

A - EQUIPEMENT du BASSIN -

L'équipement en 1958 a été identique à celui de l'année précédente, à l'exception d'un limnigraphe supplémentaire installé vers le centre du bassin.

L'équipement comportait donc :

- 11 pluviomètres "Association"
- 2 pluviographes enregistreurs

- pour les mesures hydrométriques :

une station de jaugeage avec - échelle limnimétrique
- limnigraphe
- passerelle de mesure

une station secondaire avec - un limnigraphe
(situé à proximité du pluviographe II)

L'étalonnage de la station de jaugeage principale a été parachevé en 1958. Une légère correction a été apportée à l'étalonnage de l'année précédente ; elle devient assez sensible pour les débits supérieurs à $5 \text{ m}^3/\text{s}$, mais reste comprise entre 5 et 10 %.

La station secondaire n'a pu être étalonnée. Elle a servi seulement à enregistrer les ondes de crues provenant de la partie orientale du bassin.

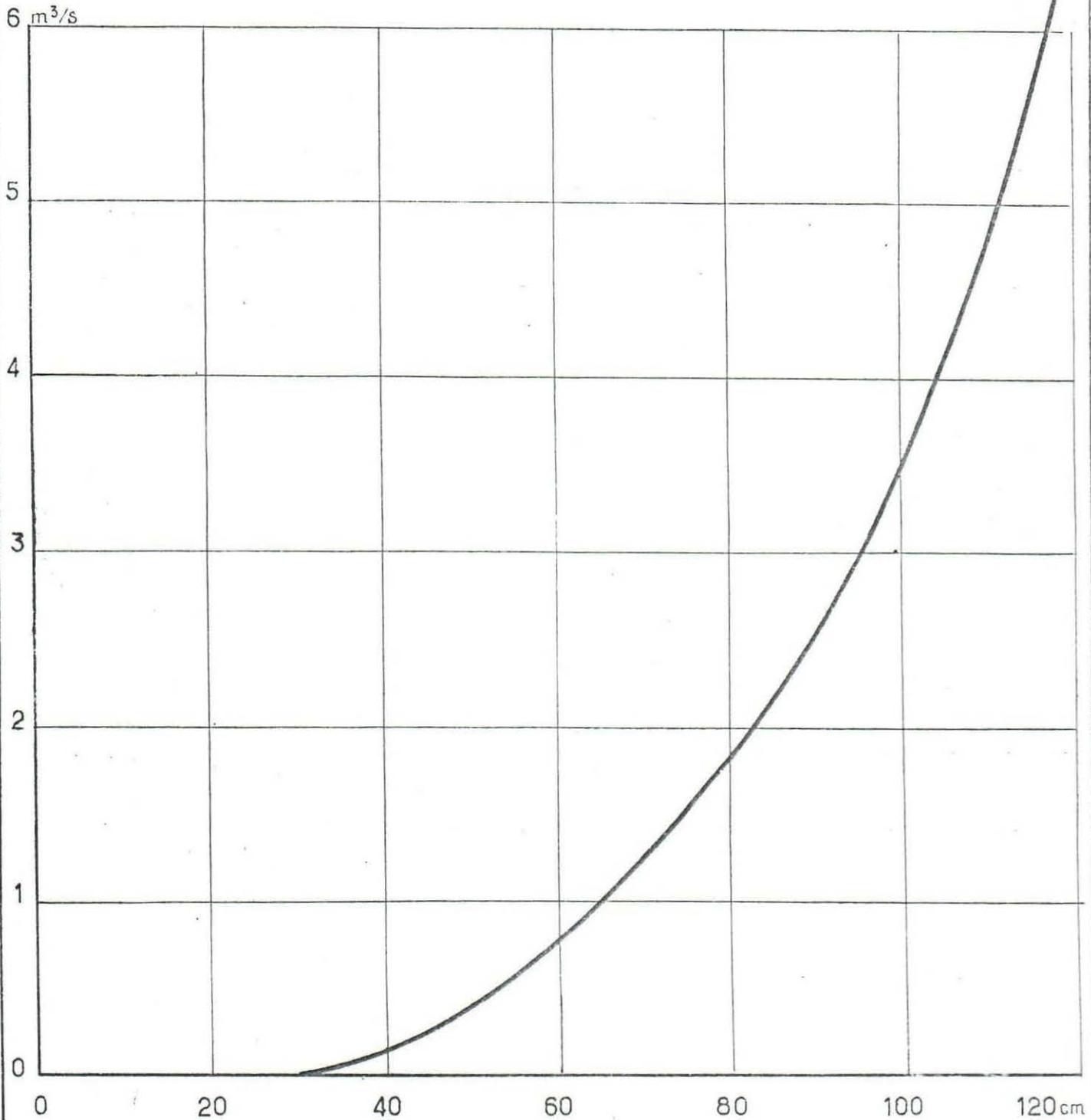
B - AVERSES OBSERVEES -

On trouvera ci-contre le tableau des dix-huit averses qui sont tombées sur le bassin pendant les mois de Juillet, Août et Septembre 1958.

Bassin versant de TIN ADJAR

Gr. 1

Courbe d'étalonnage en 1958



SOU_9671

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER

ED:

LE: JUIL 58

DES: GROTARD

VISA:

TUBEN°:

A 1

TIN-ADJAR

Campagne 1958

Liste des Averses observées de Juillet à Septembre 1958

Date	N°	I	II	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Pmoy	D %
10-7:	33:	13,5:	20,5:	15	18	17,3:	16,3:	18	16,7:	18,5:	20,2:	24,2:	22,2:	16,3:	18	60:
17-7:	34:	5,5:	2,5:	5,8:	4,3:	4	3	5,4:	3,3:	4,5:	3,1:	4,8:	3,9:	3	4	82:
19-7:	35:	5,5:	3,5:	5,8:	11	10	4,6:	8,2:	7,2:	6,7:	4,8:	3,6:	6,5:	9,4:	6,5:	115:
23-7:	36:	41,5:	29,5:	44,3:	46	37,5:	35	31	28,3:	34	31	34,3:	22,7:	34,8:	34,5:	67:
30-7:	37:	45,5:	32	46,3:	45,5:	43	42	45,6:	42	35	40,3:	41,5:	42	43,8:	42	34:
31-7:	38:	1	4,5:	1,8:	1	1	0	0,7:	3	5,3:	4,8:	6,3:	1,5:	2,5:	250:	
1-8:	39:	13	13,5:	13,1:	14,9:	13,1:	14,2:	16	15,5:	14,2:	9,9:	10,9:	11,7:	13,8:	13,5:	45:
5-8:	40:	9	7,5:	10,4:	9,8:	8,2:	5,8:	7,9:	7,3:	8,2:	7,8:	6,9:	5,6:	6,7:	8	60:
6-8:	41:	15,5:	13,5:	16	23,8:	23	19	20,6:	13,2:	20	14	11	14,5:	13,8:	16,5:	78:
13-8:	42:	27,5:	17,5:	30	30,3:	33,2:	26	24,5:	26	30	10	14,4:	20,7:	20	24	97:
16-8:	43:	3,5:	6,5:	3,9:	3,1:	3,6:	3	3,3:	6,3:	5	4,3:	5,1:	4,4:	4,6:	4,5:	78:
18-8:	44:	12,5:	16,5:	12,5:	17	16,4:	18	18	16	16,1:	15,5:	18,1:	21,2:	13,5:	16,5:	180:
18-8:	45:	22,5:	14	29,5:	20,8:	19,6:	18,4:	24	14,5:	18,4:	6,8:	8,9:	10,2:	11,8:	17	134:
24-8:	46:	5	6,5:	5,2:	6	8,4:	7,5:	7	6,8:	8,9:	5,3:	7	8,1:	9	7	57:
3-9:	47:	7,5:	8	8,8:	8	4	5,4:	6,5:	13,5:	7	13,9:	13,7:	13,2:	12,1:	9,5:	105:
8-9:	48:	3,5:	11,5:	4,2:	7,4:	12	20	21	6,2:	14	6,3:	12,2:	18,1:	4	11	160:
13-9:	49:	21,5:	16	22,6:	22	24	23,5:	24	18,2:	16	13	13,5:	17,1:	17,6:	19	58:
18-9:	50:	5,5:	4,5:	6,5:	6,8:	4,8:	4,8:	4	4,2:	6	2,5:	3,5:	5	4	4,5:	95:
Total:	-	260	228	281	295	283	266	286	245	265	214	238	254	240	258	31:

Nota : Les averses soulignées ont provoqué un ruissellement faible (-) ou assez important (=)

Parmi ces averses, dix n'ont donné lieu à aucun écoulement. Quatre ont produit un faible ruissellement superficiel ; ce sont les suivantes :

- Averse n° 39 du 1er Août	- Hauteur moyenne	13,5 mm
- " n° 42 - 13 Août	- " -	24 mm
- " n° 44 - 18 Août	- " -	16,5 mm
- " n° 49 - 13 Septembre	- " -	19 mm

Quatre averses ont provoqué des crues notables, d'un débit de pointe supérieur à $1 \text{ m}^3/\text{s}$:

- Averse n° 36 du 23 Juillet	- Hauteur moyenne	34,5 mm
- " n° 37 - 30 Juillet	- " -	42 mm
- " n° 41 - 6 Août	- " -	16,5 mm
- " n° 45 - 18 Août	- " -	17 mm

On remarque qu'aucune averse n'a atteint une hauteur exceptionnelle ; la plus forte a été de 42 mm (30 Juillet), au lieu des 54,5 mm relevés le 12 Août 1956.

Les intensités pluviométriques enregistrées en 1958 ont également été très inférieures à celle de 1956 (valeur maximale de 95 mm/heure, au lieu de 180 mm/heure).

Toutes les tornades de 1958 peuvent être considérées comme unitaires, le "corps" de l'averse n'ayant jamais excédé une quarantaine de minutes. La "queue" de faible intensité a parfois duré plusieurs heures, mais elle ne participe pas au ruissellement.

