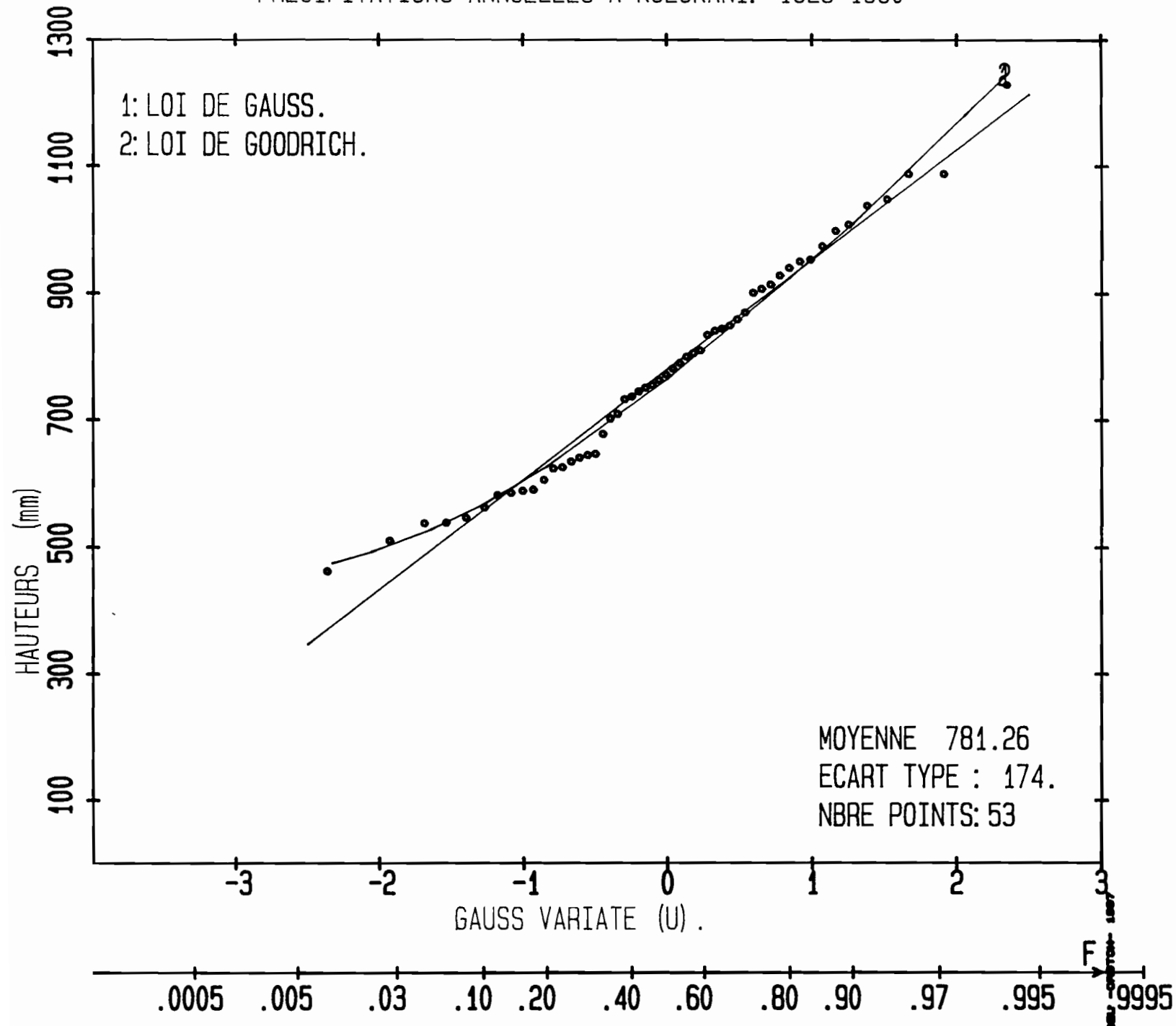


FIG.52

# PRECIPITATIONS ANNUELLES A BAMAKO: 1922-1990

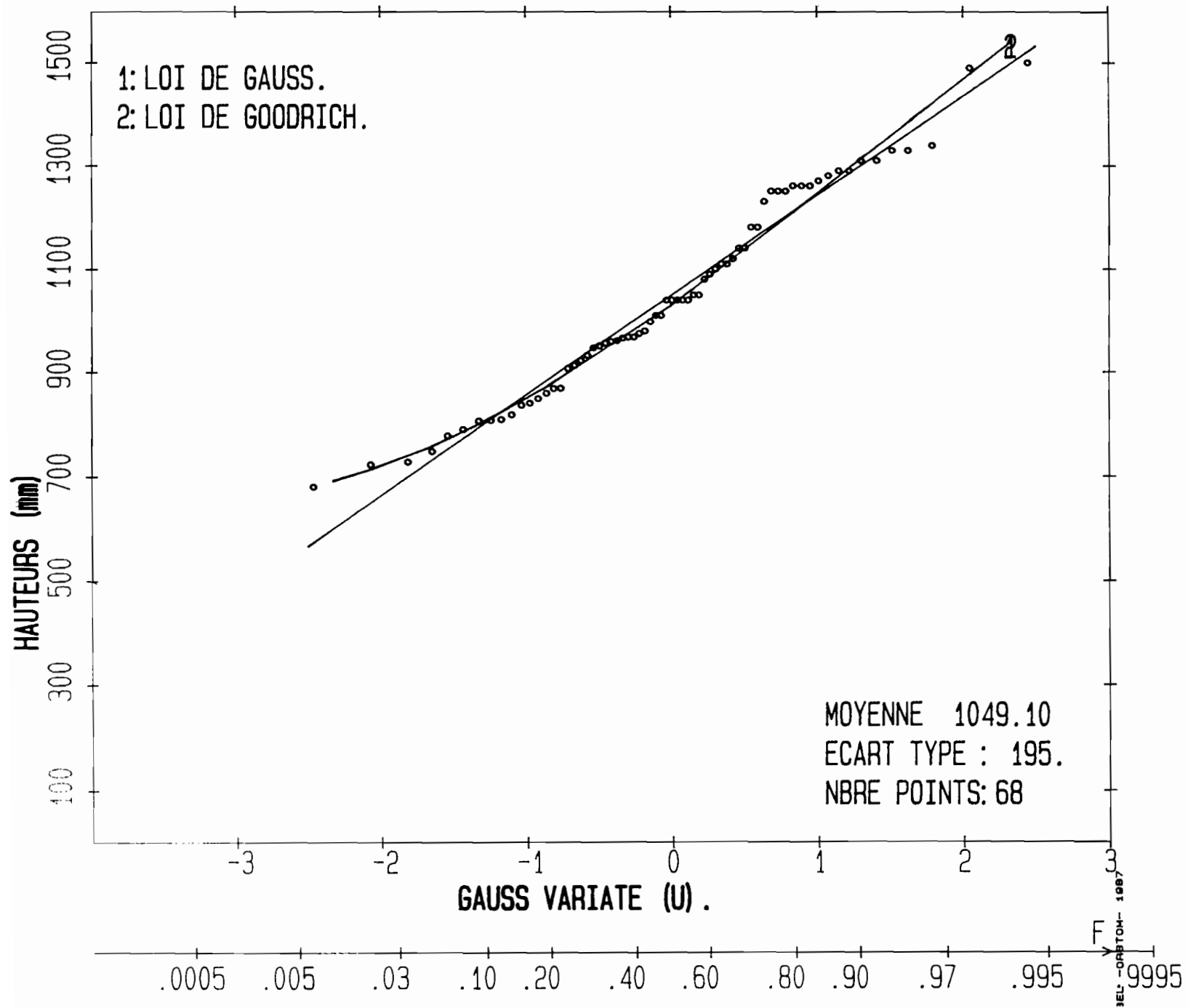


