

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE OUTRE-MER  
Service hydrologique

RÉPUBLIQUE DU NIGER  
Service du Génie Rural

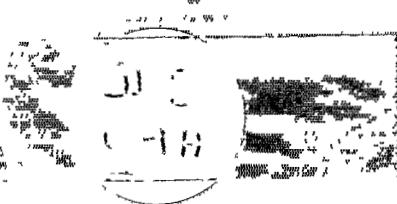
# NOTE HYDROLOGIQUE SUR LES BASSINS DE GALMI [MAGGIA]

## Campagne 1971

par

P. CARRE

Collaboration technique C. ROUGIER



PARIS 1973  
10607

Office de la Recherche Scientifique  
et Technique Outre-Mer

République du NIGER

Service Hydrologique

Service du Génie Rural

NOTE HYDROLOGIQUE

SUR LES BASSINS DE GALMI

- Campagne 1971 -

Par

P. CARRE

Collaboration technique C. ROUGIER

D 8  
C H A



24 JAN. 1974

PARIS 1973

10604

## S O M M A I R E

- - - - -

	Page
<u>INTRODUCTION</u>	
<u>CHAPITRE 1 - CADRE GEOGRAPHIQUE (Rappel)</u>	3
1.1. Situation	3
1.2. Caractéristiques physiques des bassins (graphique 1)	3
1.3. Climat - Caractéristiques de la pluviométrie	4
<u>CHAPITRE 2 - RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1971</u>	7
2.1. Bassin de GALMI I ( $20 \text{ km}^2$ )	7
2.1.1. Pluviométrie	7
2.1.2. Hydrométrie	7
2.1.3. Ruissellement	10
2.2. Bassin de GALMI II ( $39 \text{ km}^2$ )	12
2.2.1. Pluviométrie	12
2.2.2. Hydrométrie	12
2.2.3. Ruissellement	14
<u>CHAPITRE 3 - RECAPITULATION DES DONNEES DE BASE SUR LES BASSINS VERSANTS DE GALMI</u>	17
<u>CHAPITRE 4 - ANALYSE DES RESULTATS - CONCLUSIONS</u>	19
4.1. Régime des apports	19
4.1.1. Caractéristiques de la pluviométrie et éventualité des apports observés	19
4.1.2. Fonction de ruissellement journalier et apport annuel	20
4.1.3. Conclusions	21
4.2. Régime des débits exceptionnels	22
4.3. Conclusions générales	22
<u>ANNEXE PLUVIOMETRIQUE</u>	

En marge de la surveillance du réseau permanent des stations hydro-métriques des vallées sèches, le Génie Rural a confié à l'ORSTOM l'installation d'un dispositif d'observations sur un ensemble de deux bassins de 20 et 39 km<sup>2</sup>, proches de GALMI, dans la vallée de la Maggia.

Sous la surveillance permanente d'un aide-technique hydrologue, ce dispositif a été maintenu trois campagnes de suite, de 1969 à 1971, avec un équipement minimum décrit plus loin. Ainsi a été amassée à peu de frais une documentation de base très précieuse, mais dont on soulignera plus loin les limites : les matériels légers, tels que moulinets sur perche, se montrent vite inadaptés à la mesure d'écoulements souvent torrentiels (4-5 m/s), chargés de végétation, et, pour comble, généralement nocturnes. Dans ces conditions l'"imprécision" sur certains débits de pointe observés peut être considérée comme atteignant 20 à 30 %.

Nous utiliserons donc avec prudence les informations obtenues, en vue de l'estimation des caractéristiques du régime des deux koris.

Cependant, même alors, on peut conclure à un ruissellement particulièrement actif sur ces deux bassins ; celui-ci se traduit par des valeurs records des apports et des pointes de crue pour le contexte physicoclimatique des vallées de la Maggia et de l'Ader Doutchi.



## CHAPITRE 1

### CADRE GEOGRAPHIQUE

(Rappel)

#### 1.1. Situation :

Les bassins de GALMI I (GUIDAM BAGUILBI) et GALMI II (GUIDAM KODIDI) appartiennent au bassin versant de la Maggia. Le premier se situe au nord, le second au sud de la route BIRNI N'KONNI - MADAOUA, à une trentaine de kilomètres à l'ouest de cette dernière agglomération.

Les coordonnées des stations de contrôle sont :

GALMI I                            13° 58' 50" N  
                                      5° 42'       E

GALMI II                            13° 57' 40" N  
                                      5° 42' 30" E

#### 1.2. Caractéristiques physiques des bassins (graphique 1) :

Les caractères forme, surface, relief, déjà chiffrés dans les rapports des précédentes campagnes, sont rappelés ci-dessous :

	Bassin	GALMI I	GALMI II
Caractère			
Superficie (km <sup>2</sup> )		20	39
Altitude de la station (m)		318	325
Altitude moyenne (m)		370	375
Altitude maximale (m)		412	425
Périmètre (km)		19,5	27
Coefficient de compacité		1,21	1,21
Longueur du rectangle équivalent (km)		6,7	9,3
Largeur du rectangle équivalent (km)		3,0	4,2
Pente moyenne (m/km)		11,8	9,8
Indice de pente		0,119	0,103
Classe de relief ORSTOM		R4	R4
Pente motrice au niveau de la station %		0,87	0,25 - 0,40

Note : Classes de relief ORSTOM pour un bassin de 25 km<sup>2</sup>.

Relief R <sub>1</sub>	IG < 2 m/km
R <sub>2</sub>	2 m/km < IG < 5 m/km
R <sub>3</sub>	5 m/km < IG < 10 m/km
R <sub>4</sub>	10 m/km < IG < 20 m/km
R <sub>5</sub>	20 m/km < IG < 50 m/km
R <sub>6</sub>	50 m/km < IG < 100 m/km
R <sub>7</sub>	100 m/km < IG

- Les sols des bassins sont dérivés des alluvions provenant des grès ferrugineux du plateau et des bancs calcaires ou marno-calcaires des pentes. Leur évolution est assez poussée (sols tropicaux sub-arides, brun rouge).
- La végétation de plateau est du type brousse tigrée, alors que des épineux peu denses occupent les pentes. Les thalwegs sont couverts de cultures vivrières (mil).

Le paysage est donc familier. Ce qui fait l'originalité des bassins, c'est leur forte compacité de forme, leur relief accentué et leur forte densité de drainage. Les lits mineurs sont très bien marqués et les pentes motrices très soutenues, si l'on considère les lignes de niveaux assez régulièrement espacées. L'exportation des matériaux érodés se fait donc assez bien et les profils en travers sont significatifs à cet égard, dénotant une dégradation limitée.

Il convient donc de souligner dès maintenant une aptitude probable au ruissellement et à la concentration des crues inhabituelle pour des bassins de cette dimension dans le contexte physico-climatique environnant.

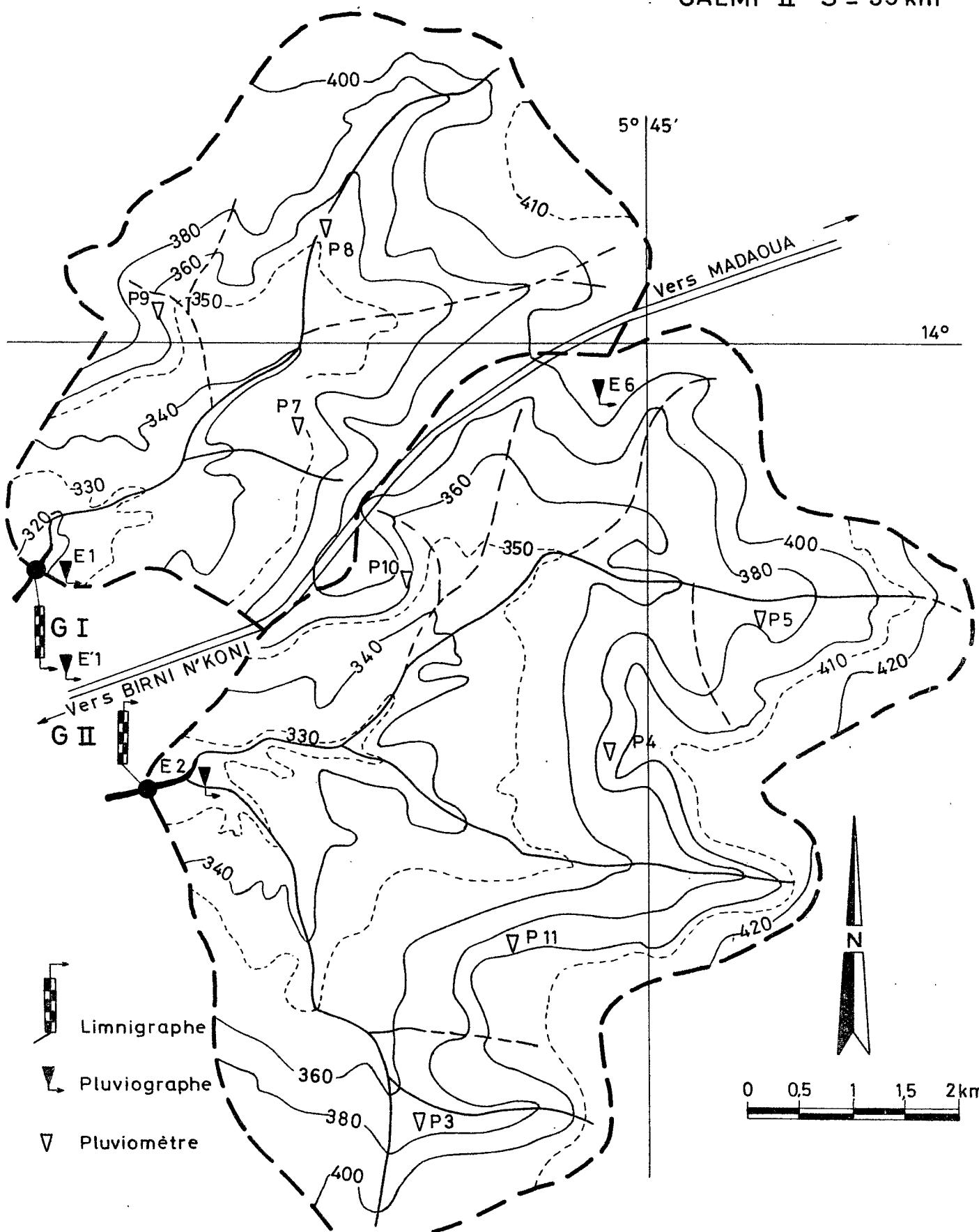
### 1.3. Climat - Caractéristiques de la pluviométrie :

De type sahélien sud ou tropical semi-aride (540 mm), le climat est caractérisé par une saison des pluies (Juin à Septembre) assez chaude et humide, suivie d'une longue saison sèche d'abord fraîche (Novembre-Février) puis très chaude (Mars à Mai).