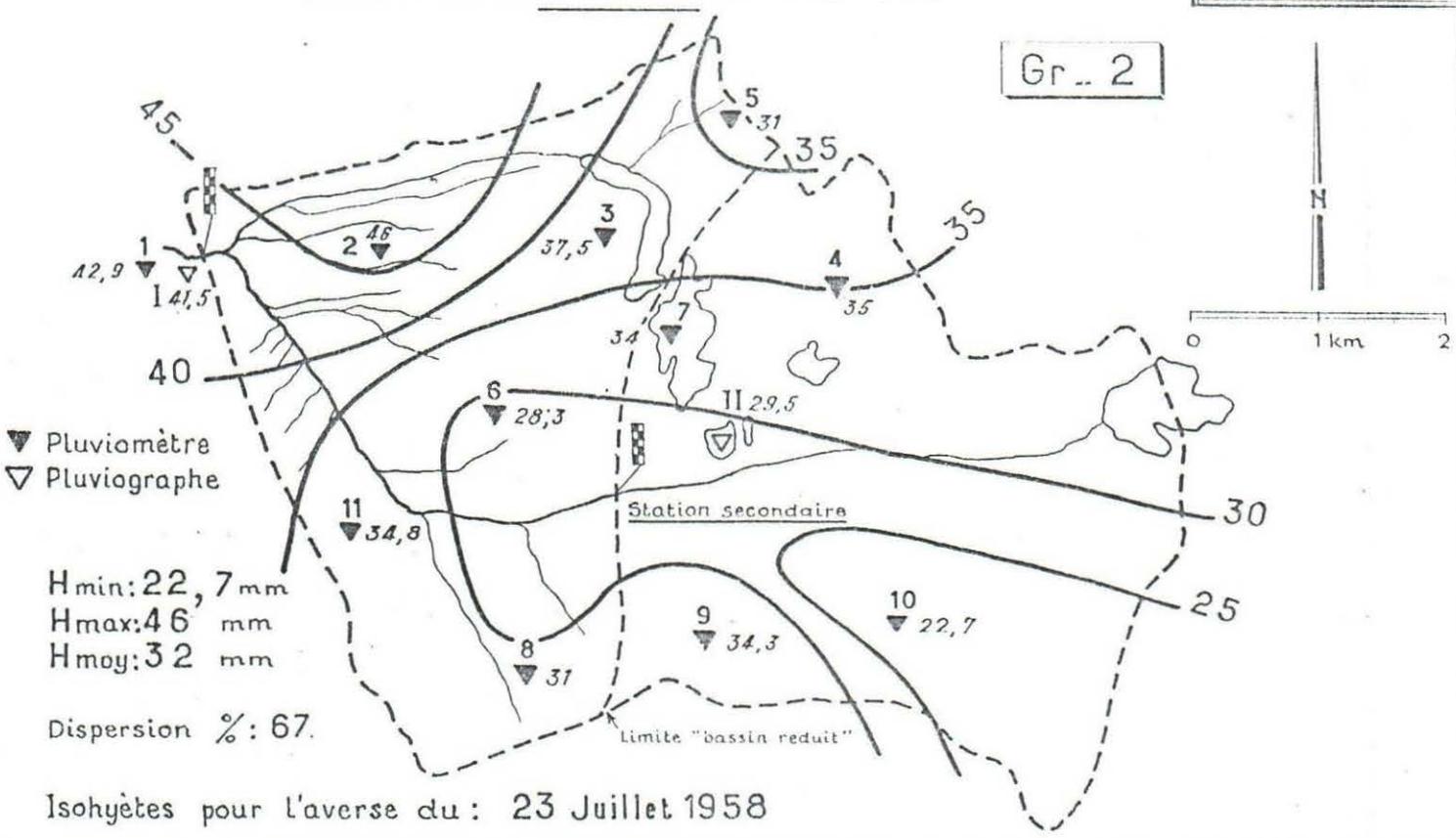
La plupart des averses sont très irrégulièrement réparties sur le bassin, ce qui est normal pour des averses de caractère orageux. Le coefficient de dispersion $\frac{P \text{ max} - P \text{ min}}{P \text{ moy}}$ descend rarement au-dessous de 50 % et dépasse fréquemment 100 %.

D'une façon générale, les précipitations en 1958, comme les années précédentes, ont été plus fortes dans la partie Nord que dans la partie Sud du bassin, mais d'une tornade à l'autre, la répartition des pluies varie beaucoup dans le détail.

Bassin versant de TIN ADJAR

AYERSE : 36

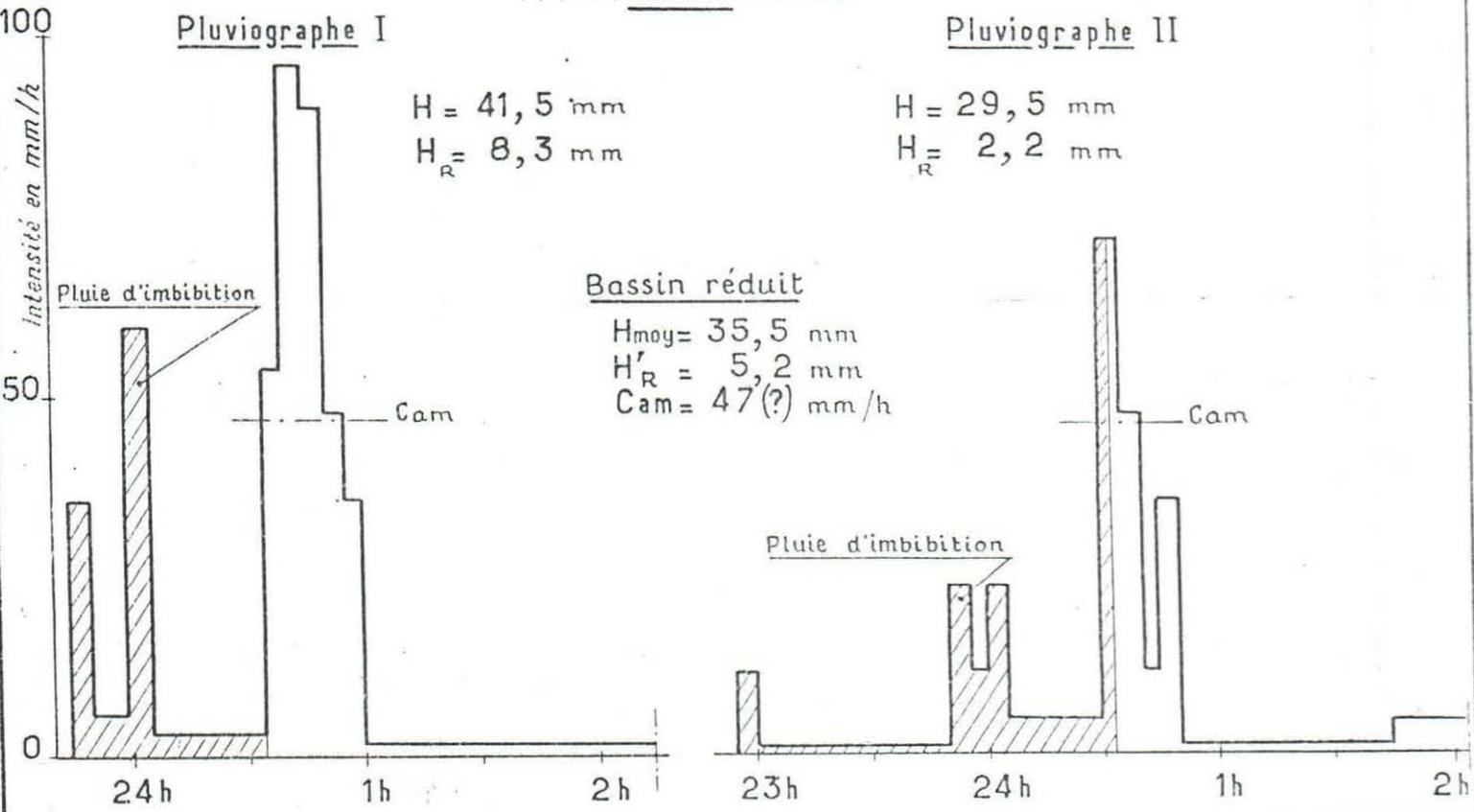
Gr. 2



HYÉTOGRAMMES

Pluviographe I

Pluviographe II



SOU 9672

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER

ED: LE: juillet 60 DES: GROTARD VISA: TUBE N°: A1

En résumé, l'année 1958 a eu une pluviosité comparable à celle de 1957, mais beaucoup moins forte que celle de 1956 qui avait été particulièrement favorable pour nos études de ruissellement.

C - CRUES OBSERVEES -

Le régime sahélien du ruisseau de TIN-ADJAR se caractérise par l'absence totale d'écoulement, en dehors des crues qui se produisent brusquement et en petit nombre entre Juin et Septembre. Ces périodes d'écoulement éphémères n'excèdent presque jamais 24 heures.

Pendant la campagne 1958, nous avons vu que huit averses avaient provoqué un écoulement du bassin, mais que quatre seulement avaient donné lieu à des crues de quelque importance :

- Crue n° 36	(23 Juillet 1958)	- Débit maximal	=	5,2 m ³ /s
- n° 37	(30 Juillet -)	-	-	6,5 -
- n° 41	(6 Août -)	-	-	1,1 -
- n° 45	(18 Août -)	-	-	1,6 -

Ces crues, qui peuvent être considérées comme unitaires, présentent un hydrogramme complexe qui résulte de la superposition de plusieurs ondes, issues des différentes parties du bassin et parvenant à la station de jaugeage avec un décalage de temps important. Le tableau ci-après montre les principales ondes de crue que permet de déceler un examen détaillé des hydrogrammes de 1958.

N°	Date	1ère onde		2ème onde		3ème onde	
		temps de montée	débit de pointe	temps de montée	débit de pointe	temps de montée	débit de pointe
36	23-7-58	1 h 30	5,22	2 h 55	4,37	5 h 40	3,00
37	30-7-58	1 h 15	5,865	3 h	6,55	4 h 30	5,865
41	6-8-58	(0 h 40)	0,445	4 h 30	1,11	9 h	0,54
45	18-8-58	0 h 35	1,58	4 h 10	1,14	8 h 40	0,77

Les trois ondes que l'étude des crues de 1956 et 1957 avait mises en évidence, apparaissent sur ce tableau sans changement notable, tout au moins pour les crues n° 36 et 37 qui sont les deux plus importantes de l'année 1958:

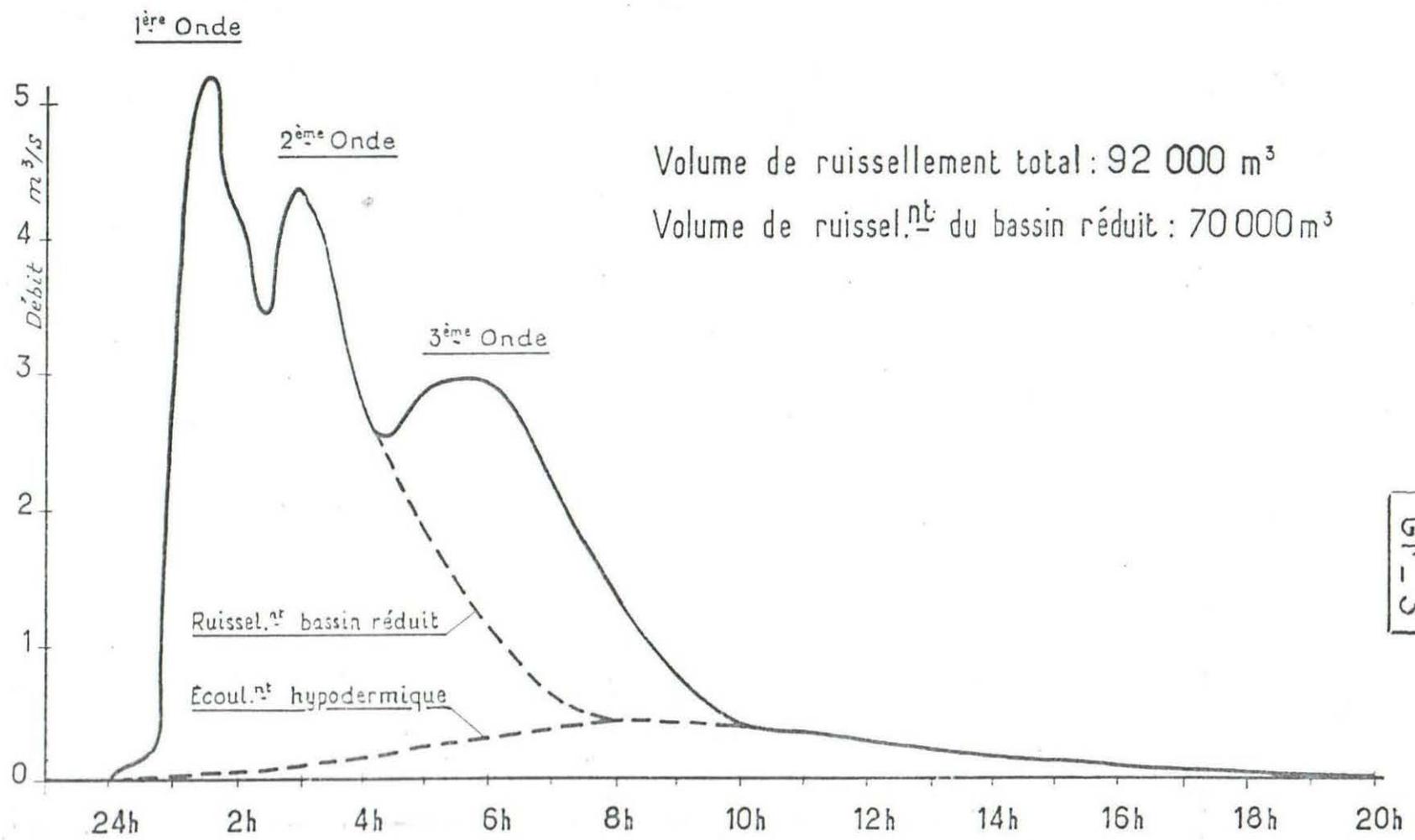
- La première onde, d'un temps de montée d'environ 1 h 30, paraît provenir de la partie occidentale du bassin et notamment de la chaîne de quartzites. Le temps de montée est seulement de 35 à 40 minutes pour les crues n° 41 et 45, car les précipitations ayant été plus faibles à l'extrémité Sud du bassin, seule la partie de la chaîne proche de la station de jaugeage semble avoir participé à l'écoulement.
- La deuxième onde, d'un temps de montée d'environ 3 heures, provient vraisemblablement du centre et de la partie Nord-Est du bassin. Le temps de montée dépasse 4 heures pour les crues 41 et 45, qui, peu abondantes, ont cheminé plus lentement que les crues moyennes et fortes.
- La troisième onde, provient de l'extrémité orientale du bassin comme le montrent les enregistrements du limnigraphe secondaire installé sur l'affluent qui collecte les eaux de ruissellement de cette région. Cette troisième onde se propage

SOU-9673

ED: ELECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER
LE: DES: VISA: TUBE N°: A1

Bassin versant de TIN ADJAR

Crue n°36 du 23 Juillet 1958



Gr-3

lentement et d'une façon assez variable d'une crue à l'autre : son temps de montée qui était compris entre 6 et 7 heures pour les crues de 1956 et de 1957, varie de 4 h 30 à 9 h en 1958. Son temps de parcours entre le limnigraphe secondaire et la station de jaugeage est également loin d'être constant ; il oscille entre une et deux heures pour les différentes crues observées.

L'irrégularité de la troisième onde s'explique en partie par la présence de mares dont l'influence sur l'évolution des crues dépend de leur état de remplissage.

Cette influence se fait également sentir sur la durée totale du ruissellement superficiel, qui est généralement de l'ordre de 10 à 12 heures mais peut dépasser une quinzaine d'heures.

Le ruissellement superficiel est prolongé par un très faible écoulement, à décroissance lente, que l'on peut qualifier d'"hypodermique". Il prend fin environ vingt heures après le début de la crue.

D - INTERPRETATION des CRUES -

L'hétérogénéité du bassin de TIN-ADJAR rend très délicate l'interprétation des crues par la méthode des hydrogrammes unitaires. Théoriquement il serait nécessaire de considérer trois hydrogrammes élémentaires correspondant à chacune des ondes dont il a été question précédemment. Mais, en fait, il n'est pas possible de déterminer avec une précision suffisante la forme exacte de ces ondes qui se chevauchent étroitement. Seule la dernière, qui est toujours la plus faible, peut à la rigueur être séparée avec une approximation convenable. Par ailleurs, une étude pédologique poussée aurait été nécessaire pour délimiter exactement, à l'intérieur du bassin, le périmètre d'alimentation de chacune des trois ondes.

Nous nous sommes donc contentés de considérer un "bassin réduit", d'une superficie de 13,5 km², duquel a été exclu approximativement toute la partie orientale du bassin qui est très perméable et participe peu au ruissellement. Parallèlement, on a retranché la troisième onde de toutes les crues observées.

Nous n'avons pas cherché à déterminer un hydrogramme unitaire englobant les deux premières ondes, car cela n'aurait pas été possible. L'importance relative des deux ondes est, en effet, très variable d'une averse à l'autre. Nous avons seulement rapporté le débit de la plus forte pointe à un volume de ruissellement constant, pris arbitrairement égal à 100 000 m³. On aboutit aux résultats suivants, pour le bassin entier et pour le bassin réduit :

N° crue	Date	Q max m ³ /s	Bassin entier		Bassin réduit	
			V _R 10 ³ m ³	$\frac{Q_{max} \times 10^5}{V_R}$	V' _R 10 ³ m ³	$\frac{Q_{max} \times 10^5}{V'_R}$
3	16/7/56	32	485	6,6	440	7,3
4	20/7	33	435	7,6	400	8,2
6	12/8	19	365	5,2	300	6,3
15	17/6/57	8,12	115	7,1	95	8,5
23	1/8	3,32	75	4,4	44	7,5
26	19/8	2,88	110	5,5	55	7,5
36	23/7/58	5,22	92	5,7	70	7,5
37	30/7	6,55	155	4,2	133	4,9
41	6/8	1,11	23,5	4,7	19	5,8
45	18/8	1,58	38	4	32	5,0

On constate que les débits de pointe, rapportés à un volume de ruissellement constant, varient d'une façon non négligeable, aussi bien pour le bassin entier que pour le bassin réduit. Les valeurs les plus fortes s'observent pour les précipitations très irrégulièrement distribuées sur le bassin, qui conduisent à une disproportion marquée des deux premières ondes de crue généralement d'importance comparable. La crue n° 26 est

est particulièrement caractéristique à cet égard. Inversement, la crue n° 37 a connu un débit de pointe relativement peu élevé, à cause d'une répartition anormalement régulière des précipitations. Enfin, certaines valeurs faibles correspondent à des crues très modestes (n° 41 et 45) qui, proportionnellement ont subi un amortissement élevé pendant leur propagation.

Malgré ces variations, si l'on tient compte principalement des plus fortes crues observées (n° 3 et 4), on peut admettre que le débit de pointe, rapporté à un volume de ruissellement de 100 000 m³, est d'environ :

7,5 m³/s pour le bassin entier
8 m³/s - - - réduit

Ces chiffres nous paraissent valables avec une bonne approximation pour les crues fortes, mais non celles de fréquence rare. Pour la crue décennale, par exemple, l'expérience acquise sur d'autres bassins nous laisse supposer que les deux premières ondes, dont le décalage horaire n'est pas très important, auraient tendance à fusionner et donneraient une pointe unique. Le débit maximal de celle-ci pourrait alors être majoré d'environ 20 %, ce qui nous conduit aux valeurs suivantes :

9,5 m³/s pour le bassin entier
10 m³/s - - - réduit
(pour 100 000 m³ de ruissellement)

Il reste à étudier la relation entre le volume du ruissellement et le volume des précipitations. Cette question est également très délicate pour un bassin aussi hétérogène que celui de TIN-ADJAR. Pour les crues de 1956 et de 1957, nous avons renoncé à déterminer la capacité d'absorption apparente du bassin entier et du bassin réduit, car les valeurs obtenues présentaient une telle dispersion qu'il n'était pas possible d'en dégager une moyenne valable. Nous avons essayé de reprendre cette question, en tenant compte de la "pluie limite d'écoulement" (ou "pluie d'imbibition") de A. BOUCHARDEAU.

Le graphique ci-contre montre que l'on peut définir cette pluie limite d'écoulement, avec une approximation raisonnable. Elle varie :

- de 9 mm, lorsque l'intervalle à la pluie précédente est de 1 jour.
- à 19 mm, lorsque l'intervalle à la pluie précédente est de 10 jours.

Mais, une fois définie la pluie limite d'écoulement, la détermination de la capacité d'absorption par la méthode BOUCHARDEAU conduit à des résultats aussi décevants que nos essais antérieurs. Cela tient assurément à la trop grande hétérogénéité du bassin et à la répartition irrégulière des précipitations.

