

Quelques remarques sur les crues cévenoles de septembre et octobre 1958

Remarks on the floods in the Cevennes on September and October 1958

PAR M. PARDÉ

ET

J. DE BEAUREGARD

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES,
PROFESSEUR HONORAIRE ET CHARGÉ DE COURS
A LA FACULTÉ DES LETTRES DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

INGÉNIEUR AU SERVICE DES PROGRAMMES
DE LA DIRECTION DE L'ÉQUIPEMENT
DE L'ÉLECTRICITÉ DE FRANCE

Le rebord oriental du Massif Central (Vivarais, Cévennes et Montagne-Noire), puis l'avant-pays vers le Rhône et la Méditerranée sont fréquemment (surtout dans le premier tiers de l'automne) victimes de crues, dites « cévenoles », et bien plus rapides et puissantes que presque partout ailleurs en France. Cela tient à la violence remarquable des précipitations qui, en quantité de lieux, dépassent très souvent 100 mm en un jour et même 200 en deux jours, avec des records connus locaux de 500 à 1 000 mm en 24 heures. Mais un caractère encore plus dangereux de ces averses est qu'elles peuvent comporter des paroxysmes formidables de une à quelques heures : par exemple, le 30 septembre 1958, on a relevé à Alès et à quelques autres points 140 mm en deux heures.

C'est de ces concentrations pluvieuses dans le temps sur des surfaces assez étendues (quelques centaines ou milliers de km²) que résultent les débits exorbitants des crues cévenoles : jusqu'à 30 000 l/s/km² pour 20 km² (octobre 1860 vers Clermont-l'Hérault), 7 000 à 8 000 pour 361 km² (Cèze à Saint-Ambroix le 30 septembre 1958), 4 500 à 5 000 pour 1 080 km² (Gardon à Ners à la même date), 3 200 à 3 400 pour 1 940 km² (Ardèche à Vallon le 22 septembre 1890).

La crue du 30 septembre 1958, particulièrement typique et brutale, a été fort impressionnante sur l'Ardèche, le Chassezac, le Gardon d'Alès, l'Hérault supérieur. Elle a battu les records, pourtant déjà presque légendaires, sur le Gardon d'Anduze en ce lieu, puis partout sur le Gardon inférieur, sur la majeure partie du cours de la Cèze, peut-être sur la Beaume. Elle a fait de graves dégâts et trente-six victimes. Le 4 octobre suivant, les mêmes rivières ont éprouvé des montées de fréquence déjà rare, et le Vidourle à Sommières a dépassé ses maxima précédemment connus.

The eastern edge of the Central Massif (Vivarais, Cévennes and Montagne Noire) and the tectonic foreland near the Rhone and the Mediterranean are frequently subjected to floods known as the "Cevennes" type, which are more sudden and heavier than almost anywhere else in France. They mainly occur during the first third of autumn. Their exceptional nature is due to the extremely intense rainfall which is very often in excess of 100 mm per day to 200 mm in two days, with local records of as much as 500 to 1 000 mm in 24 hours. A much more dangerous feature of these storms is that they often have very high peaks lasting for one or two hours. For instance, rainfall amounting to 140 mm in two hours was recorded on September 30th 1958 at Alès and various other places.

The inordinately high discharges which characterize the Cévennes type floods are caused by these very high rates of rainfall which affect areas of up to hundreds or thousands of square kilometres. Examples of recorded floods are: up to 30,000 litres/sec/km² for an area of 20 km² (October 1860 near Clermont on the Hérault), 7,000 to 8,000 litres/sec/km² for an area of 361 km² (September 30th 1958, the Cèze at Saint-Ambroix), 4,500 to 5,000 litres/sec/km² for an area of 1,080 km² (same day, the Gardon at Ners), 3,200 to 3,400 litres/sec/km² for an area of 1,940 km² (September 22nd 1890, the Ardèche at Vallon).

The typical and particularly savage flood on September 30th 1958 was very impressive on the Ardèche, the Chassezac, the Gardon at Alès and on the upper Hérault. It beat almost legendary records on the Gardon at Anduze and everywhere on the lower Gardon, as well as over most of the length of the Cèze and on the Beaume. It caused very heavy damage and thirty six people lost their lives. A little later, on October 4th, the same rivers rose to levels very rarely encountered and the Vidourle rose above the maximum stage previously recorded at Sommières.