FIG.53

# PRECIPITATIONS ANNUELLES A BOUGOUNI: 1921-1990

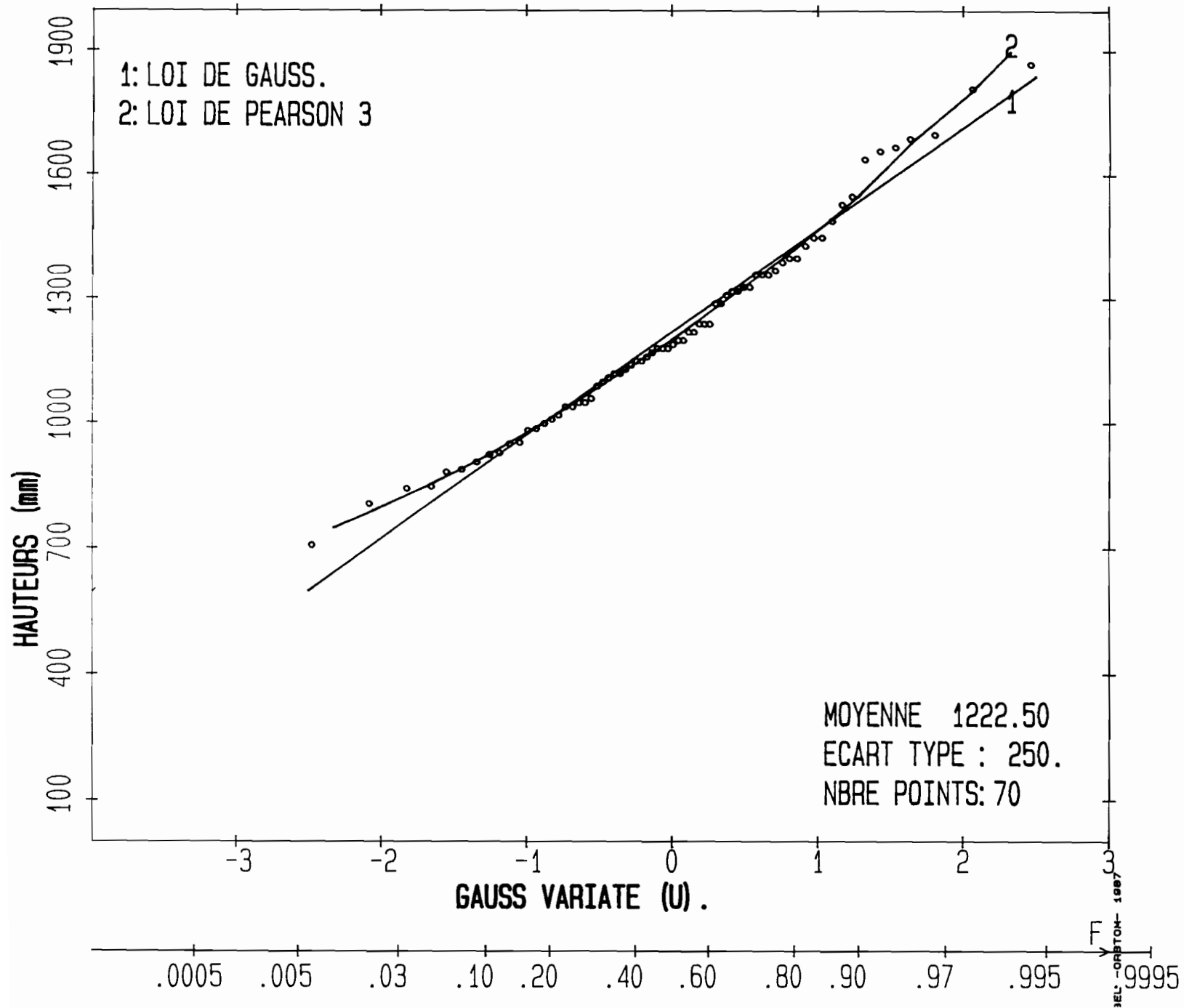


FIG.54

# PRECIPITATIONS ANNUELLES A KADIOLO: 