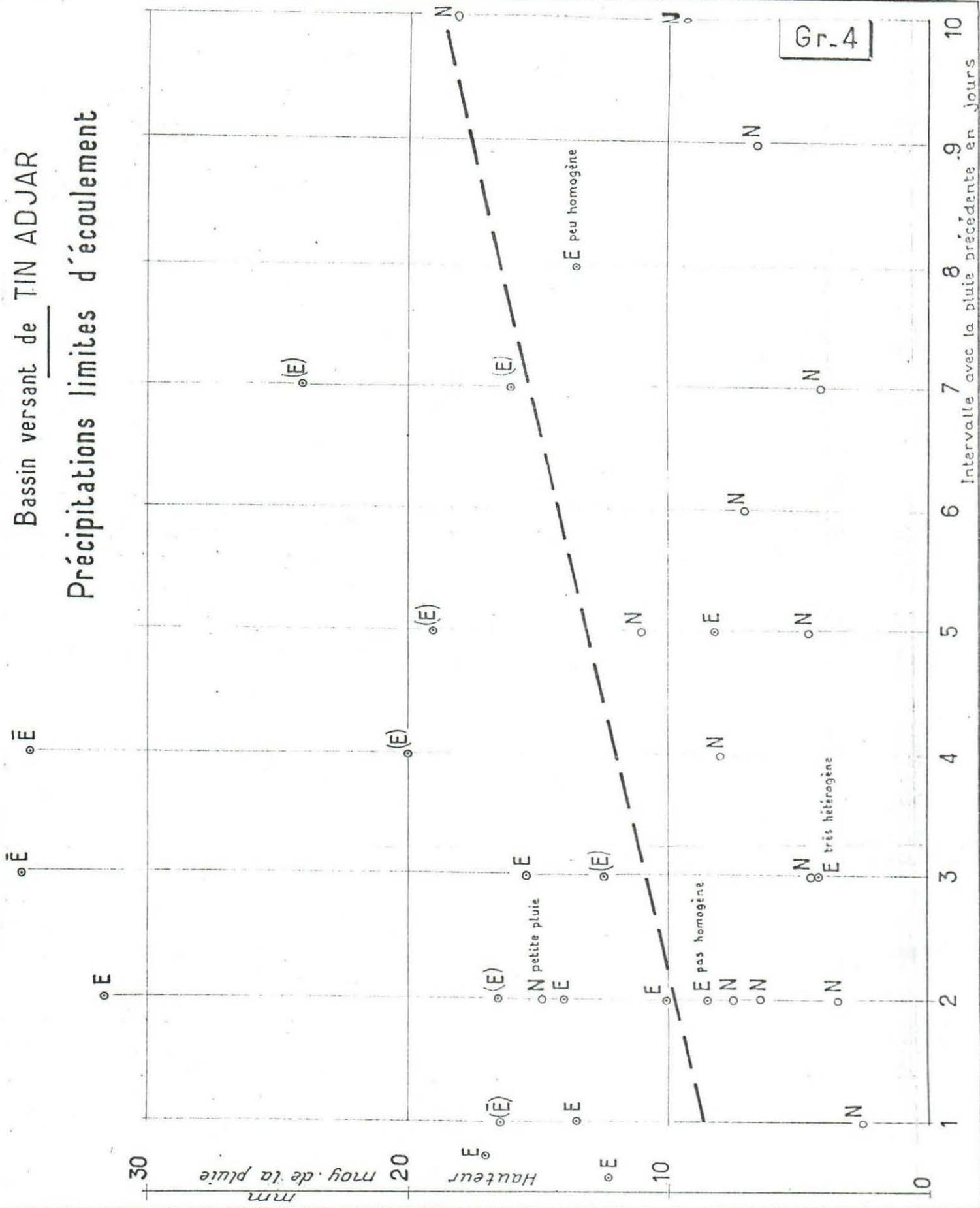
Nous nous sommes donc contentés de déterminer des coefficients de ruissellement. Ceux-ci ont été calculés en tenant compte du volume total écoulé au cours de chaque crue, y compris l'écoulement "hypodermique" qui est d'importance tout à fait minime et qu'il est donc inutile de considérer séparément. Nous n'avons pas non plus fait intervenir la notion de "pluie utile" car du fait de la forme des hyétogrammes enregistrés en 1958, la pluie utile aurait été dans presque tous les cas très peu différente de la pluie totale. D'ailleurs, la considération de la pluie utile ne présente un réel intérêt que si elle permet d'améliorer la corrélation entre précipitations et écoulement, ce qui ne s'avère pas être le cas pour le bassin de TIN-ADJAR.

On se reportera au tableau des caractéristiques des crues, pour la détermination des coefficients de ruissellement. Les données de 1956 et de 1957 ont également été rassemblées dans ce tableau pour permettre d'utiles comparaisons.

Les coefficients de ruissellement observés en 1958 sont dans l'ensemble assez faibles, ce qui tient à l'absence de très fortes précipitations pendant cette campagne.

Bassin versant de TIN ADJAR

Précipitations limites d'écoulement



SOU_9674

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER

ED: LE: DES: VISA: TUBE N°: A1

BASSIN VERSANT de TIN-ADJAR

Tableau de caractéristiques des crues
Campagnes 1956, 1957 et 1958

Bassin entier (29 km ²)													Bassin réduit (13,5 km ²)				
N° : : crue :	Date :	P : : max :	P : : min :	P : : moy :	V _P : : 10 ³ m ³ :	V _R : : 10 ³ m ³ :	K _R : : % :	Q : : max :	Int. : : ta :	I ₁ : : max :	I ₂ : : max :	P' : : moy :	V' : : P' :	V' : : R' :	K' : : R' :		
:	:	mm :	mm :	mm :	:	:	:	m ³ /s :	jours :	mm/l :	mm/h :	:	10 ³ m ³ :	10 ³ m ³ :	% :		
3	16/7	56,3	17,5	34,8	1 000	485	48,5	32	3	102	72	44	600	440	73		
4	20/7	55,7	36	43,4	1 260	435	34,5	33	4	168	180	48	651	400	61		
6	12/8	110	38,8	54,7	1 585	366	23	19	10	120	72	62,5	845	300	35		
9	24/8	22,1	0	4,3	125	10,6	8,5	0,6	3	56	-	9,1	125	10,5	8,5		
15	17/6	34,0	5,4	13,4	388	114	29,5	8,12	-	132	84	20,4	280	95	34		
17	30/6	14,6	2,0	6,1	177	1,9	1,1	0,26	13	60	48	-	-	-	-		
19	12/7	19,3	5,2	12,3	357	1,7	0,5	0,15	12	48	50	-	-	-	-		
20	17/7	20,3	3,0	8,2	238	4,3	1,8	0,56	5	108	15	9,5	130	3,2	2,5		
23	1/8	43,0	10,0	24,0	695	74,5	10,7	3,32	15	100	84	24,8	340	44	13		
25	19/8	17,4	8,3	12,6	365	1,6	0,45	0,14	18	90	60	-	-	-	-		
26	19/8	18,2	2,3	12,3	357	11,5	3,2	0,98	0	72	72	14,1	190	8,5	4,5		
27	22/8	18,9	10,9	15,4	446	6,9	1,5	0,47	3	90	72	12,8	175	3,6	2		
28	24/8	38,8	24,5	31,5	915	89	9,7	3,58	2	108	72	32,4	440	50	11,5		
32	25/9	38,5	13,0	27,0	785	11,7	1,5	0,33	32	60	54	-	-	-	-		
36	23/7	46	22,7	32	930	92	9,9	5,22	4	95	70	35,5	480	70	14,5		
37	30/7	46,3	32	41,4	1 200	155	12,9	6,55	7	95	70	43	580	133	23		
39	1/8	16	9,9	13,1	380	5,2	1,4	0,16	1	35	40	13,5	180	2,7	1,5		
41	6/8	23,8	11	16,4	475	23,5	5,0	1,11	1	85	110	17,5	235	19	8,1		
42	13/8	33,2	10	22,7	660	9,2	1,4	0,25	7	60	40	24,5	330	2	0,6		
44	18/8	21,2	12,5	17,5	510	0,5	0,1	0,04	2	35	40	15,5	210	0,5	0,2		
45	18/8	29,5	6,8	14,6	425	38	9,0	1,58	15 h	120	115	15	215	32	15		
49	13/9	24	13	18,7	545	0,5	0,1	0,07	5	60	45	19,5	265	0,5	0,2		

I₁ max et I₂ max sont les intensités pluviométriques maximales relevées aux pluviographes I et II

- Pour le bassin entier, les coefficients de ruissellement sont compris entre 0,1 et 12,9 % en 1958 (0,1 et 48,5 % de 1956 à 1958).
- Pour le bassin réduit, ils sont compris entre 0,2 et 23 %, en 1958 (0,2 et 73 % de 1956 à 1958).

Les variations du coefficient de ruissellement apparaissent à première vue assez déconcertantes et ne peuvent être reliées de façon précise à un petit nombre de paramètres car dans ce cas particulier les facteurs de l'écoulement sont trop nombreux et interviennent de façon complexe étant donné l'hétérogénéité du bassin. On peut cependant déceler les tendances suivantes :

1°) Les plus forts coefficients de ruissellement s'observent au début de la saison des pluies (Juin et Juillet). Il semble qu'il y ait à cela deux raisons principales. D'une part, le sol encore très sec et poussiéreux présente dans certaines conditions des propriétés capillaires spéciales qui freinent l'infiltration des eaux de pluies. D'autre part, l'absence de végétation favorise le ruissellement superficiel.

2°) Le coefficient de ruissellement croît avec la hauteur des précipitations, ce qui est une constatation tout à fait classique et normale. Il reste nul tant que l'averse n'a pas atteint un certain seuil (pluie d'imbibition) qui augmente avec l'intervalle la séparant de l'averse précédente. Lorsque ce seuil est dépassé, le coefficient de ruissellement prend des valeurs généralement croissantes.

3°) Le coefficient de ruissellement augmente avec l'intensité de la pluie. Par exemple, l'averse n° 45 d'une hauteur assez faible (14,6 mm) mais violente (intensité maximale de 120 mm/h) a présenté un coefficient de ruissellement nettement supérieur à celui de l'averse n° 49 (9 % au lieu de 0,1 %), bien que cette dernière ait atteint un total plus élevé (18,7 mm) ; mais elle n'avait pas présenté d'intensité supérieure à 60 mm/h. (La différence entre les intervalles à la pluie précédente - 15 heures et 5 jours - n'explique que pour une faible part l'écart entre les coefficients de ruissellement).

4°) Le coefficient de ruissellement dépend étroitement de la répartition de la pluie sur le bassin. Il est maximal lorsque l'épicentre de l'averse est situé sur la partie Ouest du bassin qui est la plus imperméable. Il est minimal lorsque l'épicentre occupe la partie orientale du bassin, recouverte de sable perméable. Ainsi s'explique le très faible coefficient de ruissellement de l'averse n° 44 (0,1 %), qui a pourtant présenté une hauteur supérieure et des intensités égales à l'averse n° 39, dont le coefficient de ruissellement a été plus de dix fois supérieur (1,4 %).

Il n'est malheureusement pas possible de préciser quantitativement ces tendances diverses, ce qui rend assez délicat l'extrapolation du coefficient de ruissellement de l'averse décennale. La campagne 1958 n'a fourni aucun élément nouveau nous permettant d'améliorer l'évaluation faite à partir des fortes crues de 1956. Nous conserverons donc les valeurs précédemment admises pour la crue décennale, soit :

$K_R = 60 \%$ pour le bassin entier

$K_R^i = 85 \%$ pour le bassin réduit

- EVALUATION de la CRUE DECENNALE -

La hauteur de l'averse décennale, sous le climat sahélien de TIN-ADJAR, a déjà été estimée dans le rapport 1957. Nous le réduisons légèrement pour tenir compte des dernières études effectuées en zone sahélienne sur ces averses décennales.

- Hauteur ponctuelle : 95 mm
- Hauteur moyenne sur le bassin entier : 62 mm
(coefficient d'abattement de 65 %)
- Hauteur moyenne sur le bassin réduit : 76 mm
(coefficient d'abattement de 80 %)

En admettant les coefficients de ruissellement cités au paragraphe précédent, les volumes de ruissellement correspondant à l'averse décennale sont :

- Pour le bassin entier :

$$V_R = 62 \text{ mm} \times \frac{60}{100} \times 29 \text{ km}^2 \times 10^3 = 1\,080\,000 \text{ m}^3$$

- Pour le bassin réduit :

$$V'_R = 76 \text{ mm} \times \frac{85}{100} \times 13,5 \text{ km}^2 \times 10^3 = 870\,000 \text{ m}^3$$

Le débit maximal de la crue décennale se détermine immédiatement à partir des valeurs établies plus haut pour un volume de ruissellement de $100\,000 \text{ m}^3$.