#### Pluviométrie ponctuelle interannuelle :

Récapitulons les valeurs caractéristiques des totaux relatifs à différentes périodes, à la station de MADAOUA ; les observations sont celles de 1936 à 1972, à l'exception de 1938 et 1964, soit 35 ans. Le nombre moyen de jours de pluie est de 34.

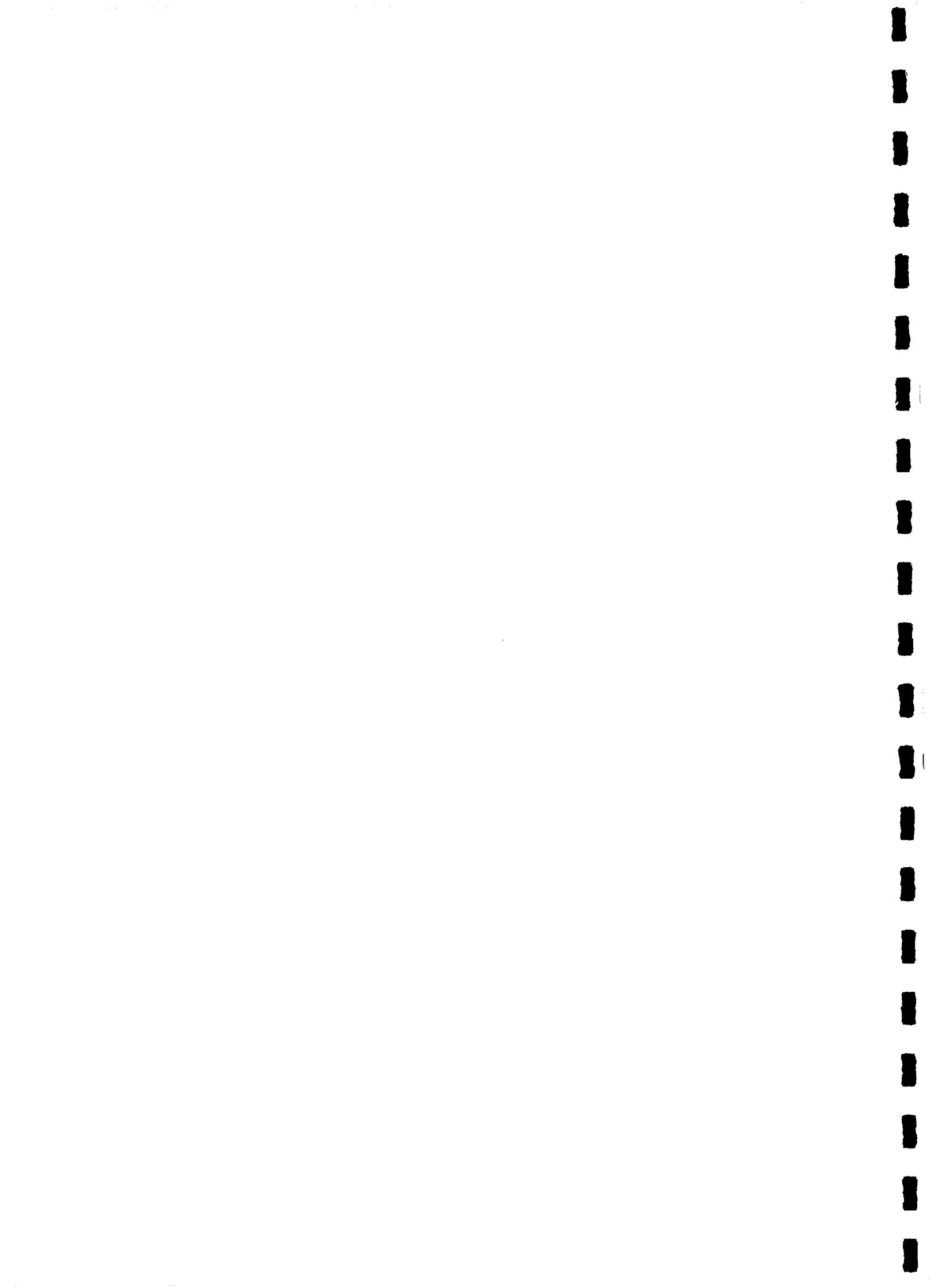
## BASSINS VERSANTS DE GALMI

GALMI I  $S = 20 \text{ km}^2$ GALMI II  $S = 39 \text{ km}^2$ 

Période Dépas.	AN.	MAX 2mois	MA	JN	JT.	AT.	SE.	Max	Max	Max
								(mm)	(mm)	(mm)
0,1	665	525	45	100	200	335	160	199	144	83
0,2	600	440	25	80	175	260	125	180	129	73
	(686) <sup>1</sup>	(423)	(45)	(105)	(166)	(261)	(175)			
0,5	485	320	3	40	125	180	80	136	95	50
	(560)	(357)	(23)	(58)	(122)	(208)	(108)			
0,8	365	240	0	15	85	125	38			
	(461)	(272)	(6)	(42)	(82)	(149)	(52)			
0,9	305	210	0	8	60	105	15			
0,95	250	180	0	4	45	85	0			

1. entre parenthèses, les caractéristiques expérimentales à BIRNI N'KONNI.

Les données pluviométriques classées à BIRNI N'KONNI font apparaître des valeurs caractéristiques correspondantes parfois plus fortes de 10 à 20 %. Les différences sont très sensibles, les mois les moins pluvieux : les observations de MADAOUA ne furent peut-être pas vraiment journalières, d'où évaporation, diminution des totaux et du nombre de jours de pluie. Il conviendra d'en tenir compte lors de l'estimation de l'éventualité des apports observés.



## CHAPITRE 2

-----

### RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1971

#### 2.1. Bassin de GALMI I (20 km<sup>2</sup>) :

##### 2.1.1. Pluviométrie :

- Les installations, en fonctionnement du 11 Juin au 30 Septembre, sont identiques à celles de la campagne précédente (graphique 1). Le système s'appuie sur deux pluviographes et quatre pluviomètres journaliers : PE1, PE6, P7, P8, P9, P10.
- Les observations (ANNEXE) sont complètes sur cette période. La pluie moyenne, Tableau 1, est calculée à l'aide des coefficients de THYSSEN respectifs : 0,08 (PE1), 0,12 (PE6), 0,22 (P7), 0,38 (P8), 0,18 (P9), 0,04 (P10).

A la station du Service Météorologique, à MADAOUA, les hauteurs mensuelles sont les suivantes :

...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
:	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	:
:	0	0	0	0	0	0	59,0	159,6	49,3	0,5	0	0	:

Le total annuel, 268 mm, nettement inférieur à la décennale sèche, donne une idée des conditions pluviométriques sévères de 1971, dans le voisinage.

##### 2.1.2. Hydrométrie :

- Les installations, composées d'une échelle limnimétrique doublée d'un limnigraphie OTT type X à rotation journalière, ont été mises en place le 11 Juin 1971.

La borne ORSTOM est à + 3,76 par rapport au zéro de l'échelle.

- Les observations (profil en travers, jaugeages, limnimétrie) permettent tant bien que mal la reconstitution de tous les hydrogrammes de la période. Les difficultés ont déjà été signalées : mobilité du lit entraînant l'ensablement de l'enregistreur et la modification du tarage ; vitesses très fortes, transport de tiges de mil rendant impossible les mesures à l'aide de l'ensemble perche au-delà d'une dizaine de m<sup>3</sup>/s.

Tableau 1

GALMI I

Pluie moyenne journalière sur le bassin

Année 1971

Jour:	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
1								0,5				
2							0,4	9,2				
3								35,3				
4								26,9				
5												
6							19,1	3,9	11,0			
7							28,6					
8								2,0				
9								20,6				
10												
11								11,7				
12												
13								3,1	16,3			
14							7,2	9,8				
15							0,3					
16								38,9				
17												
18								3,4				
19									11,9			
20									1,1			
21												
22								2,4	3,7			
23							5,9					
24							25,0	20,0				
25							8,5	10,9				
26												
27							15,7					
28												
29												
30							4,3					
31												
Tot.	NO	NO	NO	NO	NO	33,8	81,2	70,8	71,8	NO	NO	NO

Total : 358 mm

Observés entre le 11 Juin et le 30 Septembre 1971

Les levés de profil en travers figurent graphique 2.

Vingt-six mesures complètes de débit ont été effectuées à gué.

$H$  (m) = cote

$Q$  ( $m^3/s$ ) = débit

$S$  ( $m^2$ ) = section mouillée.

N°	Date	H (cm)	Q ( $m^3/s$ )	S ( $m^2$ )
1	6-7-71	085 080	10,96	8,72
2	23-7-71	110 100	3,62	4,22
3	23-7-71	100 095	2,80	2,62
4	23-7-71	095 090	2,20	2,16
5	27-7-71	115 108	4,38	4,74
6	4-8-71	108 100	6,56	5,30
7	9-8-71	120 110	10,52	4,02
8	9-8-71	110 100	7,80	4,84
9	24-8-71	110 100	4,56	4,72
10	25-8-71	100 095	1,03	2,06
11	5-9-71	120 110	8,16	5,04
12	5-9-71	110 100	6,04	4,20
13	5-9-71	098 092	5,24	3,74
14	5-9-71	088 082	4,48	3,40
15	5-9-71	080 075	3,64	2,84
16	5-9-71	072 068	3,12	1,28
17	6-9-71	120 115	10,56	6,96
18	6-9-71	114 110	9,56	5,80
19	6-9-71	106 095	6,00	4,76
20	6-9-71	093 088	3,40	3,08
21	6-9-71	085 080	2,32	2,44
22	13-9-71	114 110	5,44	5,04
23	13-9-71	108 104	4,66	4,52
24	13-9-71	100 095	3,52	3,60
25	13-9-71	094 090	2,20	2,64
26	13-9-71	088 083	1,28	1,60

L'illustration de ce tableau, graphique 3, met bien en évidence ce qu'on a dit de la mobilité du lit. En dessous de la cote 120 cm à l'échelle, les hydrogrammes sont reconstitués à partir des mesures échelonnées dans le temps et la fin de l'écoulement. Au-dessus de la cote 120 cm à l'échelle, le barème suivant, calculé à partir du profil moyen et des rapports entre vitesse moyenne et vitesse maximale superficielle, a été adopté :

	H	Q		H	Q	
	(cm)	(m <sup>3</sup> /s)		(cm)	(m <sup>3</sup> /s)	
:	:	:	:	:	:	:
:	120	11	:	190	75	:
:	130	18	:	200	88	:
:	140	25	:	210	104	:
:	150	33	:	220	124	:
:	160	42	:	230	147	:
:	170	52	:	240	180	:
:	180	63	:	250	:	:
:	:	:	:	:	:	:

### 2.1.3. Ruisseaulement :

- Les observations sont consignées Tableau 2 pour les trente aversees du 11 Juin au 30 Septembre.