1954-1990

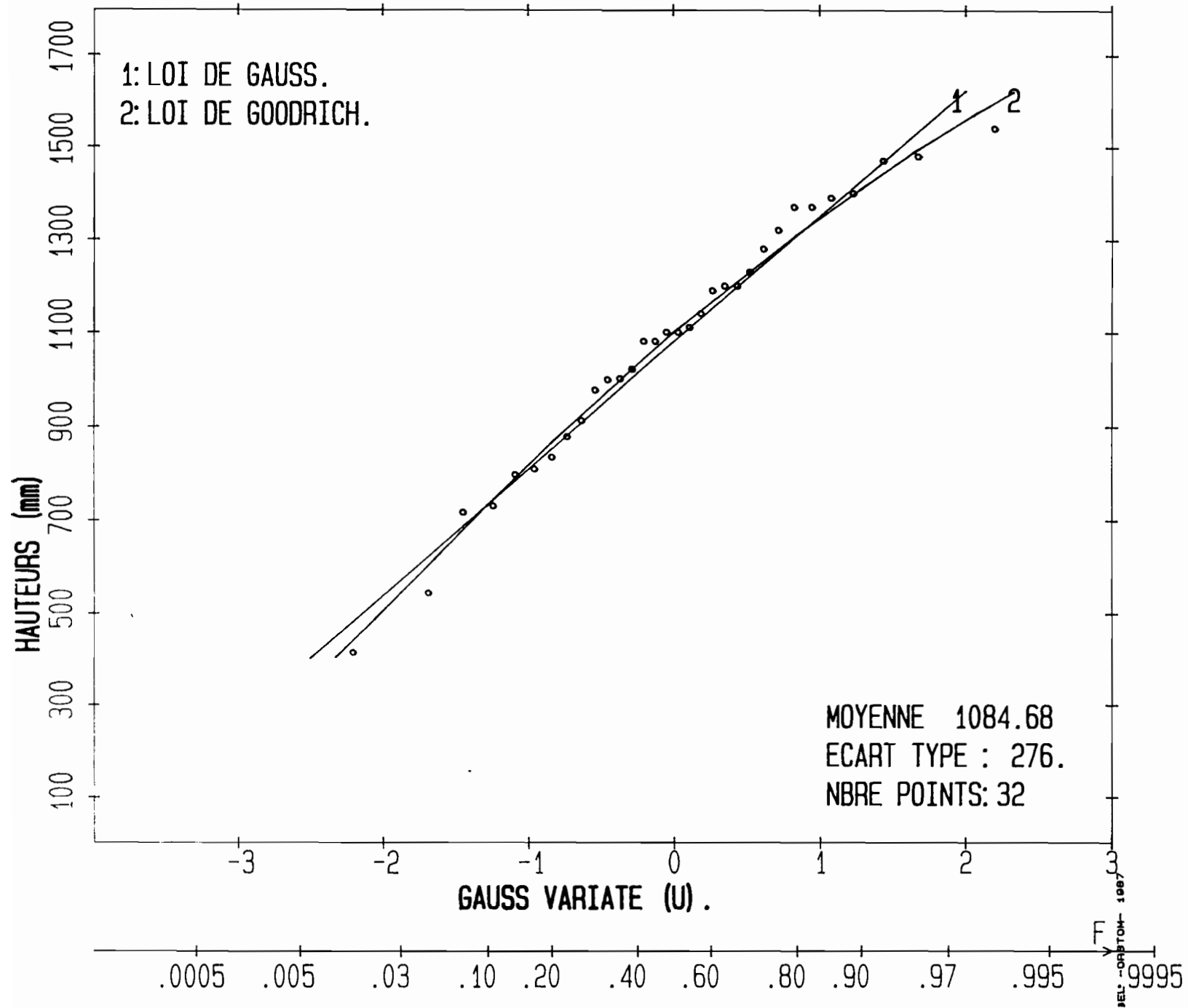


FIG.55

# PRECIPITATIONS ANNUELLES A SIKASSO: 1909-1990

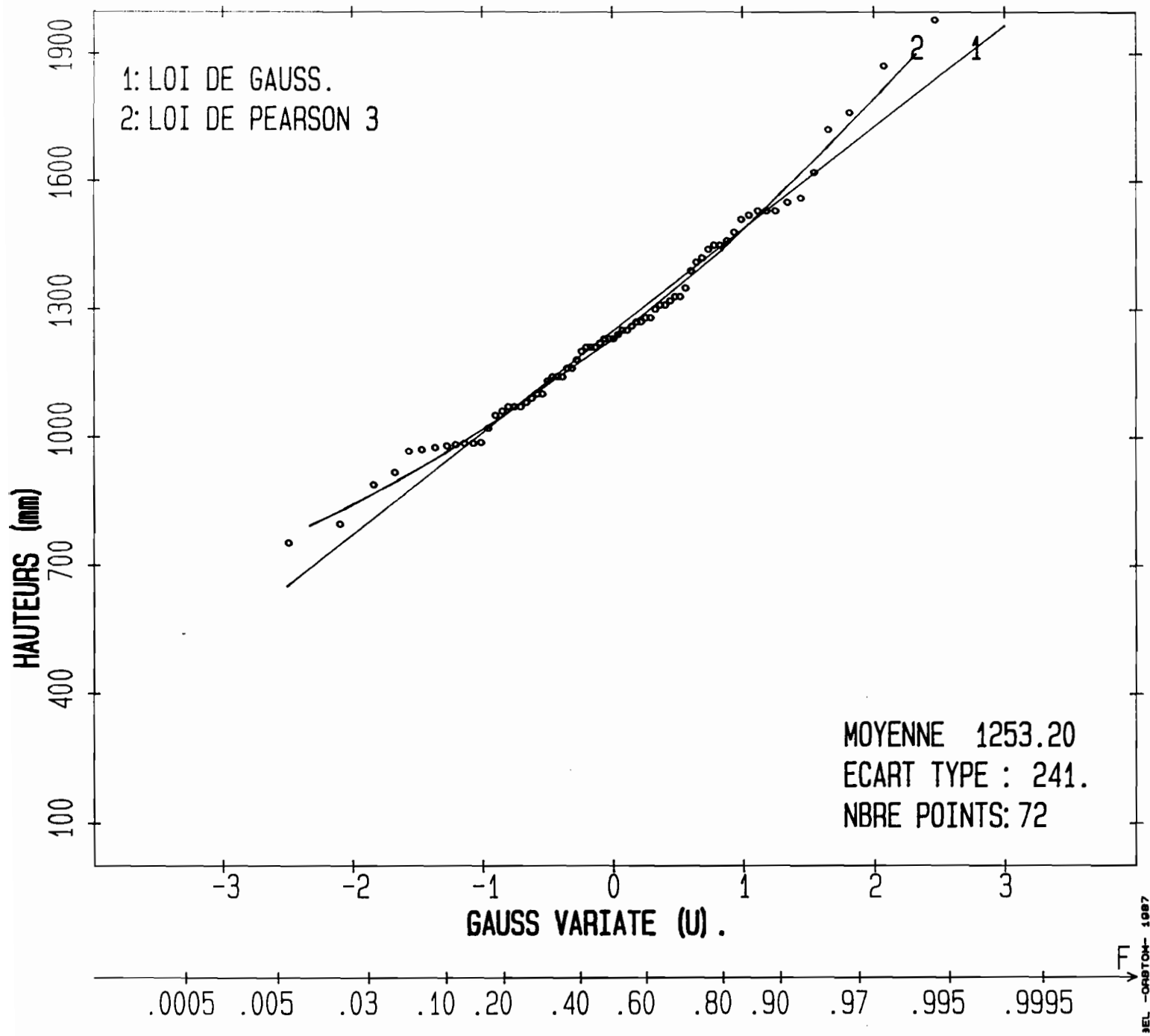