- Pour le bassin entier :

$$Q \text{ max} = 9,5 \times \frac{1\,080\,000}{100\,000} = \underline{\underline{103 \text{ m}^3/\text{s}}}$$

- Pour le bassin réduit :

$$Q' \text{ max} = 10 \times \frac{870\,000}{100\,000} = \underline{\underline{87 \text{ m}^3/\text{s}}}$$

On aboutit pour le bassin entier et pour le bassin réduit à des résultats assez voisins, dont la différence est d'ailleurs à peine significative, étant donné les approximations admises. La partie orientale du bassin donnant lieu à une onde de crue tardive et peu importante, il est normal que les débits de crues obtenus pour le bassin entier et pour le bassin réduit soient tout à fait comparables.

Les débits spécifiques de crue sont les suivants :

- Bassin entier	:	3 500 l/s.km ²
+ Bassin réduit	:	6 500 l/s.km ²

La première valeur ne devrait être prise en considération que pour des bassins comportant une part importante de terrains sableux très perméables et présentant une hétérogénéité telle qu'il y ait un décalage important entre les ondes de crues provenant des différentes parties du bassin.

La valeur obtenue pour le bassin réduit pourrait, avec quelques précautions, être étendue à d'autres bassins de la même région, qui seraient relativement imperméables et présenteraient une pente moyenne assez forte, sans dégradation hydrographique. Cependant l'extension de nos résultats à des bassins de plus grande superficie serait délicate, car les débits de crue sont fortement influencés par la dégradation du réseau hydrographique, qui est de règle en région sahélienne pour les bassins de quelque importance.

D - BILAN d'ÉCOULEMENT -

Ne connaissant pas les précipitations et les crues des mois de Mai et Juin 1958, nous ne pouvons établir un bilan d'écoulement que pour la période s'étendant du 1er Juillet au 30 Septembre. Le trimestre contient cependant la majeure partie des précipitations et de l'écoulement annuel.

- La hauteur moyenne des précipitations sur le bassin, de Juillet à Septembre a été de : 260 mm
- Le volume total ruisselé a été de : 324 000 m³
- La lame d'eau correspondante est de : 11 mm

Le coefficient d'écoulement de la période considérée ressort à 4,2 %, valeur faible qui est sensiblement égale à celle trouvée en 1957 mais reste très inférieure à celle de 1956 (15 %). La raison en est l'absence en 1958 de très fortes précipitations.

Le déficit d'écoulement s'élève à 250 mm pour le 3ème trimestre 1958, valeur légèrement supérieure à celle de 1957 (235 mm) mais nettement inférieure à celle de 1956 (325 mm). Notons d'ailleurs qu'en région sahélienne le déficit d'écoulement ne présente pas un très grand intérêt car il suit de très

près la pluviométrie et subit de grosses variations relatives d'une année à l'autre. Il est difficile de la rattacher à l'évapotranspiration potentielle, puisque l'évaporation n'est effective après chaque précipitation que pendant une courte période mal connue.

Pierre TOUCHEBEUF de LUSSIGNY
Ingénieur Hydrologue à
Electricité de France

C H A P I T R E X

OBSERVATIONS EFFECTUEES
sur les BASSINS de la MAGGIA
(République du NIGER)

A - DESCRIPTION SOMMAIRE des BASSINS - PROGRAMME 1958 -

Une description des bassins étudiés figure dans les rapports 1956 et 1957. Nous rappelons qu'il s'agit de petits bassins drainés par le "Guébé" de SABONGA, affluent de la MAGGIA. L'ensemble est situé entre les postes de TAHOUA, au Nord, et N'BIRNI KONNI, au Sud.

Les bassins comprennent deux parties bien distinctes :

- Au voisinage de la ligne de crête : plateau latéritique faiblement ondulé, peu favorable au ruissellement (végétation arbustive assez dense).
- Système de vallées entaillées dans le plateau, au relief accentué, recouvert d'un sol argileux parsemé de cailloutis latéritique, propice au ruissellement (végétation de graminées).

En 1958, l'équipement était sensiblement le même qu'en 1957.

- 1 station limnimétrique sur le guébé d'ALOKOTO, contrôlant un bassin de 49 km².
- 1 station sur le guébé d'HAMZA : bassin de 21 km².
- 1 station située sur le guébé de SABONGA, en aval du confluent des deux premiers (85 km²). Cette dernière station a pu être étalonnée normalement en 1958.

De plus, une "fosse à sédiments" pour la mesure des débits solides installée près d'HAMZA sur un petit guébé drainant une surface de 5,52 hectares.

Les mesures d'évaporation sur bac enterré commencées en Novembre 1956 ont été poursuivies assez régulièrement jusqu'en Décembre 1958.

- BASSIN D'HAMZA -

B - AVERSES OBSERVÉES -

Les mesures ont été effectuées pendant 3 mois, de Juillet à Octobre 1958. Les résultats, pour le bassin d'HAMZA, figurent dans le tableau I. Nous donnons ci-dessous les totaux mensuels en mm, obtenus en regard des résultats de 1956 et 1957.

Mois	P I	P II				Moyennes mensuelles		
			1	2	4	1956	1957	1958
Janvier	1,8							(2)
Avril	3,1							(3)
Mai	6,5						41	(6)
Juin	16,6	8,2	17,0	15,9	13,7		53	14
Juillet	252,1	213,1	235,6	209,2	229,5	165	187	228
Août	257,5	216,2	247,3	186,1	217,0	265	143	225
Septembre	108,8	119,2	92,9	116,1	102,9	55	58	108
Octobre	9,6					6	34	(10)
Total annuel						491	516	596

TABLEAU I

BASSIN d'HAMZA

Précipitations observées en 1958

Date	N° Averse	P I enregistreur	P II	N° 1	N° 2	N° 4
15-1-1958		1,8				
14-4-1958		3,1				
4-5-1958		6,5				
3-6-1958		3,2				
5-6-1958		1,4	0	0,6	0	0
10-6-1958			1,0	0,3	0,2	0,2
13-6-1958		4,5	2,7	3,6	4,5	3,5
17-6-1958		3,6	2,5	10,2	9,8	8,8
22-6-1958		2,9	2,0	1,6	1,4	1,2
22-6-1958		1,0	0	0,7	0	0
		16,6	8,2	17,0	15,9	13,7
1-7-1958		2,0	2,4	2,2	2,6	2,7
3-7-1958	57	13,4	6,0	9,6	13,5	13,6

Date	N° Averse	P I enregistreur	P II	N° 1	N° 2	N° 4
5-7-1958	58	6,2	16,0	12,4	17,2	18,5
7-7-1958	59	4,0	3,0	3,2	2,7	2,8
10-7-1958	60	9,2	10,2	10,0	10,8	11,0
12-7-1958		3,5	0,7	5,4	5,2	0,8
16-7-1958	61	32,0	21,2	26,2	26,7	20,9
18-7-1958	62	0,9	3,4	1,2	2,2	3,2
19-7-1958	63	>63,5	55,3	62,5	34,5	65,2
25-7-1958	64	23,2	19,3	24,0	23,6	17,8
26 & 27-7-58	65	33,2	44,2	33,5	32,0	32,5
29-7-1958	66	0	0	0	0	0
29 & 30-7-58	67	30,2	18,0	27,2	22,4	19,5
31-7-1958	68	30,8	13,4	18,2	15,8	21,0
		252,1	213,1	235,6	209,2	229,5
1-8-1958	69	1,2	1,6	1,3	1,4	1,6
1-8-1958	69	21,2	6,1	18,7	8,8	6,8
4-8-1958	70	2,2	1,6	2,3	3,0	1,8
6-8-1958	71	20,2	22,6	18,4	18,6	21,2
7-8-1958	72	0,0	1,9	0,0	0,2	0,4
10-8-1958		1,2	1,3	1,6	1,5	1,6
10-8-1958	73	32,4	45,2	31,2	32,0	30,2

Date	N° Averse	P I enregistreur	P II	N° 1	N° 2	N° 4
14-8-1958	74	9,3	8,5	8,2	8,5	7,8
16-8-1958	75	106,0	59,2	107,2	42,5	83,0
18-8-1958		1,0	1,7	0,6	1,0	1,2
19-8-1958	76	11,0	13,5	12,4	13,0	12,5
20-8-1958	77	8,7	4,9	6,0	7,2	4,2
20-8-1958	78	4,2	3,0	4,8	6,0	5,0
22-8-1958	79	22,5	11,8	19,6	18,0	15,0
23-8-1958	80	10,2	15,0	8,5	13,2	15,0
24-8-1958	81	3,5	16,1	4,5	9,5	8,2
26-8-1958	82	2,0	2,2	2,0	1,7	1,5
31-8-1958		0,7	0	0	0	0
		257,5	216,2	247,3	186,1	217,0
2-9-1958	83	18,0	31,2	18,0	29,0	27,0
5-9-1958	84	10,6	21,0	11,5	16,0	17,5
9 & 10-9-58	85	30,3	28,0	23,0	32,0	21,5
12-9-1958		3,0	3,0	3,2	3,4	3,3
14-9-1958		5,5	4,0	2,7	3,8	2,0
17-9-1958		1,2	9,5	3,5	7,0	8,6
26-9-1958	86	40,2	22,5	31,0	25,0	23,0
		108,8	119,2	92,9	116,2	102,9

Date	N° Averse	P I enregistreur	P II	N° 1	N° 2	N° 4
5-10-1958		1,8				
6-10-1958		4,5				
8-10-1958		3,3				
		9,6				

On voit donc que l'année 1958 présente un net excédent. Le total des précipitations sur le bassin se monte à 596 mm alors que le module pluviométrique peut être évalué à environ 520 mm.

Suivant leur hauteur, les averses observées en 1958 au pluviographe II assez représentatif des précipitations sur le bassin, se répartissent comme suit.