Pm	= Pluie moyenne sur le bassin	mm
Pmax	= Pluie ponctuelle maximale observée	mm
Hmax	= Cote maximale enregistrée	cm
Qmax	= Débit maximal	m <sup>3</sup> /s
Q sp	= Débit maximal par km <sup>2</sup>	l/s.km <sup>2</sup>
Vr	= Volume ruisseaué	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
Tm	= Temps de montée	mn
Durée		h et mn
Hr	= Hauteur ruisseauée	mm
kr	= Coefficient de ruisseaulement	%

Le module annuel spécifique d'écoulement est de 4,4 l/s.km<sup>2</sup>. La répartition des écoulements est la suivante :

Période	Pm	V	He	Ke	Q	
	mm	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	mm	%	m <sup>3</sup> /s	
:	:	:	:	:	:	:
: Juin	33,8	250	12,6	37	0,10	:
: Juillet	81,2	797	39,8	49	0,30	:
: Août	170,8	1 410	70,4	41	0,54	:
: Septembre	71,8	334	16,6	23	0,13	:
: AN. (1)	(360)	(2 800)	(140)	(39)	(0,088)	:
:	:	:	:	:	:	:

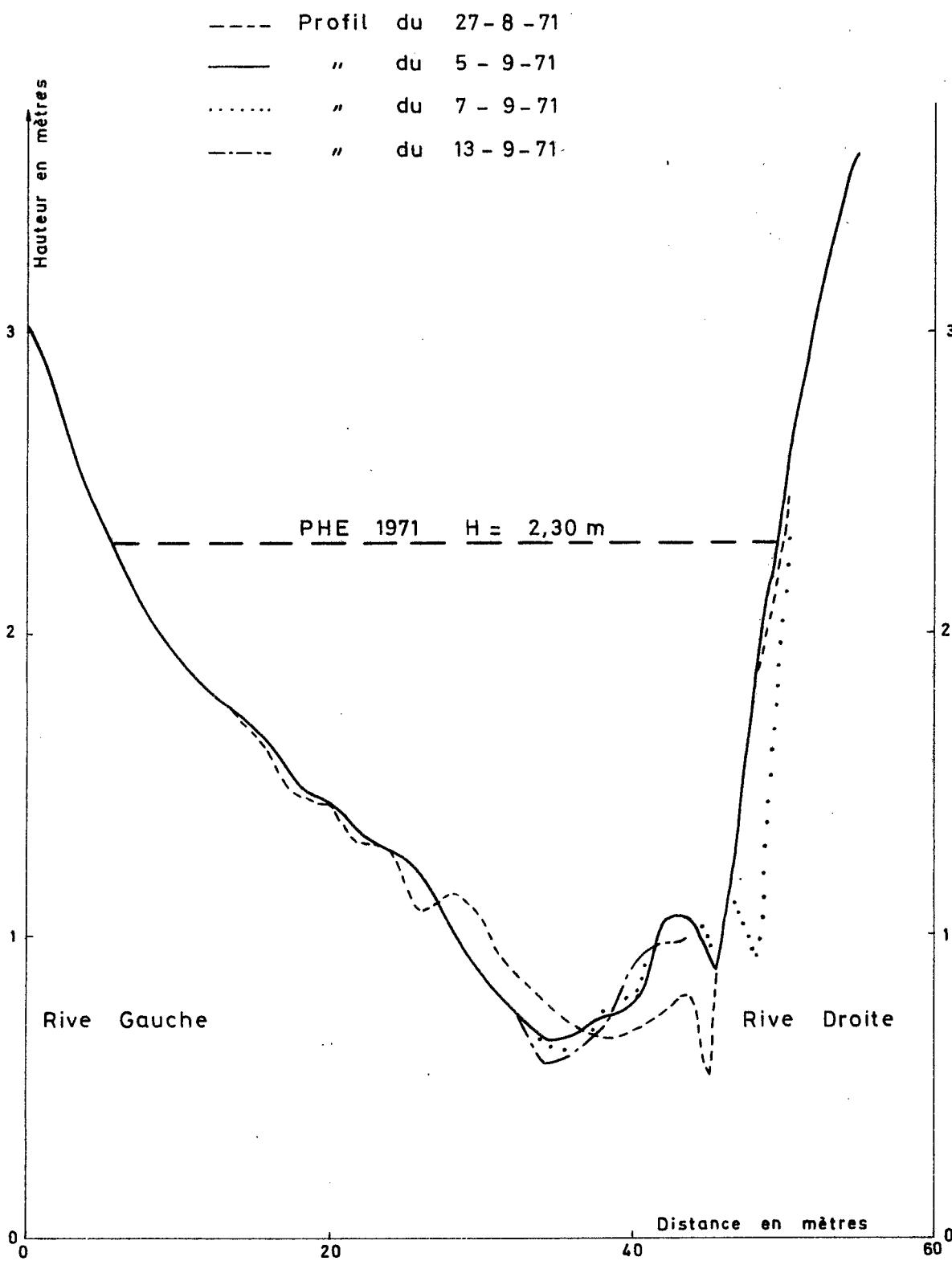
(1) Observations du 11 Juin au 30 Septembre.

L'épisode averse-crue n° 19 est illustré graphique 4.