FIG.56

PRECIPITATIONS ANNUELLES A KOUTIALA

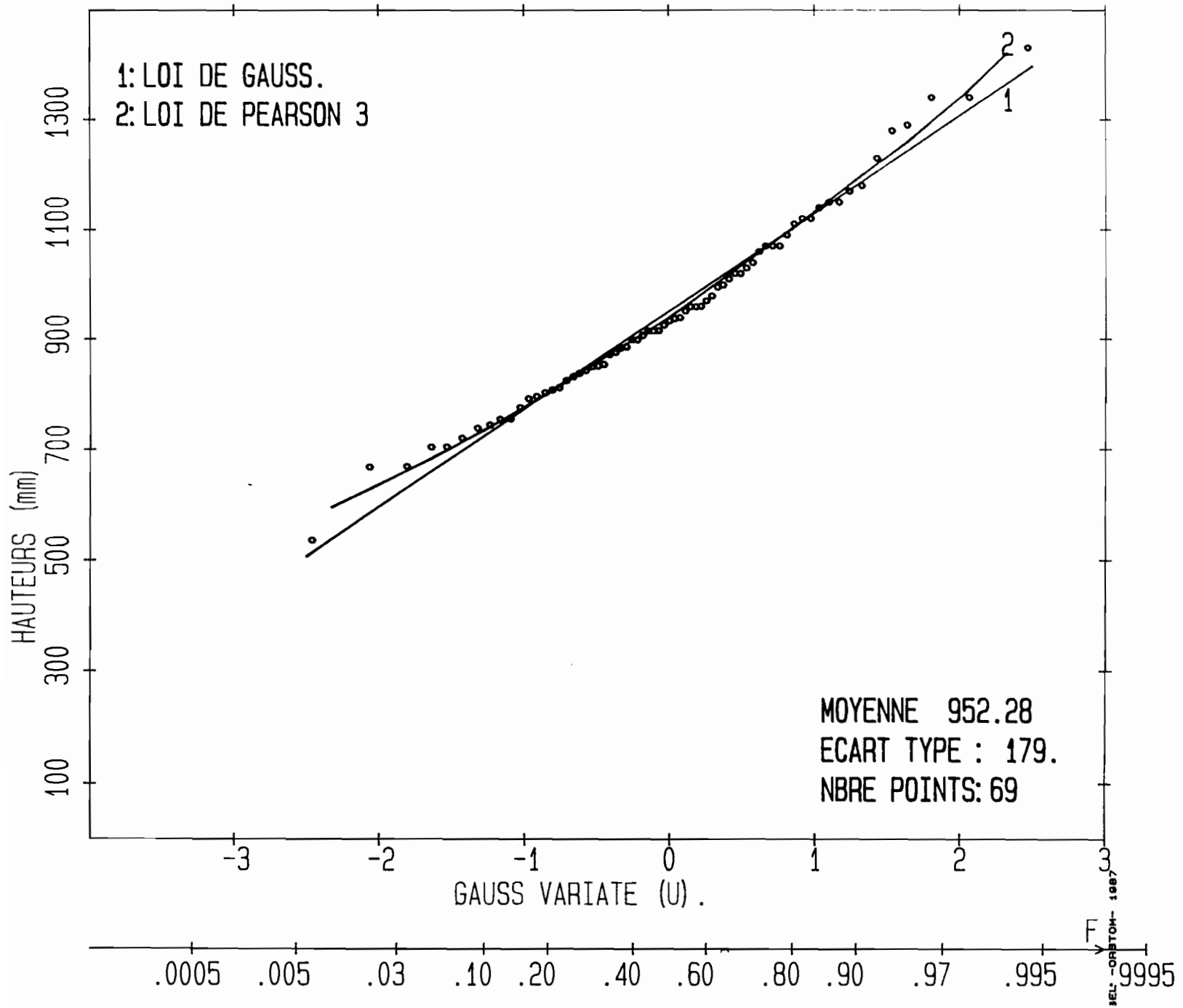
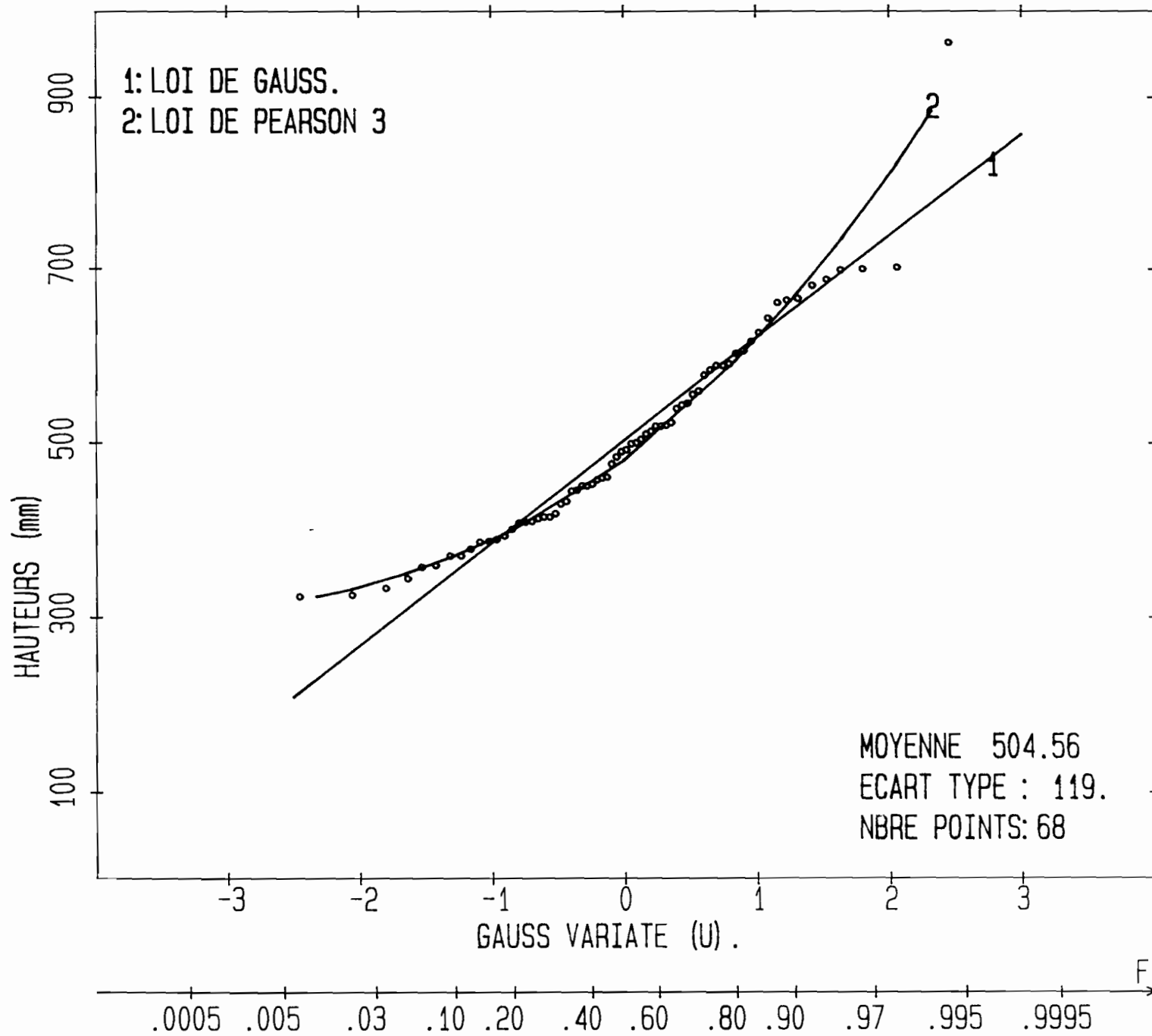