Mois	Total	Classes de précipitations en mm					
		0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50
Juin	4	4					
Juillet	13	5	5	1		1	1
Août	17	10	4	1		1	1
Septembre	7	3		3	1		
Total	41	22	9	5	1	2	2

10 précipitations sont supérieures à 20 mm, contre 5 seulement pour la même période de 1957. Parmi les plus fortes averses, on remarque notamment:

- Celle du 16 Août (n° 75). Le corps de l'averse présente une durée de 1 h 30 ; il est suivi d'une traîne de faible intensité d'une durée de 5 h. La hauteur totale est de 71,5 mm ; mais la hauteur utile (capable de fournir du ruissellement) n'a pas dû excéder beaucoup 50 mm. De plus, sa répartition dans l'espace est très sensiblement hétérogène puisqu'on a recueilli des hauteurs extrêmes de 42 et 107 mm. Enfin, on observe, suivant les pluviographes, deux ou plusieurs pointes nettement différenciées. Cette averse est la plus forte qui

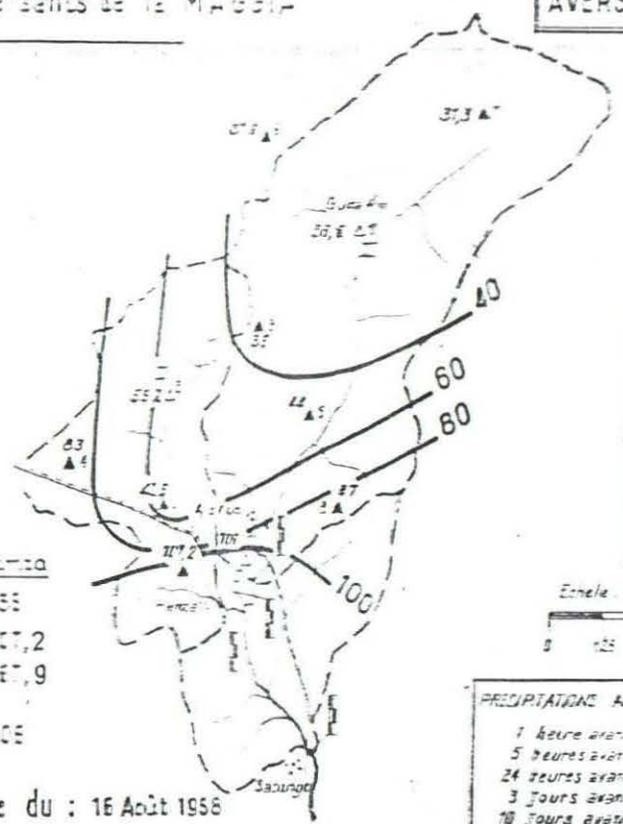
△ Pluviographe
▲ Pluviomètres

Gr. 1

	Alakoto	Hamma
H min:	51,5	55
H max:	105	107,2
H moy:	45,5	57,9

Dispersion \bar{z} : 165 105

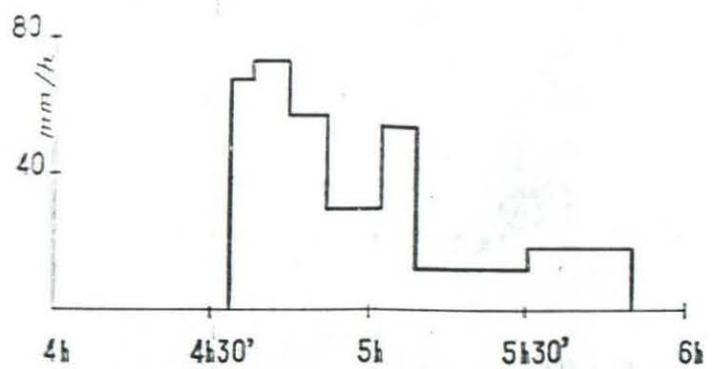
Isohyètes pour l'averse du : 16 Août 1958



PRECIPITATIONS ANTERIEURES
1 heure avant
5 heures avant
24 heures avant
3 jours avant
15 jours avant

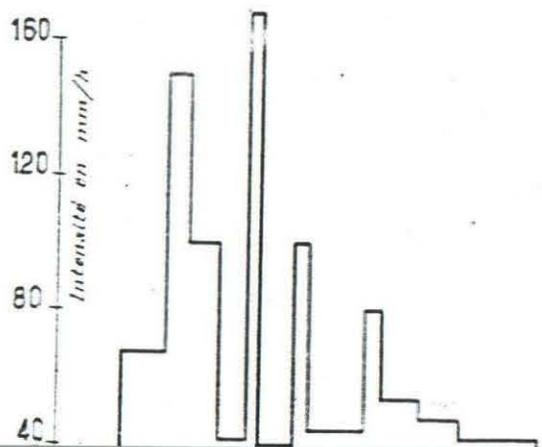
PLUVIOGRAPHE II

H = 59,5 mm



PLUVIOGRAPHE I

H = 106 mm



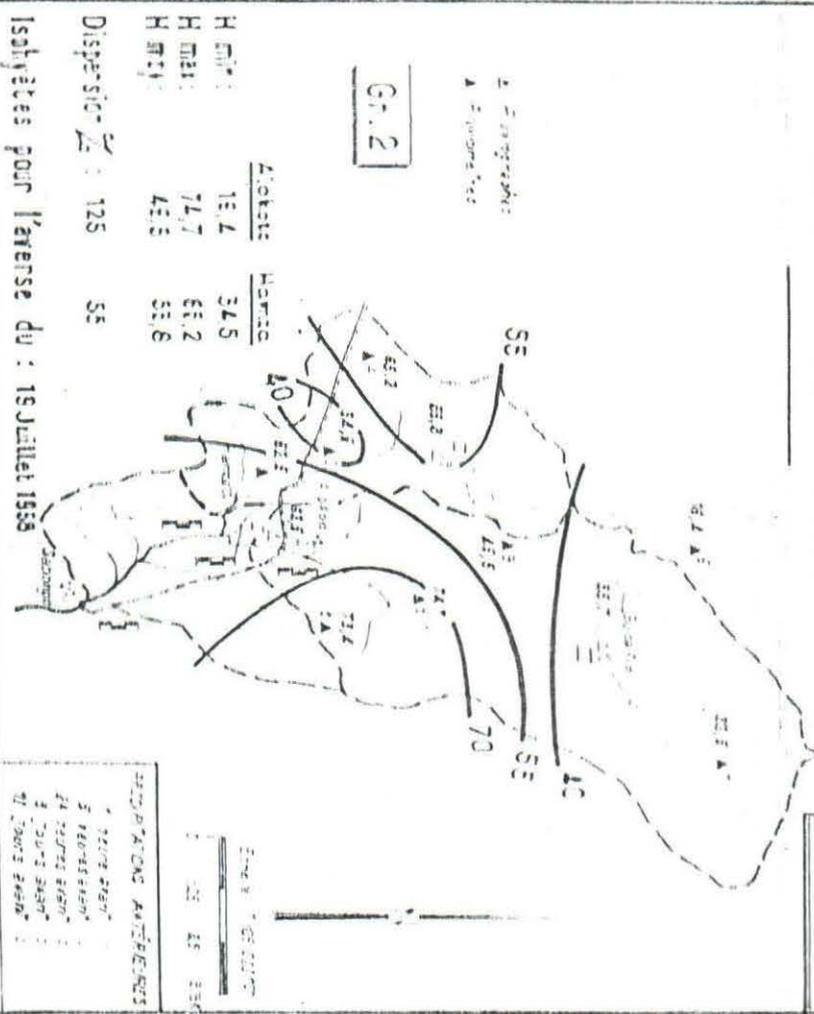
PLUVIOGRAPHE III

H = 37 mm



BASELINE REPRESENTS DE LA MAGGIA

AVERSEE N° 63



Altitude	Hauteur
13.4	34.5
74.7	63.2
43.3	33.8

H. min :
H. max :
H. moy :

Dispersion Z : 125 35

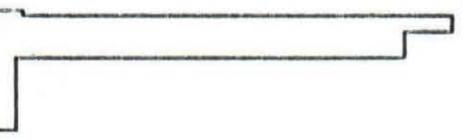
Isohyètes pour l'averse du : 19 Juillet 1955

LEGENDA
 1. Ligne isohyète
 2. Point pluviométrique
 3. Contour de 100 mètres
 4. Contour de 200 mètres
 5. Contour de 300 mètres

PLUVIOGRAPHE I

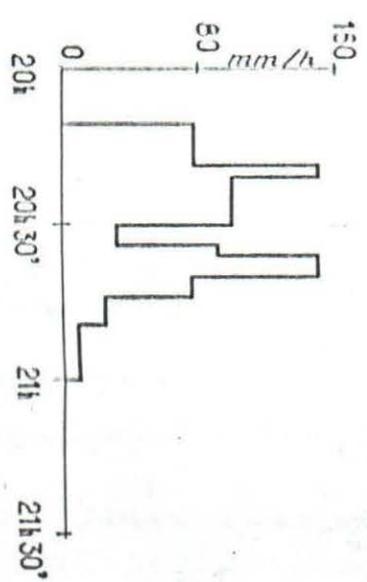
H = 63,5 mm

320
240
150
60 mm/h



PLUVIOGRAPHE II

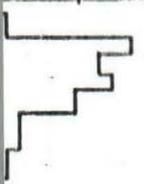
H = 57 mm



PLUVIOGRAPHE III

H = 37,5 mm

150
60 mm/h



ait été enregistrée sur le bassin en 3 ans ; il semble qu'on puisse lui attribuer une fréquence d'ordre décennale du point de vue hauteur totale bien entendu et non du point de vue intensité (Graphique 1).

- Celle du 19 Juillet (n° 63) - La hauteur totale, 54 mm en moyenne sur le bassin, est beaucoup plus faible que la précédente mais le corps de l'averse est plus ramassé : la durée moyenne de pluie utile ne doit pas dépasser 30 minutes. L'intensité de pointe atteint certainement des valeurs records en différents points du terrain : 315 mm/h au pluviographe I (Graphique 2).

C - CRUES OBSERVEES -

Sur la totalité des crues observées en 1958, on en trouve 10 dont le débit est supérieur à $3 \text{ m}^3/\text{s}$. Nous mettrons de côté les crues n° 68 (complexe) et n° 86 (faible) dont le temps de montée est excessif. Les 8 crues restantes figurent dans le tableau II avec leurs caractéristiques et celles des averses qui les ont provoquées.

Deux sont vraiment importantes : les crues du 16 Août et du 19 Juillet qui ont donné respectivement des pointes de $42 \text{ m}^3/\text{s}$ et $76 \text{ m}^3/\text{s}$. Elles correspondent bien aux deux averses les plus abondantes mais l'averse la plus forte (n° 75 du 16 Août) a provoqué une crue sensiblement inférieure à la crue n° 63 du 19 Juillet.

L'averse n° 63 a été précédée d'une pluie de 5 mm 1 jour avant et d'une pluie de 23 mm 4 jours avant. L'averse n° 75 a été précédée d'une pluie de 9 mm 1 jour avant et d'une pluie de 38 mm 6 jours avant. L'état de saturation du terrain est donc du même ordre dans les deux cas.

Mais l'averse n° 75 comporte une longue traîne de 5 heures à très faible intensité qui ne joue aucun rôle dans le ruissellement malgré une hauteur de 20 mm. La hauteur de pluie utile est, nous l'avons vu, d'environ 50 mm. D'autre part, le

TABLEAU II

MAGGIA - HAMZA 1958 - Superficie 21 km²

N°	Date	P _M mm	P mm	K %	tu mm	Pu mm	I _M mm/h	tm mm	tp mm	V _r 10 ³ m ³	Kr %	Kru %	Q _M m ³ /s	ta	Cam
63	19-7-58	65,2	53,8	83	37'	51,5	315	48'	55'	286	25,4	26,6	76,4	1 j	61
64	25-7-58	30,0	22,0	73	22'	22,0	80	40'	35'	29,8	6,5	6,5	6,6	5 j	56
65	26-7-58	27,3	26,1	96	22'	23,8	150	60'	70'	108	20,1	21,9	23,5	2 j	51
67	29-7-58	27,2	21,4	79	-	-	78	30'	-	25,5	5,8	-	9,8	2 j	- : non homogène
73	10-8-58	45,2	37,1	82	51'	32,6	128	50'	45'	74,8	9,7	11,0	14,6	4 j	34 : non unitaire
75	16-8-58	107,2	71,5	67	60'	63,0	165	85'	60'	216	14,6	16,5	42,0	1 j	53 : non unitaire
79	22-8-58	19,6	15,0	77	24'	9,8	100	30'	25'	23,4	7,5	11,4	6,4	1 j	22
83	2-9-58	31,2	26,2	84	29'	22,7	86	30'	80'	18,1	3,3	3,8	3,6	7 j	45
5 a	27-7-58	14,7	11,2	76	10'	9,5	100	25'	20'	19,2	8,2	9,7	3,6	4 h	52

1 j Précipitations inférieures à 10 mm

5 j Précipitations supérieures à 20 mm

d'une somme de crues unitaires, ce qui a pour effet d'étaler notablement l'hydrogramme et donc de diminuer fortement le débit de pointe.