## BASSINS VERSANTS DE GALMI

Profils en Travers - levés en 1971

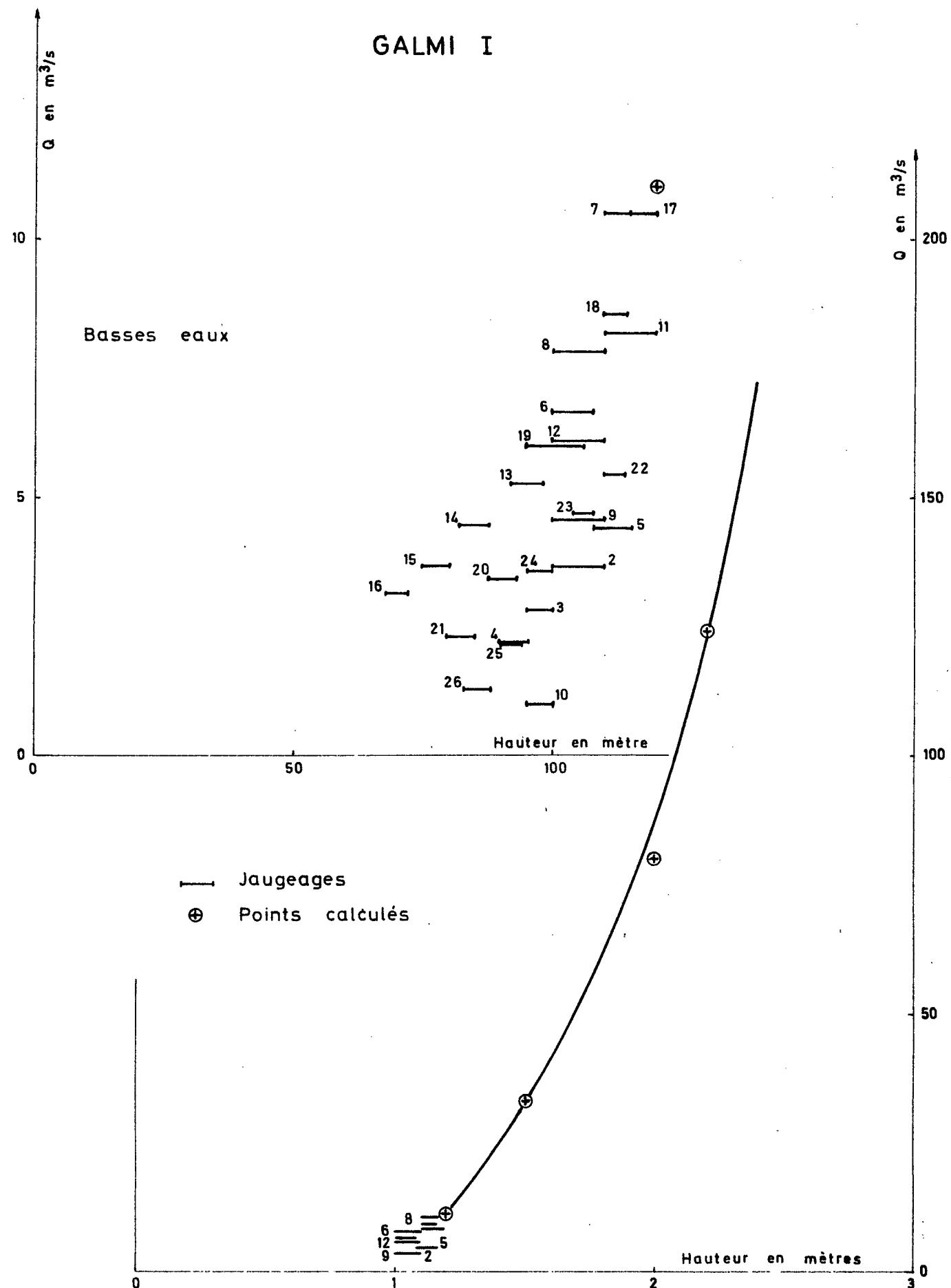
## GALMI I



## BASSINS VERSANTS DE GALMI

## Courbes de Tarage

GALMI I



## BASSINS VERSANTS DE GALMI

Crue n° 19 du 16 Août 1971

## GALMI I

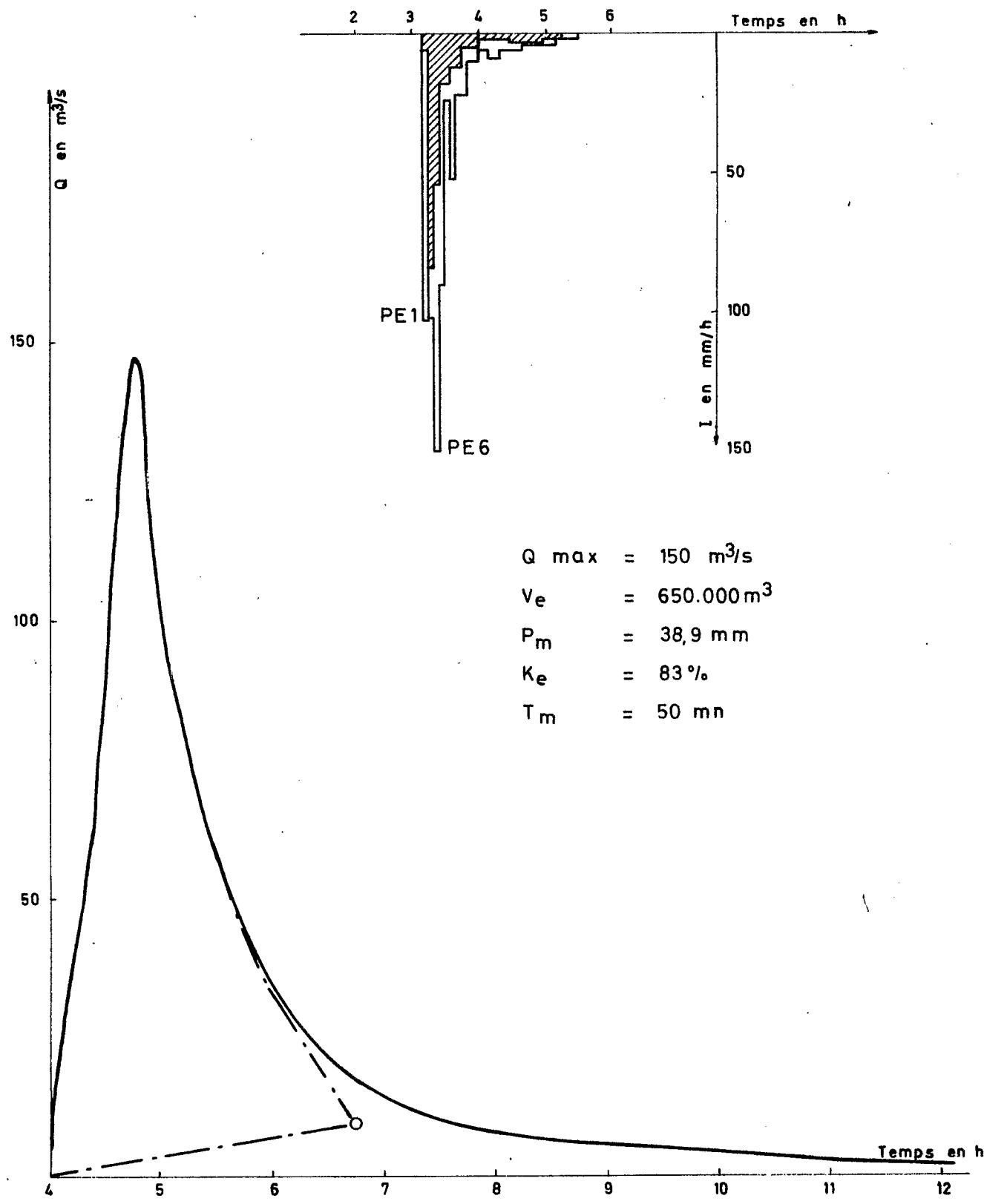


Tableau 2

GALMI I

Ruisseaulement 1971

N°	Date	Pm mm	Pmax mm	P <sub>m</sub> max	Hmax cm	Qmax m <sup>3</sup> /s	Q sp. 1/s.km <sup>2</sup>	Ve 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Tm mn	Durée h et mn	He mm	Ke %
1	15-06	0,3	0,8	0,37		Ecoulement nul						
2	24-06	25,0	42,1	0,59	192	78	3 900	250	20	5 h	12,5	50
3	25-06	8,5	11,0	0,77	040	(010)	(5)	(2,1)	(15)	(3 h)	0,1	(1,2)
4	02-07	0,4	3,5	0,11		Ecoulement nul						
5	06-07	19,1	22,3	0,86	170	52	2 600	270	5	6 h	13,5	71
6	07-07	28,6	36,1	0,79	200	88	4 400	410	55	7 h	20,5	72
7	14-07	7,2	12,5	0,58		Ecoulement nul						
8	23-07	5,9	8,4	0,70	120	11	550	43	55	6 h	2,1	36
9	27-07	15,7	23,9	0,66	135	21	1 050	74	10	10 h	3,7	24
10	30-07	4,3	5,3	0,81		Ecoulement nul						
11	01-08	0,5	3,8	0,13		Ecoulement nul						
12	02-08	9,2	29,2	0,31	127	16	800	62	30	4 h 20	3,1	34
13	04-08	35,3	37,0	0,95	130	18	900	230	?	13 h	11,5	33
14	06-08	3,9	6,5	0,60		Ecoulement nul						
15	09-08	20,6	27,9	0,74	176	58	2 900	330	60	8 h	16,5	80
16	11-08	11,7	23,1	0,51	116	10	500	47	10	8 h	2,3	20
17	13-08	3,1	3,5	0,89		Ecoulement nul						
18	14-08	9,8	13,9	0,70	092	2,4	120	(40)		(11 h)	2,0	20
19	16-08	38,9	45,4	0,85	230	150	7 500	650	50	13 h	32,5	83
20	18-08	3,4	9,0	0,38		Ecoulement nul						
21	20-08	1,1	3,2	0,34		Ecoulement nul						
22	22-08	2,4	4,6	0,52	092	1,4	70	4,6	15	(2h 30)	0,2	8,3
23	24-08	20,0	27,0	0,74	110	6,5	325	34	45	5 h 50	1,7	8,5
24	25-08	10,9	12,5	0,87	106	4,1	205	13	(70)	4 h 30	0,6	5,5
25	05-09	26,9	30,0	0,90	153	36	1 800	200	50	8 h	10,0	37
26	06-09	11,0	12,6	0,87	120	11	550	73	70	7 h 30	3,6	33
27	08-09	2,0	2,2	0,91		Ecoulement nul						
28	13-09	16,3	24,1	0,67	114	7,0	350	42	70	5 h 30	2,1	13
29	19-09	11,9	18,3	0,65	111	3,5	175	19	10	4 h	0,9	7,5
30	22-09	3,7	7,5	0,49		Ecoulement nul						

## 2.2. Bassin de GALMI II ( $39 \text{ km}^2$ ) :

### 2.2.1. Pluviométrie :

- Les installations, en fonctionnement du 11 Juin au 30 Septembre, identiques à celles de la précédente campagne, sont situées graphique 1. La couverture pluviométrique est assurée par deux pluviographes et cinq pluviomètres. (PE 2, P3, P4, P5, PE6, P10, P11).
  - Les observations (ANNEXE) sont complètes sur la période. Les coefficients de THYSSEN adoptés pour le calcul de la pluviométrie moyenne, tableau 3, sont les suivants :

0,12 (PE2), 0,17 (P3), 0,16 (P4), 0,16 (P5), 0,11 (PE6), 0,13 (P10), 0,15 (P11).

### 2.2.2. Hydrométrie :

- Les installations se composent d'une échelle limnimétrique et d'un limni-graphie OTT X à rotation journalière, mis en place le 11 Juin 1972.

La borne ORSTOM est à la cote +2,72 m à l'échelle de crue.

- Les observations rencontrent là aussi des difficultés affectant sérieusement la précision du tarage : importance relative des déplacements de lit en basses eaux, insuffisance de l'exploration du champ de vitesses en hautes eaux.

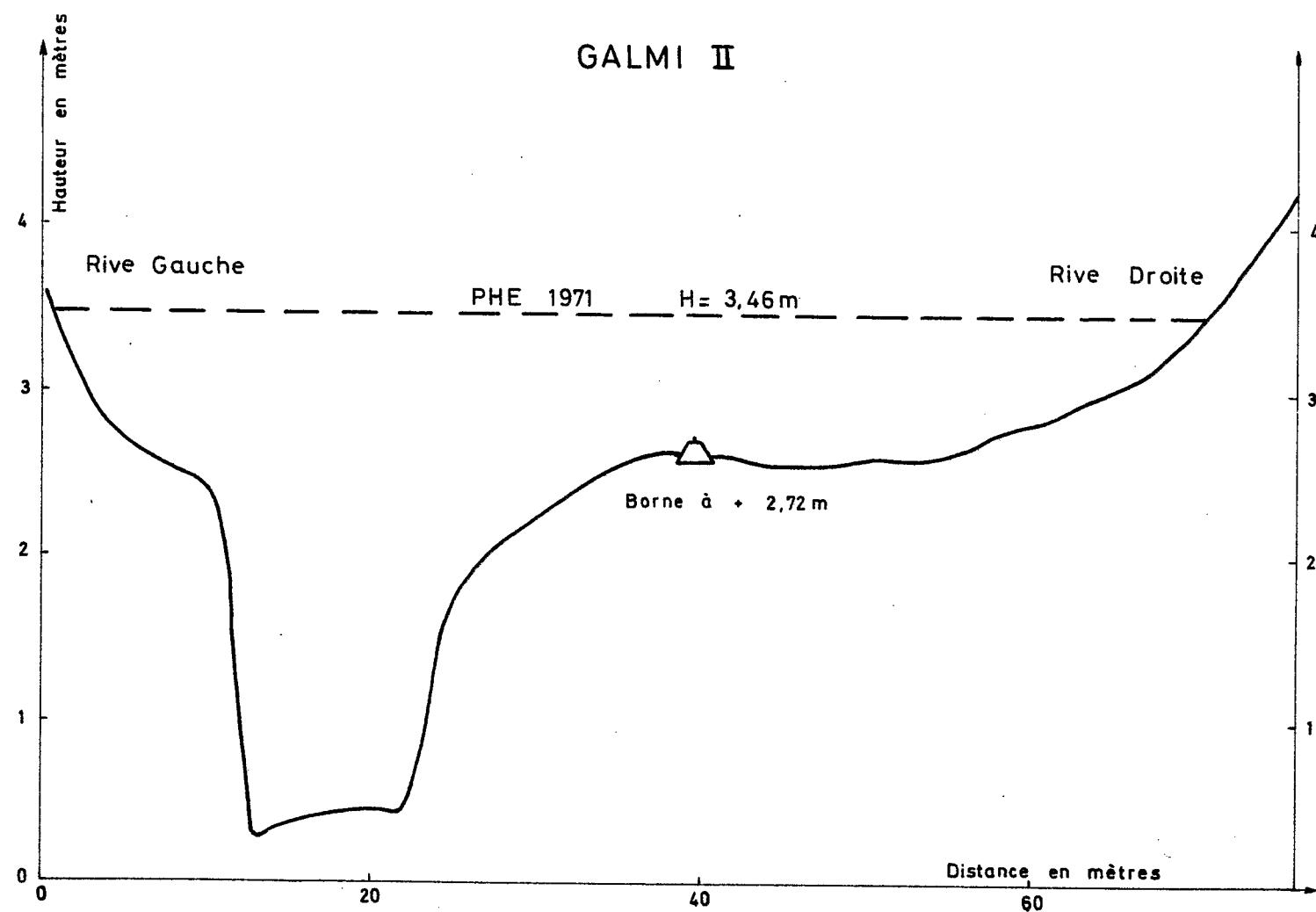
Le tarage s'appuie sur le profil en travers graphique 5, sur trente mesures complètes ci-dessous, et des mesures au flotteur exploitées graphique 6.