FIG.57

PRECIPITATIONS ANNUELLES A MOPTI: 1921-1990



IEL -ORSTOM- 1987

FIG.58

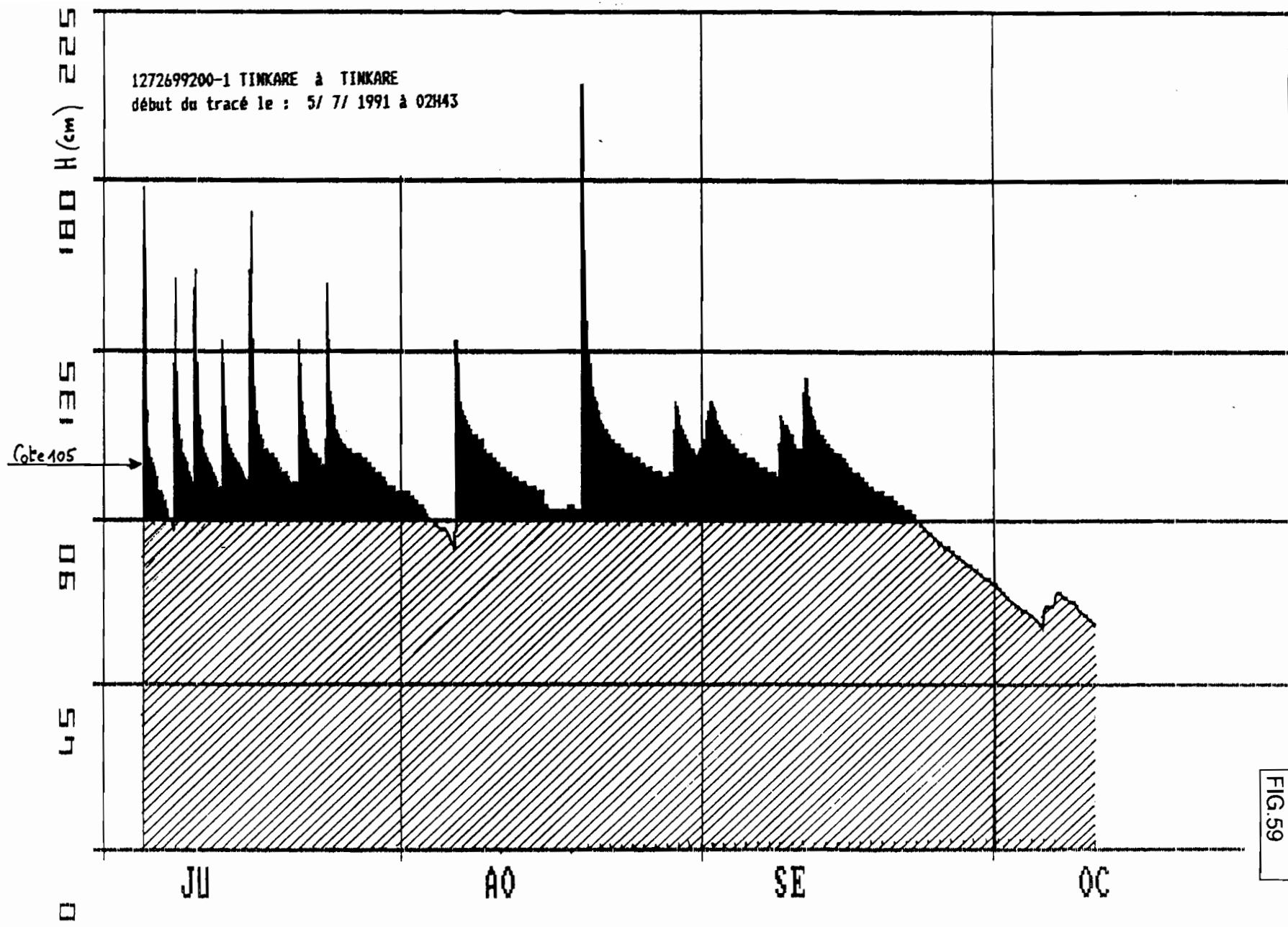


FIG.59