Les crues dites « cévenoles » se définissent avec précision dans l'espace et le temps. Leur domaine est le rebord oriental du Massif Central, depuis le Vivarais jusqu'aux Cévennes, c'est-à-dire y compris l'Aigoual; et les plus violents d'entre ces phénomènes surviennent entre le début de septembre et la fin d'octobre.

Par la rapidité de leur évolution et la puissance, voire l'extravagance de leurs débits maxima, ces crues nous ont jadis paru sans égales au monde. Nous savons maintenant qu'on observe en des régions terrestres assez nombreuses et étendues des déchainements fluviaux comparables pour leur brutalité, par exemple en Australie de l'est et du nord, en certains sec-

teurs néo-zélandais, dans l'Inde, à la Réunion, aux Philippines, en Chine et en Corée, peut-être dans les Etats-Unis, etc. Mais seules, selon nos connaissances actuelles, diverses rivières du Japon et surtout du Texas subissent des gonflements nettement plus effroyables.

Leurs causes sont des paroxysmes pluviaux capables de déverser 120 à 150 mm et plus en 2 à 3 heures sur 1 000 ou 2 000 km² à la fois. Le 30 septembre 1958, la Cèze et les Gardons dans leurs cours moyens et inférieurs, puis, le 4 octobre suivant, le Vidourle moyen, ont établi des records de puissance instantanée et causé de grands malheurs.

A. — DÉFINITION DES CRUES CÉVENOLES ET CAUSES ATMOSPHÉRIQUES

La définition de ces pluies comporte quatre termes, concernant leur extension, leur époque, leurs origines.

— Elles peuvent affecter le rebord oriental du Massif Central sur 200 à 300 km de front; en premier lieu, du côté du vent pluvieux, à l'est, depuis le Doux et même l'Azergues jusqu'à l'Hérault; et même à l'ouest, un peu au-delà des plus hauts sommets, depuis le Lignon du Velay jusqu'à la Jonte et à la Dourbie, petits affluents du Tarn en englobant donc les cours supérieurs de la Loire, de l'Allier, du Lot, du Tarn; bref, des parties de trois grands bassins fluviaux sur les cinq de notre pays. En particulier, le Rhône, après Pont-Saint-Esprit, subit, à cause de ces crues, des inondations très imposantes et supérieures d'habitude à celles qui viennent de Lyon.

— Elles peuvent survenir en toute saison, même en plein été, mais les plus fortes se sont toujours produites entre le début de septembre et la fin d'octobre.

— Il s'agit de « phénomènes météorologiques méditerranéens », bien que l'origine lointaine de l'eau atmosphérique responsable soit sans doute surtout océanique.

— Ces averses se distinguent par une violence unique en France, Languedoc et Pyrénées orientales exceptés. On relève fréquemment 200 mm par jour, et 300 mm en deux jours. Les 2 et 3 novembre 1899 (date assez tardive pour un tel déluge), Villefort, sur l'Altier tributaire du Chassezac, recueillit 383 et 508 mm, soit au total 891 mm précipités en deux grandes averses distinctes, et, en un seul jour de septembre 1900, 495 mm, alors qu'au même moment Valleraugue sur l'Hérault aurait enregistré 950 mm, chiffre point certainement inexact. Le 9 octobre 1827,

un savant suisse a recueilli à Joyeuse 792 mm en moins de vingt-quatre heures.

Les causes atmosphériques tiennent en deux conditions nécessaires et peut-être suffisantes : d'une part, une dépression sur l'Atlantique et l'W ou le SW et le centre sud de la France; de l'autre, un anticyclone sur l'Europe centrale, étendu jusqu'à l'Italie. La dépression attire des vents humides du SE qui semblent bien en général arriver de l'Atlantique après un détour par le Sahara et la Méditerranée (« Les courants de SE », définis par P. Pedelaborde).

L'anticyclone bloque la marche vers l'est de la dépression, et plus encore peut-être, intensifie l'afflux humide du SE, car il y a quelque doute sur le premier effet : on a observé des dépressions restées sur place sans qu'un anticyclone leur barre la route.

Inversement, il est probable que les vents humides très puissants qui soufflent avant le déclenchement des pluies soient renforcés par cet anticyclone.

Sous ces influences, les masses d'air tiède et humide venant du SE font l'ascension du rebord cévenol, d'où un refroidissement sensible et rapide, générateur de fortes pluies : pluies orographiques (produites par le relief). En outre, ces mêmes masses d'air doivent encore escalader un second relief, l'air W plus frais de la dépression, d'où des pluies frontales (contact de deux masses d'air différentes).