Nº	Date	H	Q	Nº	Date	H	Q
		cm	m <sup>3</sup> /s			cm	m <sup>3</sup> /s
1	07-07-71	080	077	4,92	16	16-08-71	092 082 : 9,60
2	07-07-71	076	073	4,32	17	18-08-71	083 070 : 5,04
3	07-07-71	070	067	3,24	18	24-08-71	100 095 : 9,18
4	07-07-71	067	064	2,24	19	24-08-71	091 085 : 6,8
5	01-08-71	092	090	6,88	20	25-08-71	070 068 : 3,64
6	01-08-71	080	075	5,44	21	05-09-71	070 066 : 4,56
7	02-08-71	095	090	7,72	22	05-09-71	065 060 : 4,00
8	04-08-71	082	077	4,52	23	05-09-71	060 057 : 3,44
9	06-08-71	100	092	9,08	24	05-09-71	056 053 : 3,04
10	06-08-71	090	080	5,84	25	06-09-71	066 060 : 4,48
11	11-08-71	100	094	8,44	26	06-09-71	059 054 : 3,28
12	11-08-71	093	088	6,64	27	13-09-71	085 080 : 5,28
13	11-08-71	086	080	4,72	28	13-09-71	075 070 : 4,32
14	11-08-71	080	076	3,28	29	13-09-71	068 064 : 3,72
15	16-08-71	346	320	18,7(1)	30	13-09-71	054 052 : 2,64

(1) Débordement de Rive droite.

## BASSINS VERSANTS DE GALMI

Profil en Travers moyen 1971



## BASSINS VERSANTS DE GALMI

Courbes  $V_{ma}(H)$ ,  $U(H)$ ,  $S(H)$ 

GALMI II

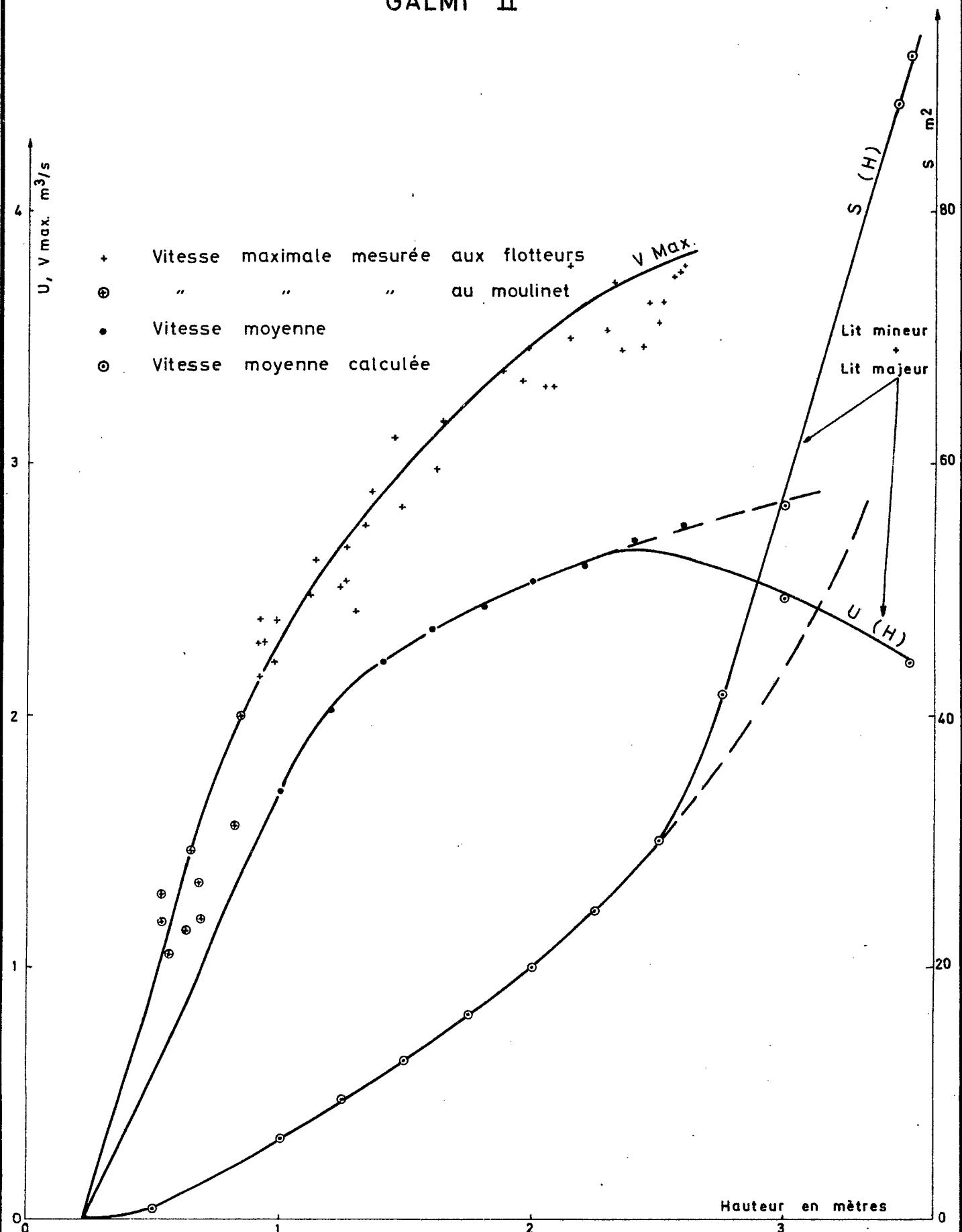


Tableau 3

GALMI II

Pluie moyenne journalière sur le bassin

Année 1971

Jour	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
1								5,8				
2							0,4	19,5				
3												
4								34,8				
5									28,5			
6							17,3	7,3	9,0			
7							21,0					
8									0,3			
9							2,9	14,5				
10												
11								11,5				
12												
13								1,9	18,0			
14							0,8	9,1				
15												
16								32,8				
17												
18								7,3				
19									7,1			
20												
21												
22									3,1			
23							8,2					
24						20,7		27,0				
25						7,7		10,1				
26												
27							13,1					
28												
29												
30							4,4					
31												
Tot.						28,4	68,1	181,6	66,0			

Total : 344 mm

Observés entre le 11 Juin et le 30 Septembre 1971.

Les courbes de tarage , graphique 7, sont approximatives. Les conditions d'extrapolation en hautes eaux rendent possible vers ces côtes une imprécision de 20 %. On utilisera le barème :

H (cm)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H (cm)	Q (m <sup>3</sup> /s)
020	0,00	200	51,0
040	0,70	220	61,5
060	2,60	240	76
080	5,5	260	95
100	11,0	280	117
120	18,0	300	142
140	25,0	320	167
160	33,0	340	192
180	41,5	360	220

### 2.2.3. Ruisseaulement :

- Les observations sont réunies tableau 4.

La signification des symboles a été précisée en 2.1.3.

L'averse-crue n° 19 du 16-08-71 est illustrée sur le graphique 8.

Le module annuel d'écoulement s'établit à 108 l/s, soit un module spécifique de 2,76 l/s.km<sup>2</sup>. La répartition mensuelle des apports est détaillée ci-dessous.

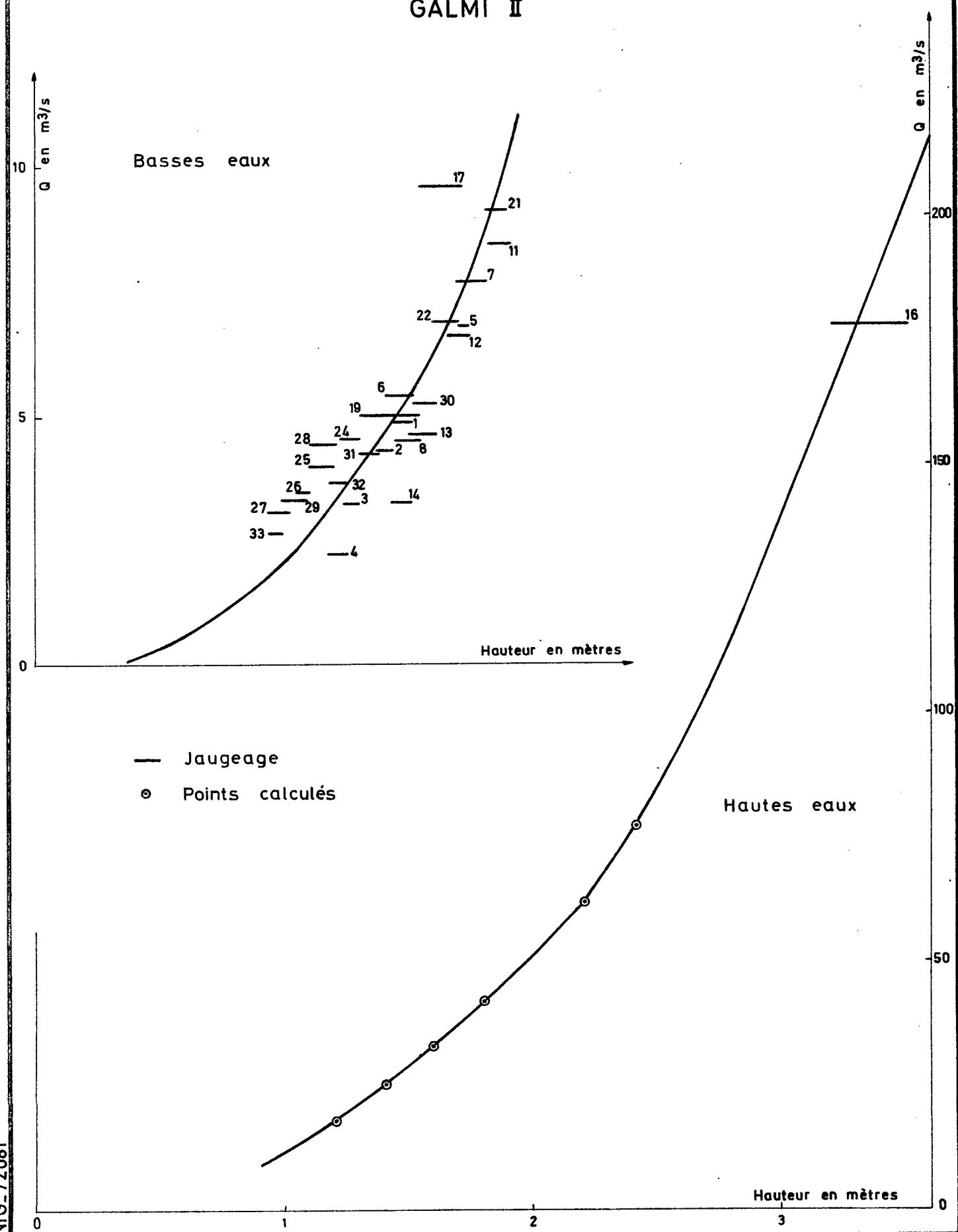
Période	Pm mm	V 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	He mm	Ke %	Q m <sup>3</sup> /s
Juin	(28,4)	250	6,4	23	0,10
Juillet	68,1	520	13	19	0,19
Août	181,6	2 380	61	34	0,89
Septembre	66,0	250	6,4	9,6	0,10
AN (1)	(344)	3 400	88	25	0,11

(1) Observations du 11 Juin au 30 Septembre.