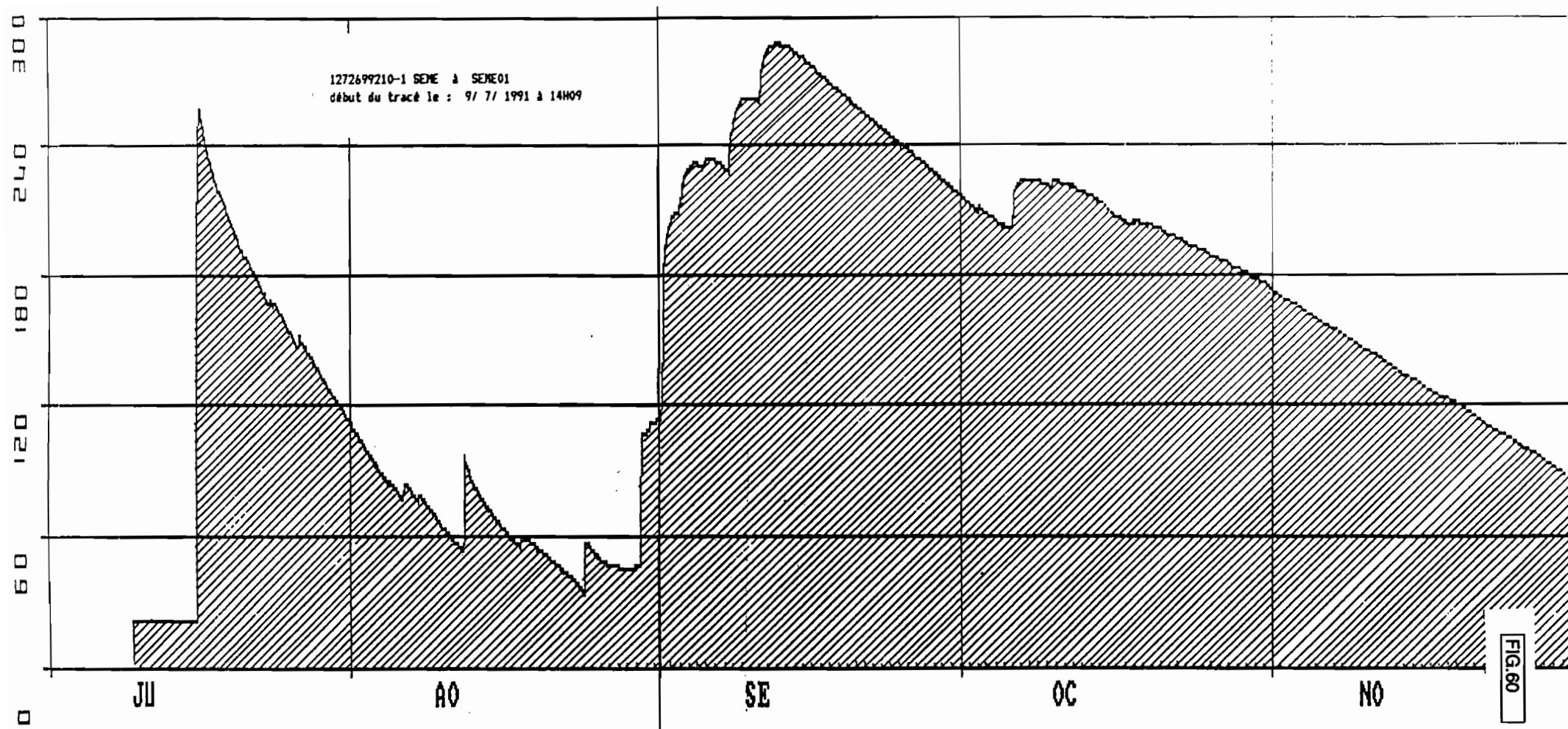


FIG.60

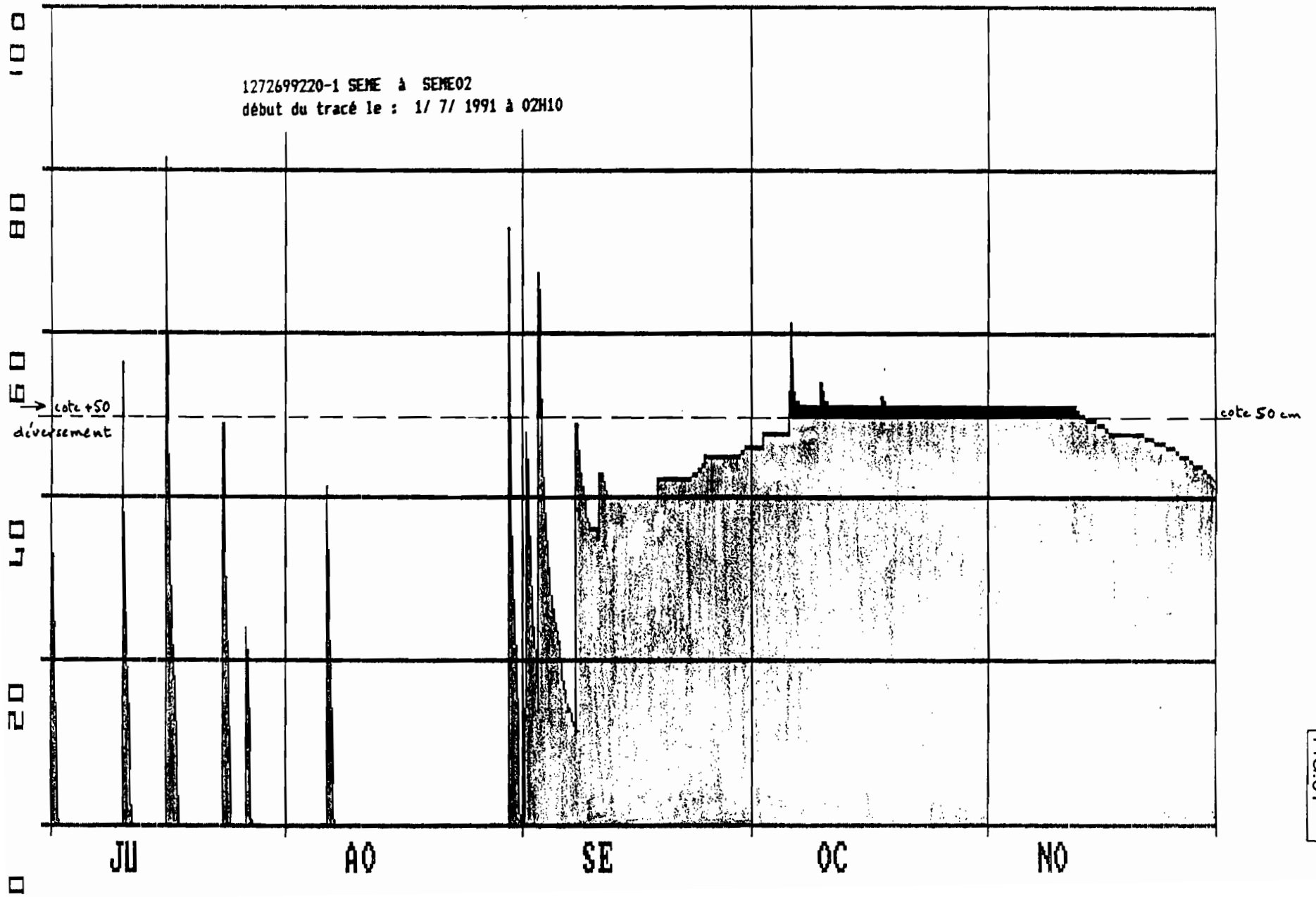
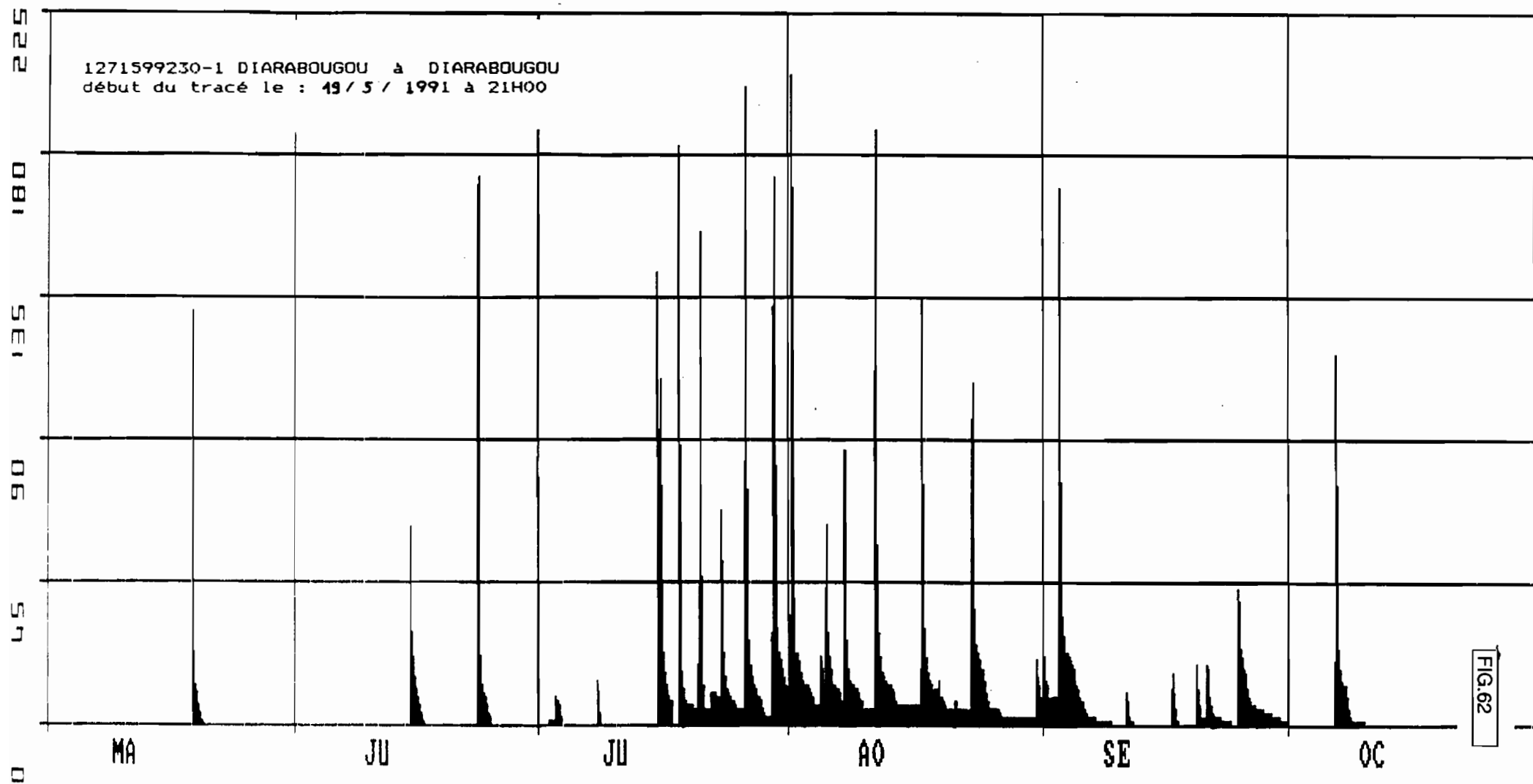
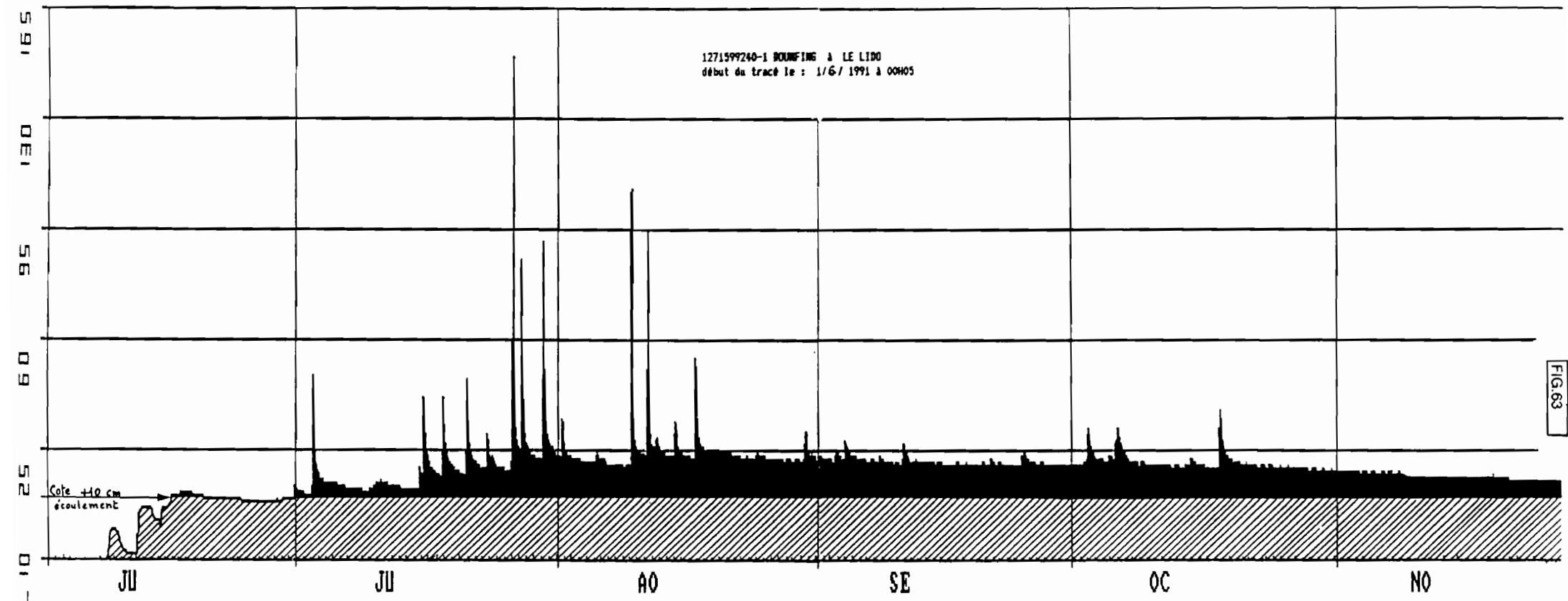