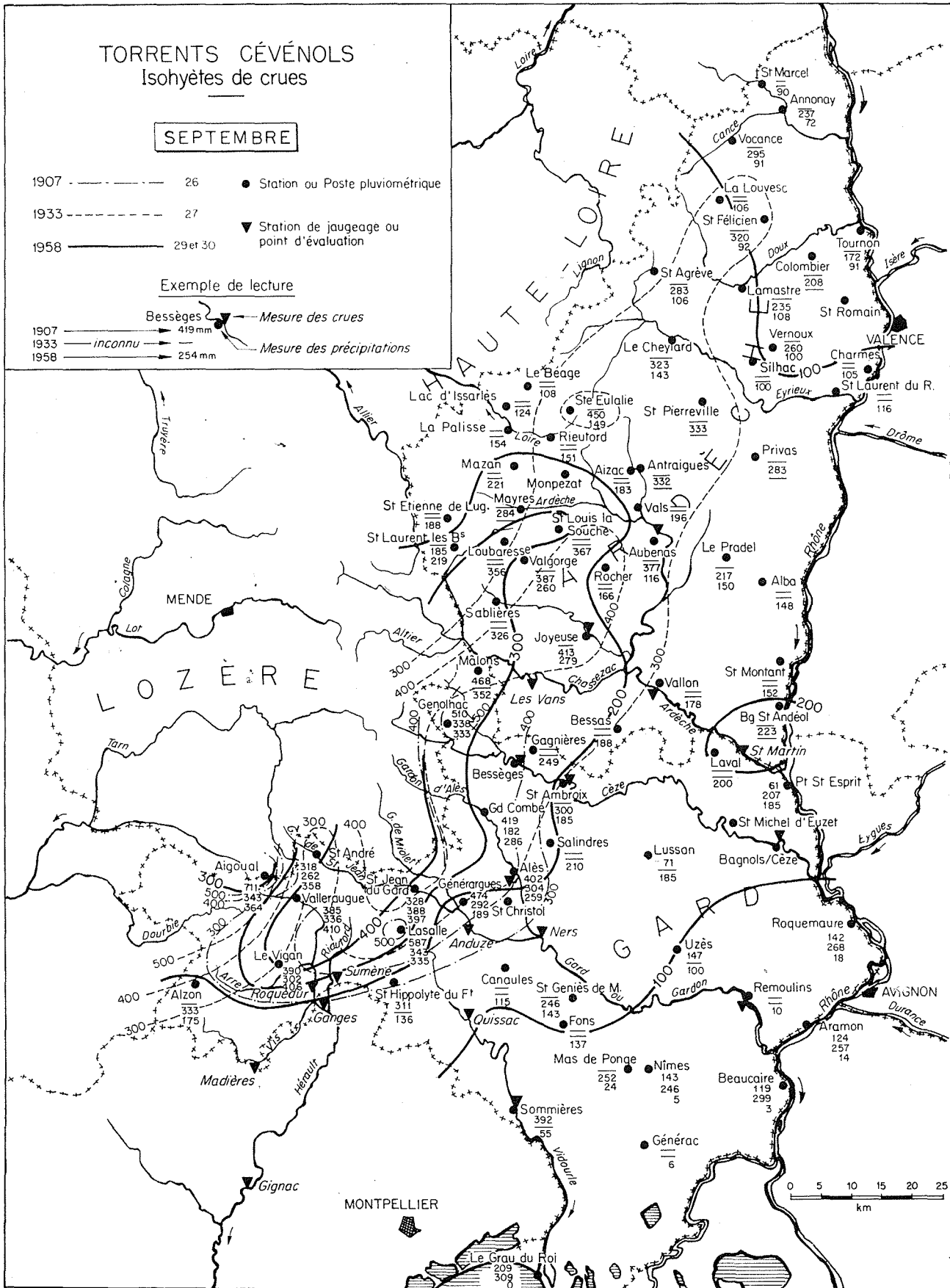
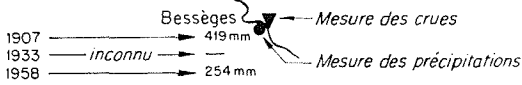
Les pluies cévenoles les plus typiques et les plus dévastatrices s'abattent sur les moitiés supérieures et montagneuses des bassins. Mais comme elles sont « frontales » autant ou plus qu'orographiques (sans quoi, elles auraient moins de violence forcenée), il leur arrive assez fréquemment de sévir jusque dans les parties moyennes