## BASSINS VERSANTS DE GALMI

Courbes de tarage

GALMI II



## BASSINS VERSANTS DE GALMI

Crue n° 19 du 16 Aout 1971

## GALMI II

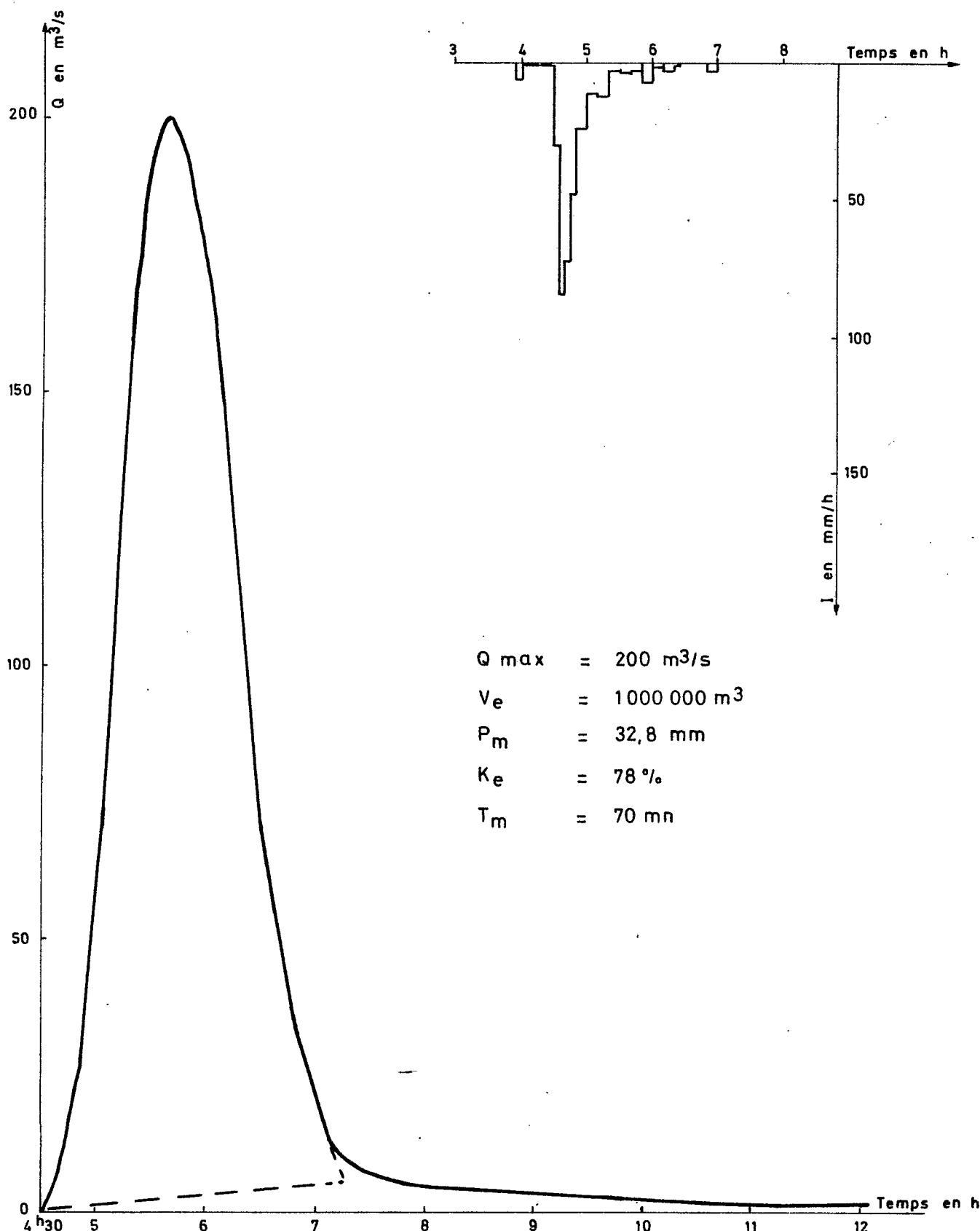


Tableau 4

GALMI II

Ruisseaulement 1971

N°	Date	Pm mm	Pmax mm	Pm Pmax	Hmax cm	Qmax m³/s	Q sp. 1/s.km²	Ve 10³ m³	Tm mn	Durée h et mn	He mm	Ke %
1	24-06	20,7	48,0	0,43	230	68	1 750	250	35	6 h	6,4	31
2	25-06	7,7	11,0	0,70			Pas d'écoulement					
3	02-07	0,4	3,5	0,11			Pas d'écoulement					
4	06-07	17,3	22,3	0,77	096	9,5	240	56	75	7 h30	1,4	8,1
5	07-07	21,0	29,0	0,72	246	82	2 100	350	45	8 h30	9,0	43
6	09-07	2,9	6,1	0,47	052	2,2	56	12	10	7 h30	0,5	17
7	14-07	0,8	4,2	0,19			Pas d'écoulement					
8	23-07	8,2	14,5	0,56	072	4,2	110	27	30	5 h	0,7	8,5
9	27-07	13,1	23,6	0,55	077	4,9	125	47	20	7 h40	1,2	9,2
10	30-07	4,4	6,2	0,71	053	2,3	59	22	5	9 h	0,6	14
11	01-08	5,8	15,8	0,37	095	9,1	230	46	55	7 h	1,2	20
12	02-08	19,5	22,1	0,88	166	35	900	210	40	13 h	5,4	28
13	04-08	34,8	36,8	0,95	160	33	850	330	?	17 h	8,5	25
14	06-08	7,3	10,2	0,71	204	53	1 360	220	10	7 h30	5,6	77
15	09-08	14,5	23,5	0,62	124	19	490	100	75	8 h30	2,6	18
16	11-08	11,5	23,1	0,50	128	21	540	110	75	10 h30	2,8	24
17	13-08	1,9	3,1	0,61			Pas d'écoulement					
18	14-08	9,1	13,9	0,65			Très léger écoulement					
19	16-08	32,8	44,2	0,74	346	200	5 100 (1 000)	60	12 h00	25,6	(78)	
20	18-08	7,3	17,9	0,41	100	11	280	58	25	7 h10	1,5	20
21	24-08	27,0	29,6	0,91	214	58	1 490	250	50	7 h30	6,4	24
22	25-08	10,1	11,0	0,92	092	8,1	210	56	70	7 h	1,4	14
23	05-09	28,5	34,5	0,83	160	33	850	150	35	6 h	3,8	13
24	06-09	9,0	11,5	0,78	083	6,1	160	50	80	6 h40	1,3	14
25	08-09	0,3	1,8	0,16			Pas d'écoulement					
26	13-09	18,0	24,1	0,75	150	29	740	11	30	5 h	2,7	15
27	19-09	7,1	20,0	0,35	096	9,5	240	40	5	4 h	1,0	14
28	22-09	3,1	4	0,77			Pas d'écoulement					



CHAPITRE 3

RECAPITULATION DES DONNEES DE BASE  
SUR LES BASSINS VERSANTS DE GALMI

Le tableau 5 et le graphique 9 résument les principaux résultats des campagnes de terrain.

Les lames d'eau écoulées (volume écoulé/surface du bassin) sont comparées chaque fois à la pluie moyenne reçue par le bassin. Apparaissent ainsi les rapports définissant les coefficients d'écoulement sur chaque période considérée, de l'année (tableau 5) à la journée (graphique 9).

L'apport annuel est exprimé en un débit fictif continu, le module, en l/s.

Les hydrogrammes les plus forts de l'année sont définis par leurs caractéristiques :

Pm (mm)	= Pluie moyenne
t <sub>B</sub> (h, mn)	= Temps de base de la crue pris entre le début de la crue et la fin du ruissellement pur (cassure de la décrue)
Kr (%)	= Coefficient de ruissellement défini à partir du volume de l'hydrogramme auquel a été soustrait le ruissellement retardé. Ce coefficient est plus faible que le coefficient Ke, dit d'écoulement, qui tient compte de la totalité de la crue.
hmax (cm), Qmax (m <sup>3</sup> /s)	= Hauteur et débit maximal de l'hydrogramme
Qmax (l/s.km <sup>2</sup> )	= Débit ramené au km <sup>2</sup> du bassin considéré
$\frac{Q_{max}}{Q_{R\ moy}}$	= Coefficient de forme de l'hydrogramme de <u>ruissellement pur</u> .

Nous avons déjà attiré l'attention, dans l'introduction, sur les difficultés rencontrées lors du tarage. Des erreurs possibles de 20 % doivent être envisagées sur les plus forts débits, avec incidence plus limitée sur les apports. Les barèmes 1970, et 1969 surtout, nous semblent notamment un peu surestimés à GALMI II.

Tableau 5

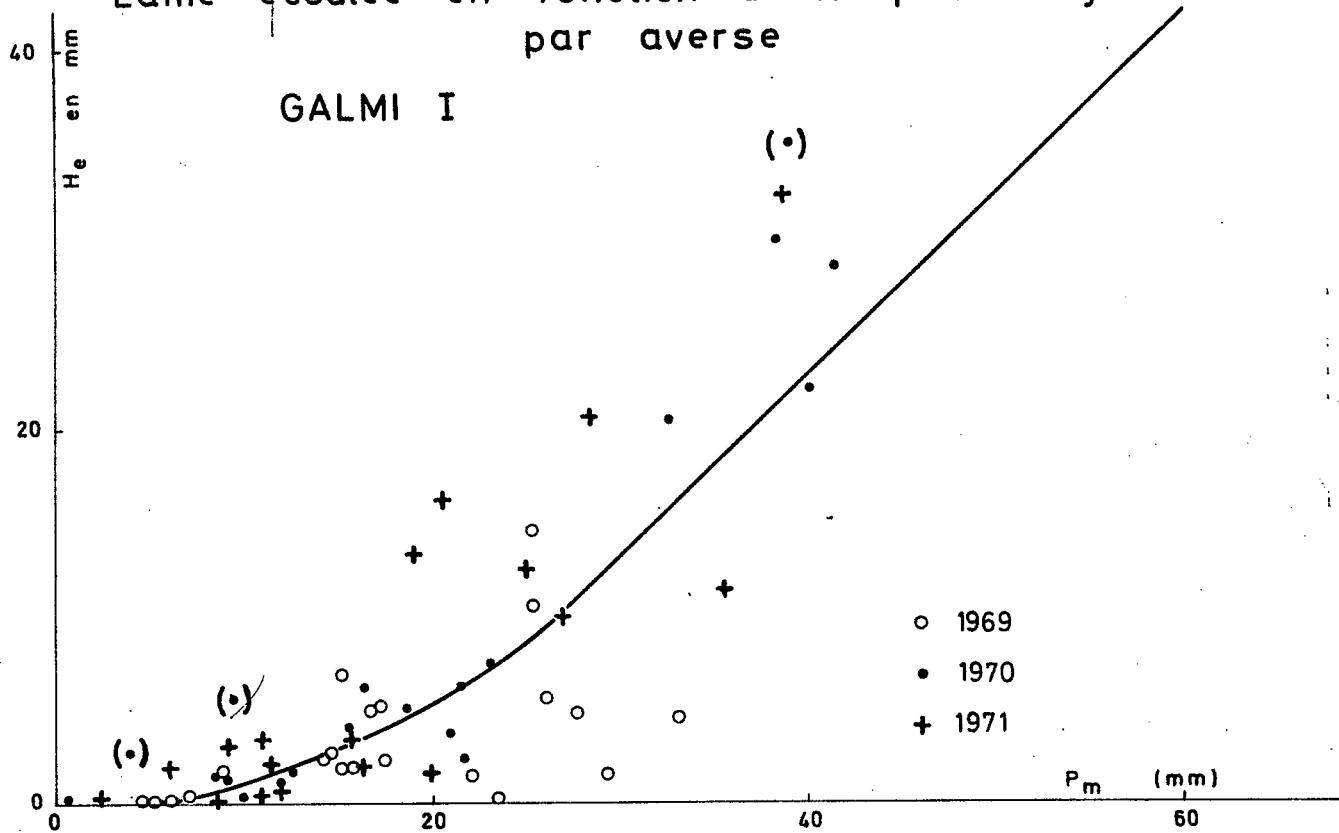
Récapitulation des données de base sur les bassins de GALMI  
(1969-1971)