FIG.61





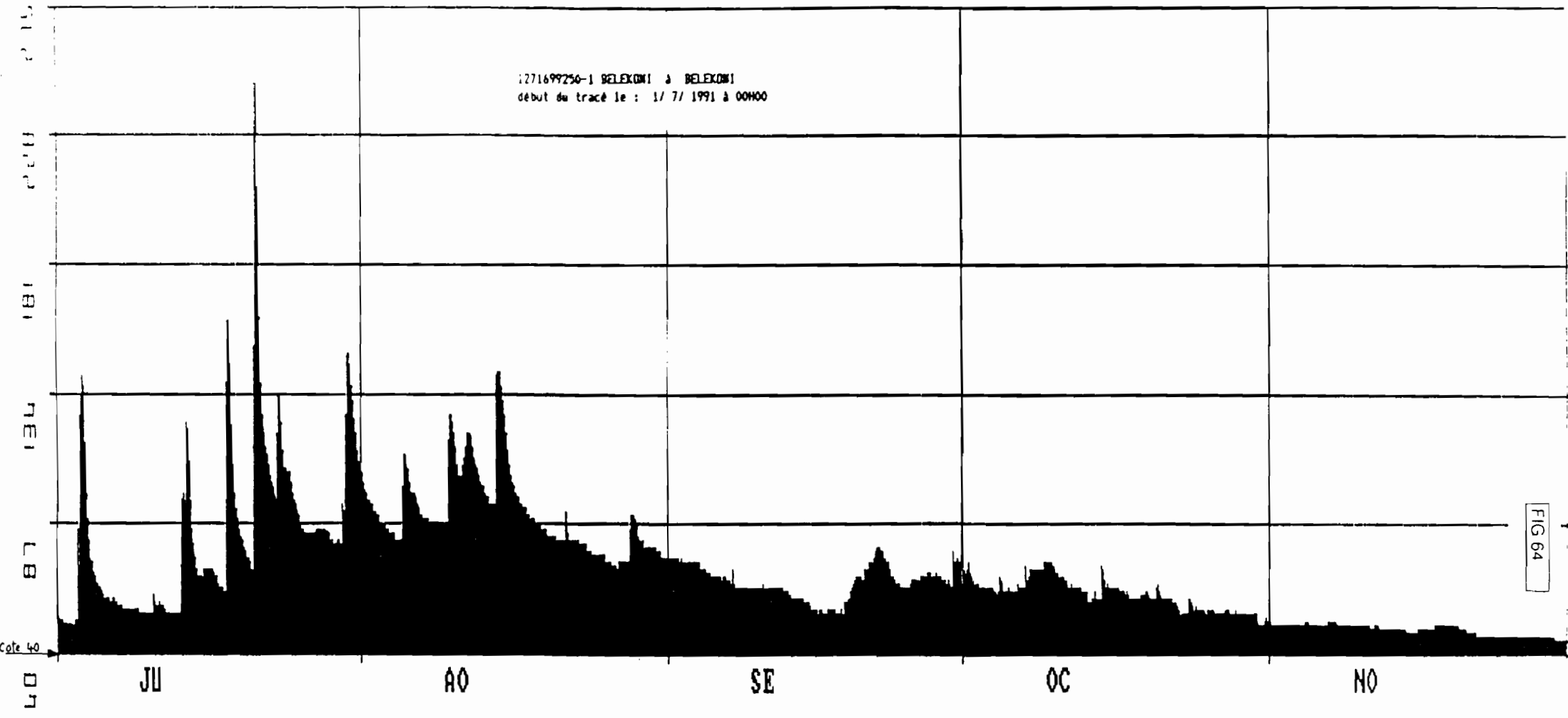


FIG 64

1271699152-1 KAMBO à KAMBO-MARE AVAL  
début du tracé le : 1/ 7/ 1991 à 00H00