Au contraire, l'averse n° 63 ne comporte qu'une traîne insignifiante ; le corps est très ramassé (durée utile inférieure à 60 minutes) et l'averse peut être considéré comme unitaire. De plus, les très fortes intensités observées sont cause d'un excellent rendement du ruissellement. Ce dernier point est illustré par les valeurs trouvées pour les coefficients de ruissellement utile : 26,6 % pour la crue n° 63 contre 16,5 % pour la crue n° 75.

Les hydrogrammes correspondant à ces deux crues sont tracés sur les graphiques 3 et 4.

D - INTERPRETATION des CRUES -

Les symboles du tableau II ont été mis en accord avec la normalisation provisoirement adoptée par les hydrologues français.

P_M : maximum ponctuel de précipitation pendant l'averse (mm)

P : précipitation moyenne totale sur le bassin (mm)

K : Coefficient de réduction = $100 \frac{P_M}{P}$ (%)

Les valeurs des différents coefficients de réductions observés depuis 1956 ont été portés sur le graphique 5 en fonction des maximums ponctuels. On voit que les faibles averses ont été plus homogènes en 1958 que durant les deux années précédentes.

t_u : durée de pluie utile (minutes)

P_u : hauteur de pluie utile (mm)

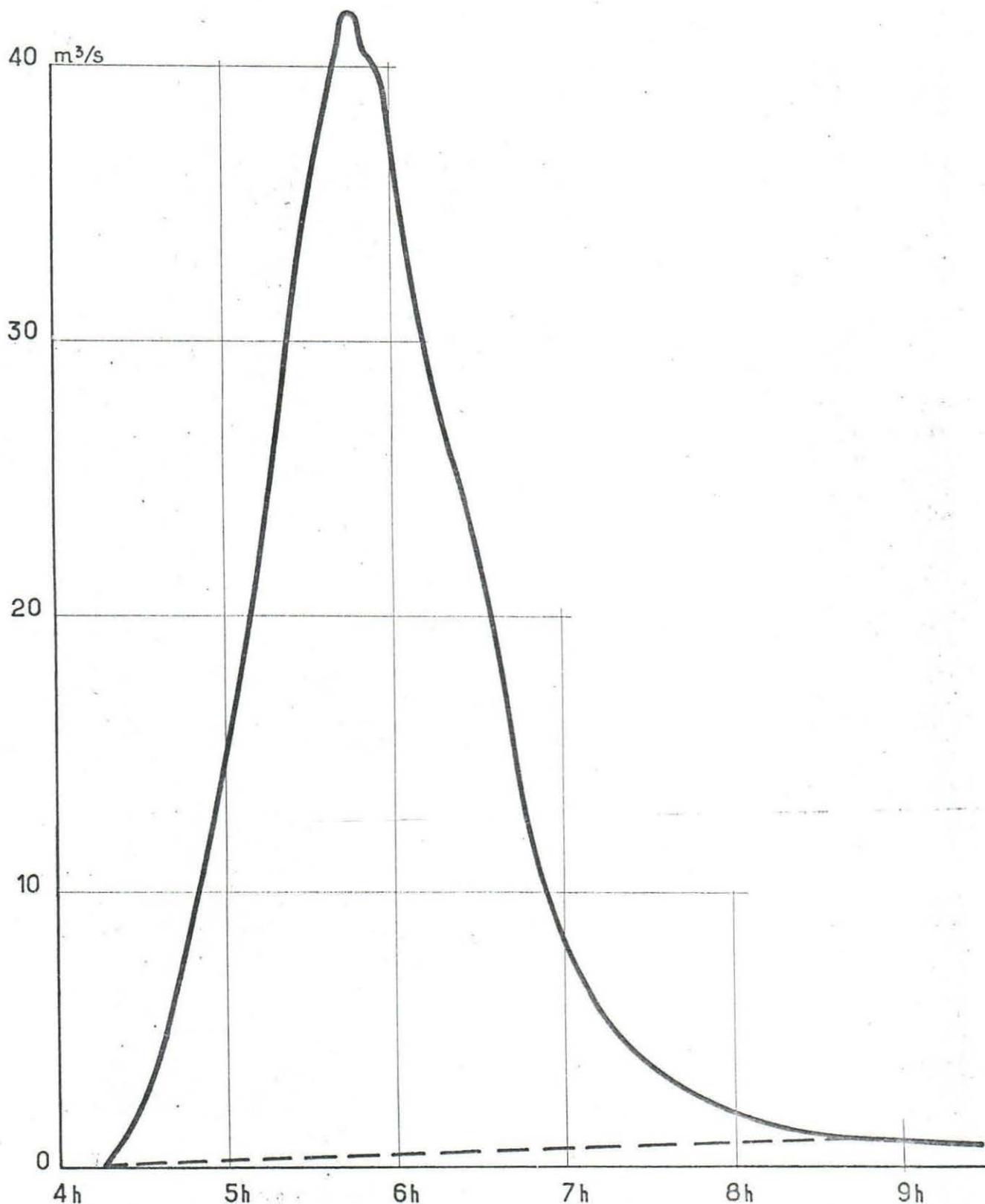
I_M : intensité maximale du hyétogramme moyen (mm/h)

t_m : temps de montée ou "rise"

Station: HAMZA

Gr. 3

Crue n°75 du 16 Août 1958



NIG_9634

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER

ED:

LE: JUIN 60

DES: GROTARD

VISA:

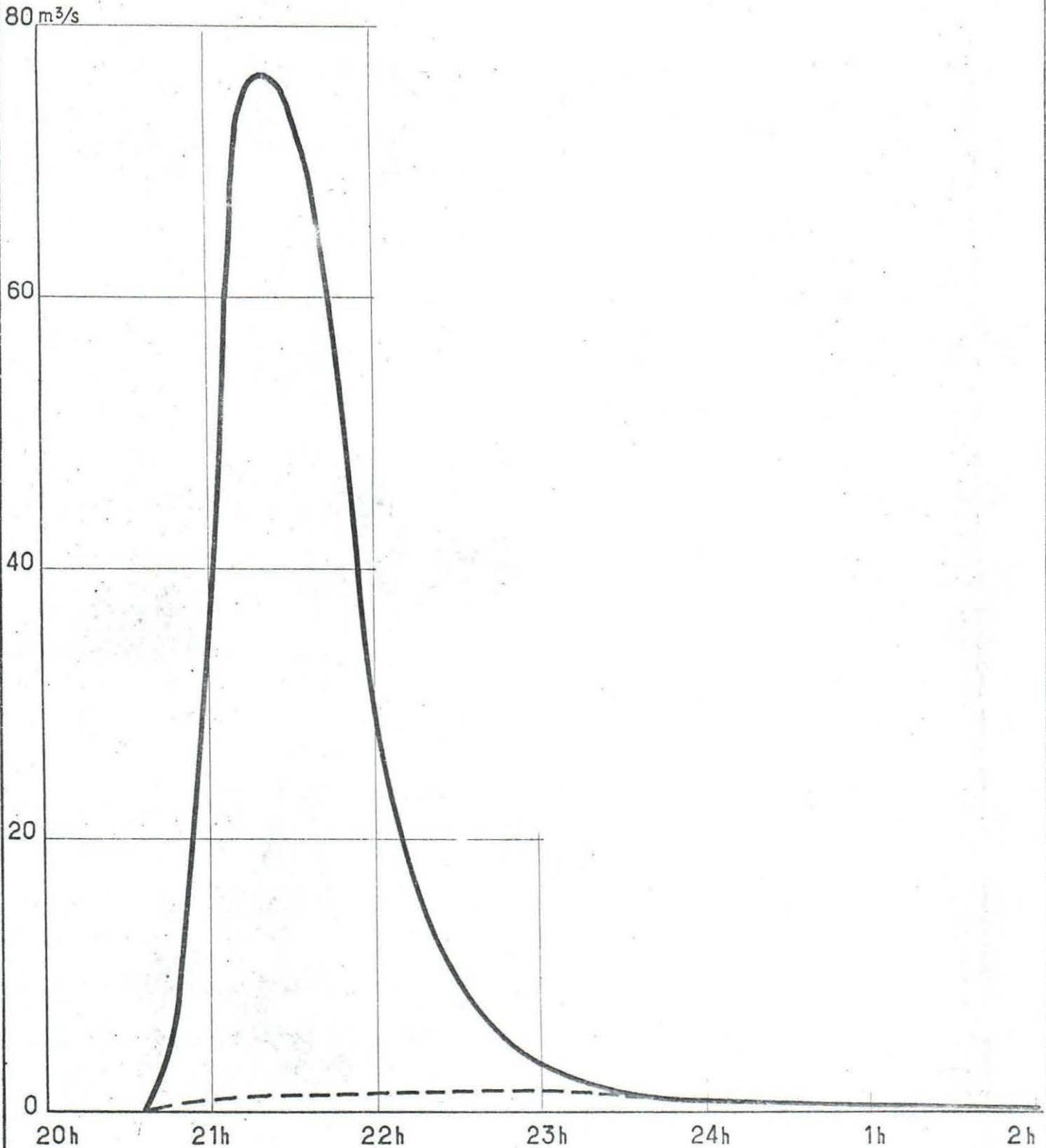
TUBE N°:

A 1

Gr. 4

Station : HAMZA

Crue n°63 du 19 Juillet 1958



NIG 9635

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER

ED:

LE:

DES:

VISA:

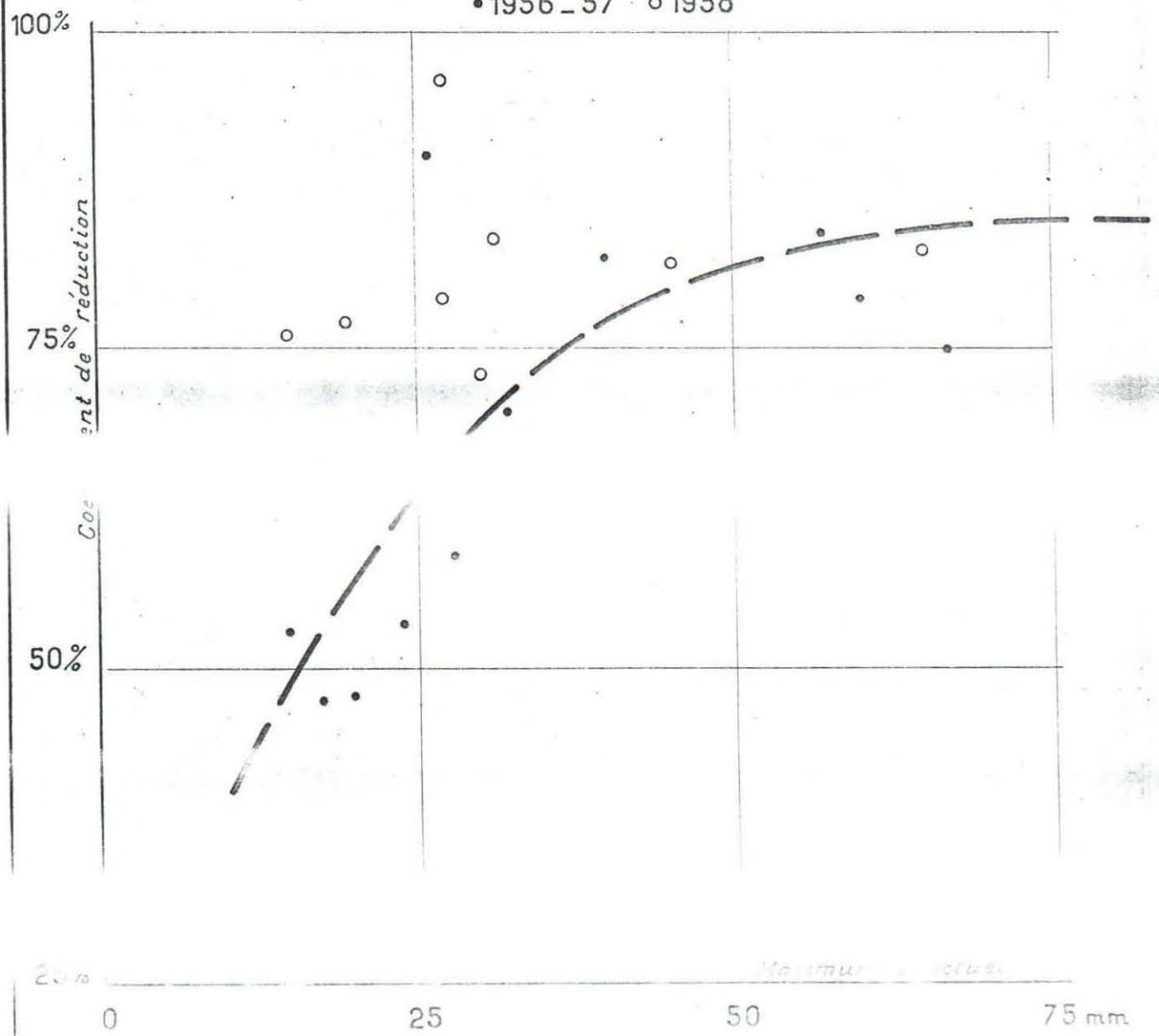
TUBE N°:

A 1

BASSIN D'HAMZA

Coefficient de réduction

• 1956-57 ○ 1958



Pour des crues unitaires, avec ruissellement plus ou moins général sur l'ensemble du bassin, ce temps de montée est compris entre 40 et 50 minutes. Des durées inférieures à 40 mn concernent des ruissellements partiels, des durées supérieures à 50 mn se rapportent à des crues non unitaires afférentes à des averses d'une durée utile supérieure à 50 mn.

t_p : temps de réponse ou "lag" (minutes)

Pour le bassin d'HAMZA, il est en moyenne assez peu différent du temps de montée.

V_r : volume ruisselé (en 10^3 m^3)

K_r : coefficient de ruissellement global

K_{ru} : coefficient de ruissellement utile.

Pour des averses assez fortes et homogènes tombant sur un terrain normalement saturé, ce coefficient est ici voisin de 25 %.

Q_M : débit maximal de la crue (m^3/s)

Au cours des 3 années d'observations, les maximums les plus forts enregistrés ont été :

40 m^3/s	le 22-8-56
76,4 m^3/s	le 19-7-58
42,0 m^3/s	le 16-8-58

t_a : écart de temps à la pluie antérieure

Ce paramètre donne une idée de l'état de saturation préalable du terrain au moment où l'averse se produit. Le report de la hauteur moyenne de précipitation sur le bassin en fonction de t_a , en notant pour chaque point s'il y a eu écoulement ou non, permet de tracer une courbe, d'ailleurs très approximative, de variation de la précipitation limite d'écoulement suivant l'intervalle de temps séparant une averse de la précédente (graphique 6).

NIG - 9637

ED: ELECTRICITE DE FRANCE INSPECTION GENERALE UNION FRANÇAISE & ETRANGER
 LE: JUIN 60 DES: GOTTARD VISA: TUBE N°: A1

⊙ E 65

⊙ E 73

⊙ E 32

⊙ E 10

BASSIN D'HAMZA

Précipitation limite d'écoulement

⊙ E : écoulement • N : pas d'écoulement

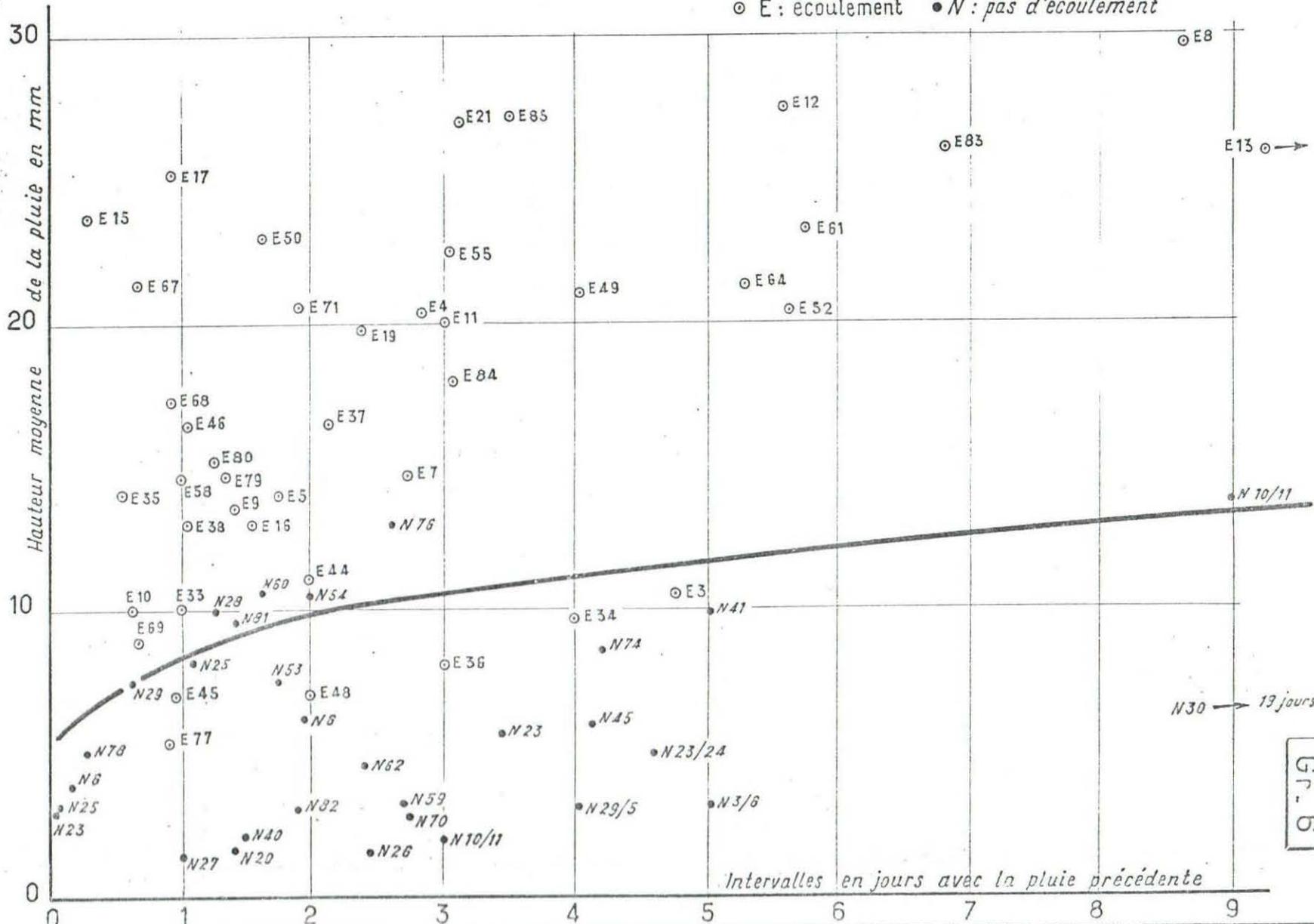


TABLEAU IIbis

MAGGIA - HAMZA 1956 - Superficie 21 km²

N°	Date	P _M	P	tu	Pu	I _M	tm	tp	Vr 10 ³ m ³	Kr %	Kru %	Q _M	ta	Cam	Observations
13	17-8-56	40	27	20'	20	72	50'	50'	42 300	7,5	10	10,6	12 j:54		Max. Sud homogène
15	19-8-56	26	23,5	15'	13,6	72	30'	25'	40 800	8,3	14,3	14,5	7 h:46,8		Homogène
16	20-8-56	17,5	8,3	20'	16,4	(25)	20'	-	18 350	10,5	13,7	9,8	20 h:16,5		Localisée SW
18	22-8-56	60	47,2	70'	30,7	50	50'	32'	161 000	16,2	25	40	24 h:19,7		Pas unitaire
22	31-8-56	57	48,2	45'	36,5	95	50'	30'	132 000	13	17,3	29,5	2 j:40,3		Pas unitaire

tu d'après le pluviographe ALOKOTO

MAGGIA - HAMZA 1957 - Superficie 21 km²

N°	Date	P _M	P	tu	Pu	I _M	tm	tp	Vr 10 ³ m ³	Kr %	Kru %	Q _M	ta	Cam	Observations
34	25-6-57	20	9,6	15'	5,5	55	20'	15'	8 100	4	7	4,9	4 j:20,4		Max. Sud, N nul Homogène
36	28-6-57	15	8	-	-	-	21'	-	4 500	2,7	-	2,2	3 j:-		
37	1-7-57	28	16,5	-	-	-	57'	-	17 500	5,1	-	9	3 j:-		
38	2-7-57	24,2	13	23'	11,6	60	30'	-	16 200	6,2	6,9	7,7	1 j:28,2		Max. Sud
39	5-7-57	67	50,5	1h33	42,5	32	70'	25'	84 000	7,9	9,4	17,8	3 j:24,8		Max. N, pas unitaire
47	2-8-57	40	33	24'	29	90	40'	85'	67 700	9,8	11,1	25,3	1 j:64,5		Homogène
55	29-9-57	32,2	22,5	8'	21	110	43'	-	42 000	8,7	9,5	11	3 j:142		Homogène

3 j Précipitations inférieures à 10 mm
5 j Précipitations comprises entre 10 mm et 20 mm

2 j Précipitations précédentes supérieures à 20 mm