ANNEE	Lame écoulée (mm) / pluie (mm)						MODULE 1/s	Fortes crues							
	JN	JT	AT	S	JT - AT	AN		Pm	K <sub>R</sub>	t <sub>S</sub>	hmax	Qmax	Q <sub>max</sub> m <sup>3</sup> /s		
	mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm	%	h, mn	(cm)	m <sup>3</sup> /s	km <sup>2</sup>		
20 km <sup>2</sup>	1969	0,5 9,6	42,7 183	53,6 175	10,7 109	96 358	(107) 480	(70)	25,5 50,2	53 60	1h30 3h00	210 222	125 156	6 250 7 800	2,5 2,6
GALMI I	1970	25,8 55,3	146,3 249	8,9 73	4,4 55,4	155 322	188 455	120	39,1 38,4 41,5	55	1h45	233 225	159 148	8 200 7 950 7 400	2,4
GALMI	1971	(12,6) (33,8)	39,8 81	70,4 171	16,6 72	110 252	140 (360)	88	38,9 28,6	71	2h45	230 200	150 88	7 500 4 400	18
2 km <sup>2</sup>	1969	2,6 13,4	66,4 180	(62,3) 173	(27) 103	(129) 353	(158) 473	(200)	30,2 56,2	31 50	2h00 3h00	240 300	104 190	2 670 4 870	2,1 2,3
GALMI II	1970	13,3 41,9	102 243	19,5 86	2,4 62	121 329	139 444	170	42,4 43,2	43	2h45	303 334	176 240	4 500 6 150	2,5
GALMI	1971	(6,4) 28,4	13 68	61 189	6,4 66	74 250	88 (344)	108	32,8	70	2h45	346	200	5 100	2,2

# BASSINS VERSANTS DE GALMI

Lame éculée en fonction de la pluie moyenne  
par averse

GALMI I



CHAPITRE 4

## ANALYSE DES RESULTATS - CONCLUSIONS

Nous avons envisagé plus haut, notamment à GALMI II, en 1970 et surtout en 1969, une possible surestimation des apports. Nous la compenserons en utilisant, pour l'analyse pluviométrique, le poste de MADAOUA, qui minimise, semble-t-il, les caractéristiques de la pluviométrie interannuelle (1.3.).

#### 4.1. Régime des apports :

Dans le contexte physicoclimatique environnant, la dégradation peu avancée des réseaux hydrographiques principaux est le caractère original de l'ensemble de GALMI. Cela se traduit par exemple à l'échelle journalière, par la quasi-identité, pour les deux bassins, des fonctions moyennes du ruissellement journalier (graphique 9) ; ce ruissellement est par ailleurs comparable en importance à ce que l'on rencontre sur des bassins versants beaucoup plus réduits, quelques km<sup>2</sup>, de relief R<sup>4</sup>, dans le voisinage.

Les apports annuels reflètent évidemment eux aussi cette aptitude particulière au ruissellement. Le report des observations de GALMI sur le graphique 10, "Module et superficie dans les vallées de l'Ader Doutchi-Maggia" illustre le fait : les points représentatifs de GALMI se classent très franchement au-dessus de la courbe médiane alors que, comme nous allons le voir, la pluviométrie n'a pas été particulièrement favorable ces dernières années.

#### 4.1.1. Caractéristiques de la pluviométrie et éventualité des apports observés :

GALMI I 20 km<sup>2</sup> :

1969. Pluviométrie annuelle normale ; excès en Juillet et Septembre au détriment de Juin ; total maximal en 7 jours ou 4 jours assez inférieur à la normale.

Le = 107 mm      Récurrence estimée (0,7 à 0,4)

1970. Total pluviométrique annuel un peu inférieur à la normale ; total de Juillet exceptionnellement favorable (Réc. 0,05) alors qu'en Août le déficit est très sévère (Réc. 0,95) ; les maximums en 7 jours et 4 jours se rapprochent de la médiane, mais ne l'atteignent pas.

Le = 188 mm Récurrence estimée (0,6 à 0,4).

1971. Total annuel gravement déficitaire (Réc. 0,8) au détriment du mois de Juillet surtout, le reste partagé par les autres mois ; les totaux sur 7 jours et 4 jours sont très nettement inférieurs à leurs valeurs médianes ; ces facteurs pluviométriques apparaissent moins favorables qu'en 1969 ; l'écoulement est cependant supérieur du fait des caractéristiques des averses et de leur répartition.

Le = 140 mm

Réurrence estimée (0,8 à 0,6)

GALMI II 39 km<sup>2</sup> :

1969. Pluviométrie annuelle presque normale ; Juillet assez fort au détriment de Juin ; totaux maximaux en 7 jours et 4 jours sensiblement inférieurs à la médiane ; maximum journalier à peu près de fréquence annuelle.

Le = 158 mm

Récurrence estimée (0,6 à 0,4)

1970. Pluviométrie annuelle un peu déficitaire ; total de Juillet très fort (0,05) au détriment d'Août (0,95) ; les totaux sur 7 jours et 4 jours sont inférieurs aux valeurs médianes.

Le = 139 mm

Récurrence estimée (0,6 à 0,5)

1971. Pluviométrie annuelle très inférieure à la médiane ; toutes les caractéristiques pluviométriques sont d'occurrence supérieure à la médiane (0,8 à 0,5), avec un mois de Juillet dépassé 9 fois sur 10.

L<sub>e</sub> = 88 mm

Récurrence estimée (0,8).

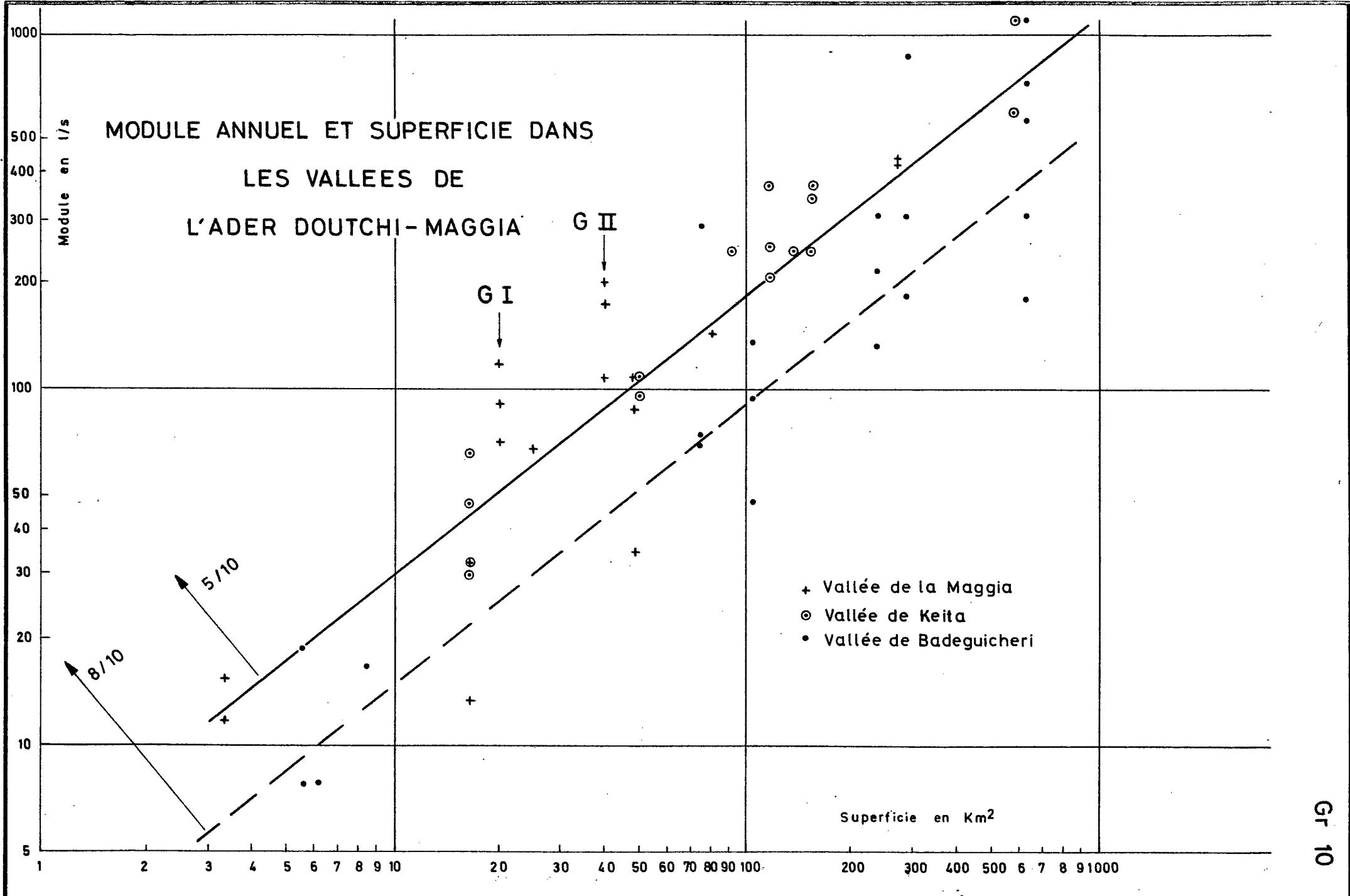
#### 4.1.2. Fonction de ruissellement journalier et apport annuel :

Le ruissellement commence pour des pluies très faibles de l'ordre de 4 mm.