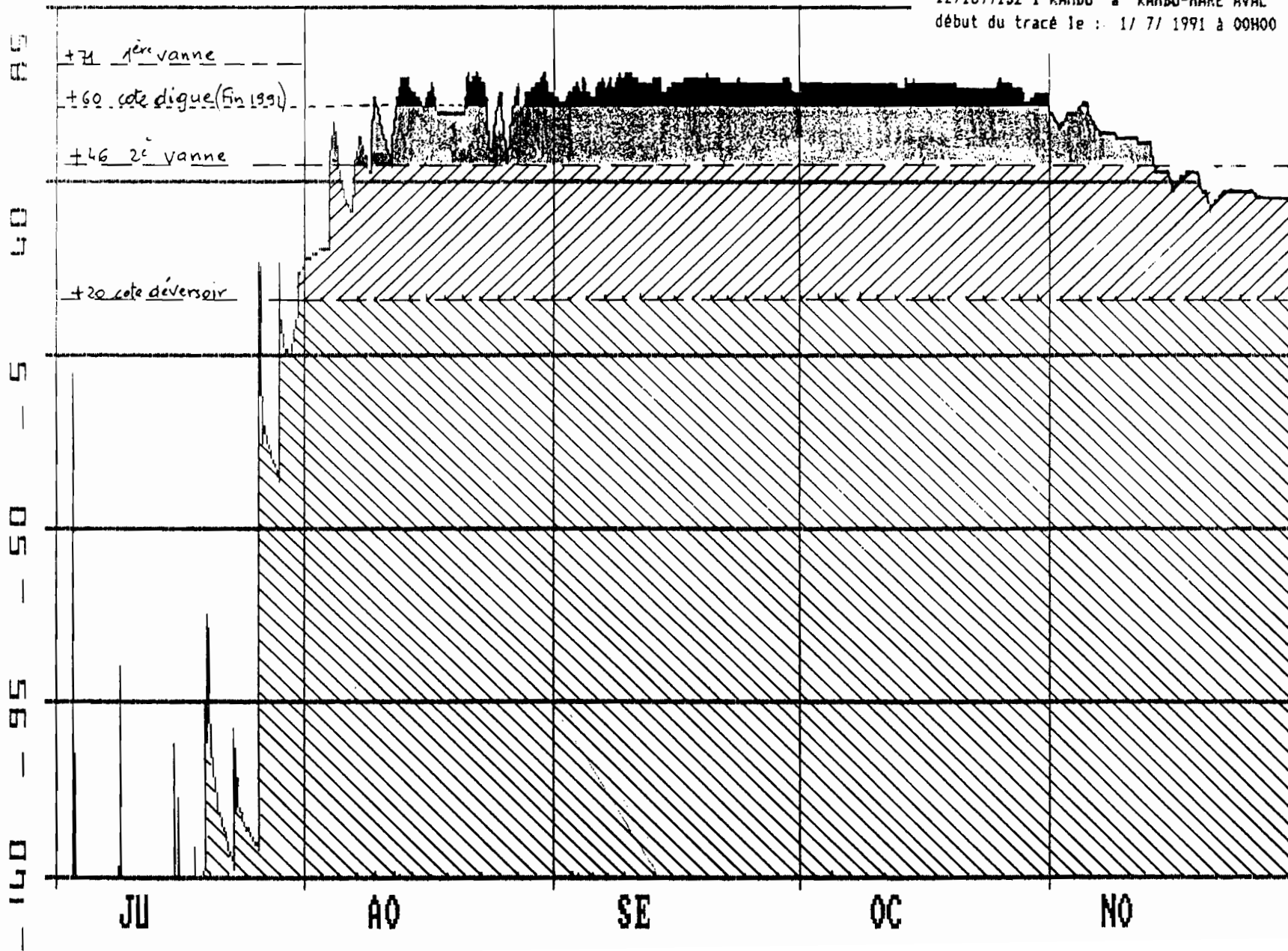
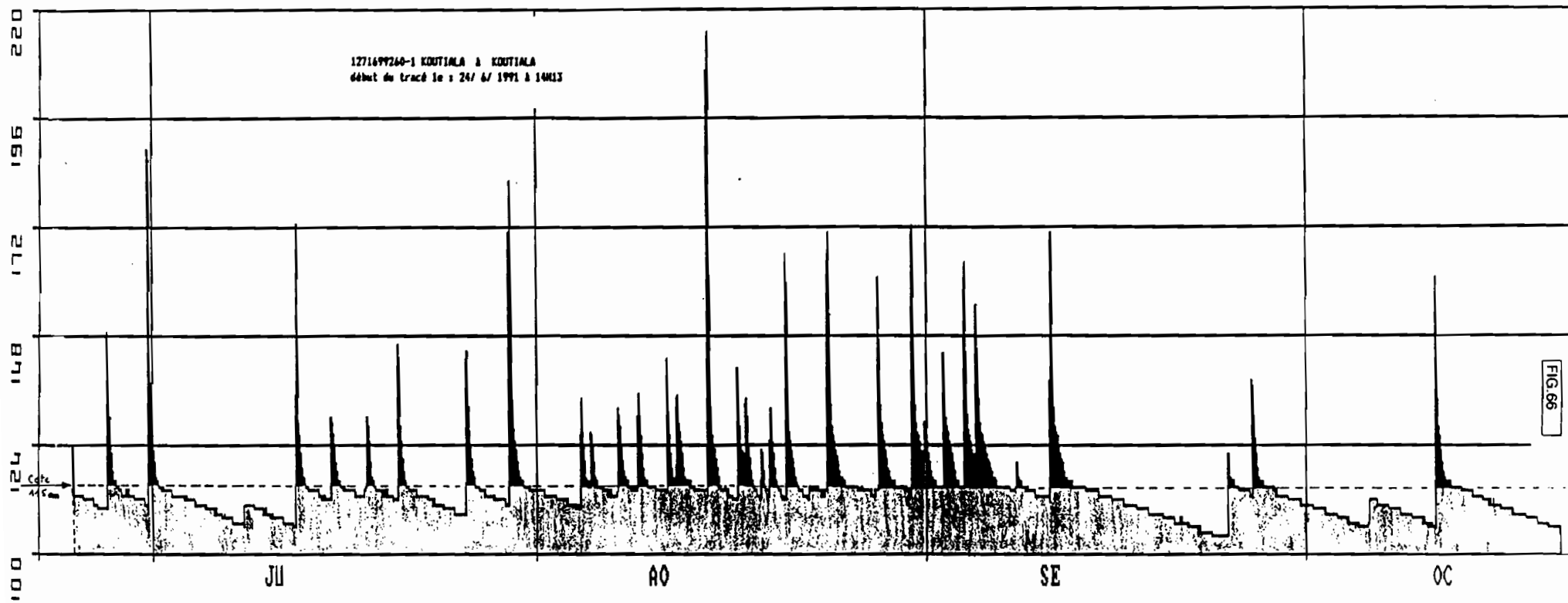


FIG.65



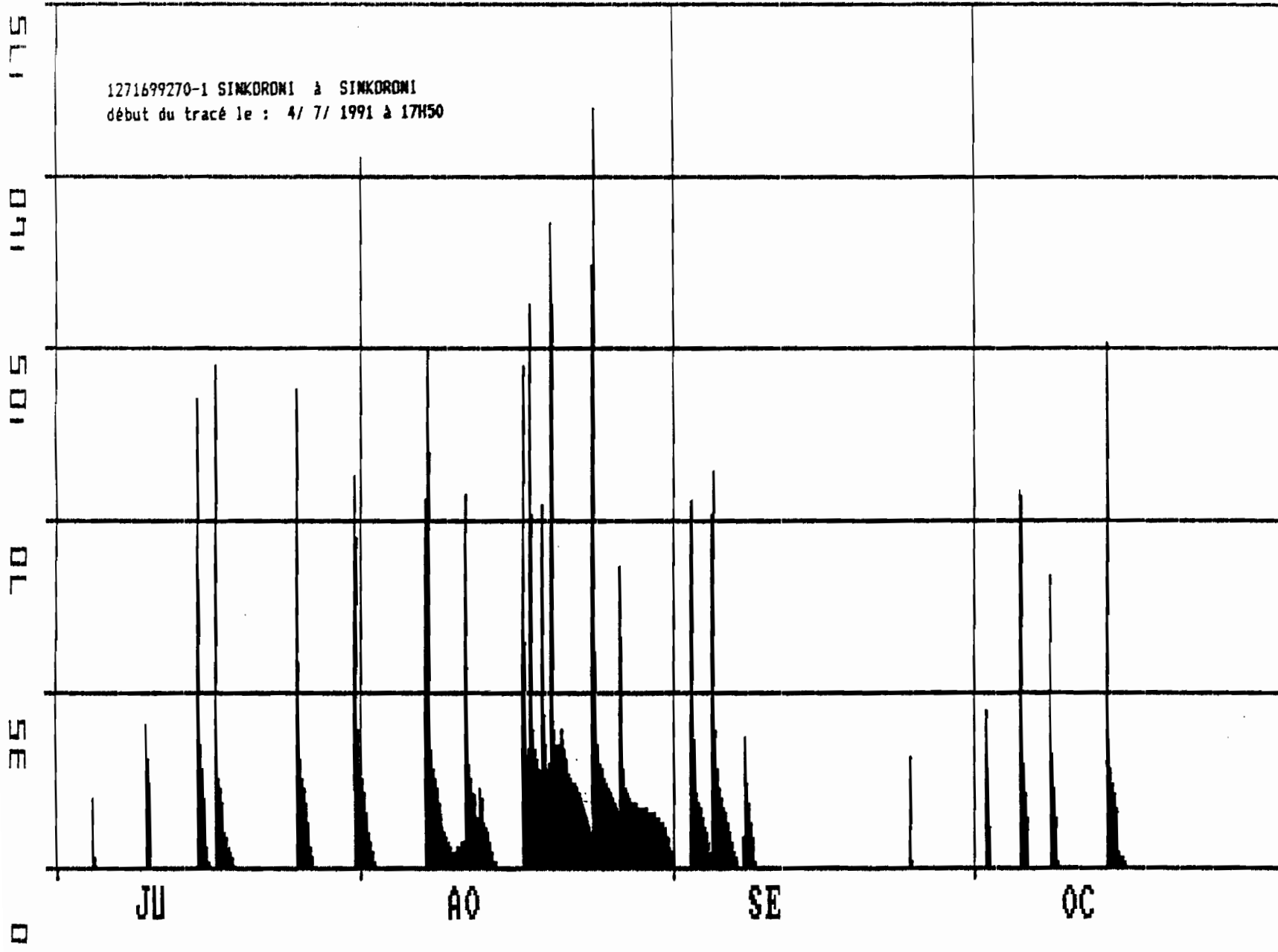


FIG.67