La précision sur les lames écoulées ne permet pas de déterminer une différence significative dans l'aptitude moyenne au ruissellement de chacun des deux bassins (graphique 9). Les points représentatifs sont cependant moins dispersés à GALMI II, peut-être plus homogène ou simplement relativement mieux étalonné.

Dans l'état des connaissances, la fonction, graphique 9, caractérise donc pour les deux bassins, le ruissellement en fonction des averses moyennes.

Cependant, les averses ponctuelles observées à P4, au centre du bassin de GALMI II, ont été transformées par la même fonction définie au graphique 9 ; la sommation annuelle de ces lames calculées approche à 10 % près les valeurs observées. Ce résultat, probablement lié à la compacité du bassin, peut être utilisé pour l'estimation des écoulements médians inter-annuels en admettant que, statistiquement, le pluviomètre de MADAOUA représente la pluviométrie ponctuelle sur le bassin.



Il a donc été effectué un classement des écoulements annuels, résultats de la sommation des lames transformées, par la fonction définie au graphique 9, des aversees journalières à MADAOUA.

Les principaux éléments du classement expérimental correspondant sont, sur 36 ans :

:	:	:	:	:	:	:	:
:	Dépassement	:	0,95	:	0,9	:	0,5
:		:	0,2	:	0,1	:	0,05
:	Le annuelle	:	62	:	69	:	167
:	(mm)	:		:	207	:	284
:		:		:		:	370
:		:		:		:	

Nous utiliserons avec prudence les valeurs extrêmes du classement : il est probable que la définition de la fonction comme "moyenne" tend à écraser les écarts entre les déciles par exemple.

#### 4.1.3. Conclusions :

Dans l'état actuel des connaissances, nous pouvons considérer comme probable la distribution statistique des apports annuels qui suit :

#### GALMI I 20 km<sup>2</sup> :

:	:	:	:	:	:	:	:
:	Dépassement	:	Pm	:	Le	:	Ke
:		:	(mm)	:	(mm)	:	(%)
:		:		:		:	
:	2/10	:		:	220-245	:	4,4-4,7
:		:		:		:	140-150
:	5/10	:	490	:	160-175	:	33-36
:		:		:		:	3,2-3,5
:	8/10	:		:	80-100	:	1,6-2,0
:		:		:		:	50- 64
:		:		:		:	

#### GALMI II 39 km<sup>2</sup> :

:	:	:	:	:	:	:	:
:	Dépassement	:	Pm	:	Le	:	Ke
:		:	(mm)	:	(mm)	:	(%)
:		:		:		:	
:	2/10	:		:	200-220	:	7,8-8,6
:		:		:		:	250-270
:	5/10	:	450	:	160-175	:	33-36
:		:		:		:	6,2-6,8
:	8/10	:		:	95-115	:	3,5-4,5
:		:		:		:	110-140
:		:		:		:	

#### 4.2. Régime des débits exceptionnels :

Outre la remarquable aptitude au ruissellement, liée au relief et à l'absence relative de dégradation, la compacité des bassins se prête à la concentration de forts débits spécifiques. Ainsi à GALMI II, les trois formateurs ont des pentes motrices régulières et se rejoignent après des parcours assez comparables : les temps de base y sont à peine plus longs qu'à GALMI I pour une superficie double. Les hydrogrammes sont presque aussi aigus à GALMI II qu'à GALMI I ( $\frac{Q_{\text{max}}}{Q_{\text{R moyen}}}$  de 2,3 à 2,6).

On peut donc s'attendre à des caractéristiques de pointes particulièrement fortes relativement à celles observées généralement dans la région de l'Ader Doutchi-Maggia. Compte tenu de l'imprécision du tarage, il semble préférable de proposer comme valeurs décennales des crues de 200 à 250  $\text{m}^3/\text{s}$  à GALMI I et 300 à 350  $\text{m}^3/\text{s}$  à GALMI II, valeurs légèrement supérieures à celles proposées dans le rapport de campagne précédent.

Les valeurs des débits spécifiques correspondants sont respectivement de 10 000 à 12 500  $1/\text{s}.\text{km}^2$  et 7 700 à 9 000  $1/\text{s}.\text{km}^2$ , valeurs élevées mais vraisemblables. Ils se situent sur la courbe enveloppe établie sur la base des observations effectuées sur les cours d'eau de l'Ader Doutchi-Maggia (Cf. "Etude hydrologique de la vallée de BADEGUICHERI" P. CHAPERON - ORSTOM 1971).

#### 4.3. Conclusions générales :

On n'accordera pas le même degré de confiance aux résultats présentés dans ce rapport qu'à ceux d'un bassin représentatif exploité de façon régulière ; ceci pour les raisons que nous avons eu l'occasion d'exposer dans les paragraphes consacrés aux problèmes de tarage. En outre, aucune des trois années observées n'est une année forte.

Il reste que, par suite de son aptitude indubitable au ruissellement, l'ensemble présente des garanties assez exceptionnelles d'alimentation d'éventuels ouvrages hydro-agricoles.

Au cas où des projets d'aménagement se concrétiseraient, il serait cependant souhaitable d'envisager une année d'étude supplémentaire pour lever certaines incertitudes sur le régime des apports et surtout des débits maximaux.

Appuyé sur un dispositif matériel important (station téléphérique, éclairage du cours d'eau, matériel pour mesures de débit par méthodes chimiques) le programme permettrait de lever l'hypothèque du tarage en hautes eaux.

Ce devrait être aussi l'occasion d'aborder le problème du transit des matériaux par l'observation du transport en suspension et l'évaluation

du charriage de fond : on peut présumer qu'ils sont relativement importants, à l'instar du ruissellement, et en relation avec la forte capacité de transport du réseau hydrographique.

Rappelons à cet égard qu'en tête de réseau, sur différentes parcelles de plusieurs ha du bassin de KOUNTKOUZOUT, des dégradations de 2 à 19 t/ha an ont été mesurées.

° ° °

## **ANNEXES**

A N N E X E P L U V I O M E T R I Q U E

---

## MADAOUA (météo)

Pluviométrie journalière  
(mm)

1971

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	JUIL	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1												
2												
3												
4								25,3	11,5	0,5		
5								29,3	20,9			
6								0,3		13,6		
7												
8									1,5	1,3		
9												
10												
11												
12										13,5		
13								0,4	19,7			
14									3,2			
15									47,5			
16												
17												
18									4,0	7,9		
19												
20												
21												
22									1,0	22,1	1,5	
23										15,4		
24												
25									7,1			
26									17,4			
27												
28												
29												
30									3,5			
31												
Tot.	0	0	0	0	0	0	0	59,0	159,6	49,3	0,5	0
J								7	9	6	1	

Total annuel = 268,4 mm

Nombre de jours = 23

BASSIN VERSANT DE GALMI  
Pluviométrie journalière  
(mm)

Juin 1971

	PE1	PE2	PE6	P3	P4	P5	P7	P8	P9	P10	P11
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15							0,4	0,3	0,8		
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24	38,7	48,0		5,5		17,1	32,6	21,8	29,1	42,1	39,0
25	5,1	8,5	11,0	9,2	9,9	3,7	8,6	7,2	10,8	9,5	10,7
26											
27											
28											
29											
30											
Tot.	43,8	56,5	11,0	14,7	9,9	20,8	41,6	29,3	40,7	51,6	49,7

Début des observations le 11 Juin.

## BASSIN VERSANT DE GALMI

Pluviométrie journalière  
(mm)

Juillet 1971

	PE1	PE2	PE6	P3	P4	P5	P7	P8	P9	P10	P11
1	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
2	:	:	3,5	:	1,0	3,0	:	:	:	:	:
3	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
4	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
5	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
6	:	20,0	18,2	22,3	19,7	13,8	15,5	19,6	19,1	16,8	16,5
7	:	36,1	22,5	29,0	17,0	21,2	25,8	29,3	33,7	17,0	15,7
8	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
9	:	2,7	:	5,1	6,1	0,5	0,2	:	:	:	4,7
10	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
11	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
12	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
13	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
14	:	6,0	0,3	4,2	:	:	:	6,5	12,5	1,3	0,9
15	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
16	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
17	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
18	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
19	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
20	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
21	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
22	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
23	:	8,1	11,5	3,5	14,5	4,4	1,7	7,3	4,8	6,3	8,4
24	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	12,6
25	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
26	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
27	:	6,0	9,0	23,6	10,6	11,6	18,6	23,9	14,3	8,9	9,9
28	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
29	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
30	:	3,6	4,2	3,4	6,2	4,8	4,2	4,8	5,3	2,8	2,7
31	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Tot.											
	79,8	68,4	89,5	73,1	62,9	69,3	91,6	89,7	53,1	54,1	67,1

## BASSIN VERSANT DE GALMI

### Pluviométrie journalière (mm)

Août 1971

	PE1	PE2	PE6	P3	P4	P5	P7	P8	P9	P10	P11
1	3,8	15,8		9,4	5,0	1,7			0,4	2,3	6,2
2	29,2	20,5	8,6	22,1	21,3	19,0	10,3	3,5	8,3	21,3	20,6
3											
4	36,0	34,0	36,8	35,3	36,1	33,8	33,2	37,0	33,4	34,2	33,9
5											
6	3,7	4,3	6,5	7,6	10,2	10,2	4,4	3,5	2,2	4,3	6,6
7											
8											
9	22,1	17,5	23,5	15,5	11,6	8,5	27,9	20,2	10,7	16,2	12,7
10											
11	3,5	8,2	23,1	6,9	10,6	15,3	21,9	6,1	7,0	10,5	8,9
12											
13	2,8	1,8	2,8	1,3	1,4	3,1	4,1	3,5	1,7	1,6	1,5
14	7,0	7,5	13,9	8,1	9,0	10,0	11,8	10,0	6,1	8,4	7,5
15											
16	32,2	35,1	44,2	30,7	29,2	32,5	45,4	38,5	31,6	30,8	33,0
17											
18	1,0	0,8	3,5	1,4	11,3	17,9	4,5	2,9	2,3	9,0	4,8
19											
20								3,2			
21											
22							3,6	4,6			
23											
24	27,0	28,5	20,7	29,0	26,3	29,6	19,6	18,0	20,0	23,3	29,1
25	10,1	10,3	10,0	9,8	10,6	11,0	12,3	12,5	7,5	9,3	9,5
26											
27											
28											
29											
30											
31											
<b>Tot.</b>											
	178,4	178,4	173,1	177,1	182,6	193,6	199,0	163,5	131,2	171,2	174,3

BASSIN VERSANT DE GALMI  
Pluviométrie journalière  
(mm)

Septembre 1971