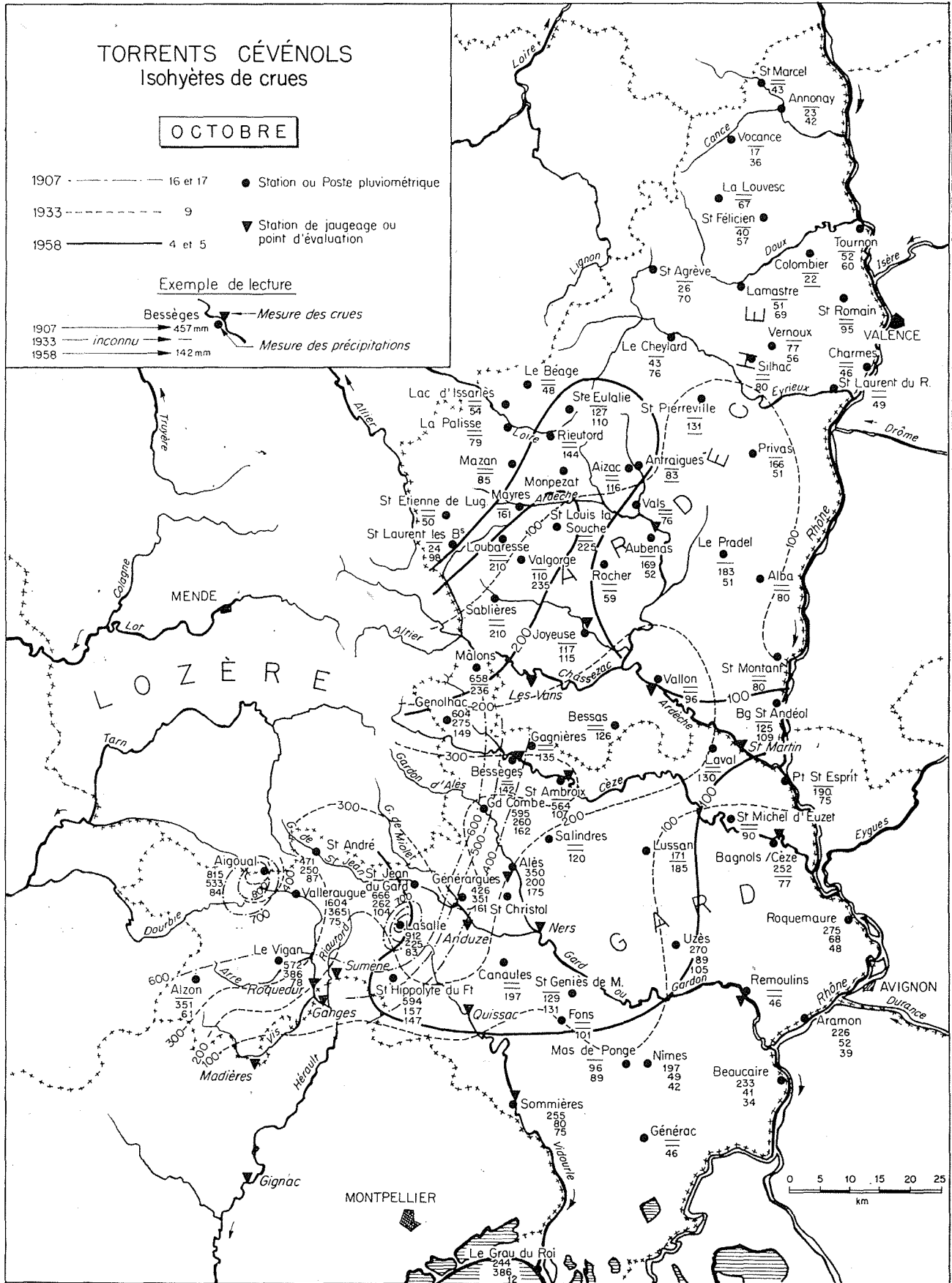
TORRENTS CÉVÉNOLS Isohyètes de crues

SEPTEMBRE

- 1907 - - - - - 26 ● Station ou Poste pluviométrique
- 1933 - - - - - 27 ▼ Station de jaugeage ou point d'évaluation
- 1958 ———— 29 et 30

Exemple de lecture





et même d'atteindre la zone basse, jusqu'au-delà d'Anduze, puis d'Alès et même jusqu'au Rhône (ce fut assez nettement le cas au 30 septembre et au 4 octobre 1958).

Presque toujours, les ovales des isohyètes ont un grand axe assez parallèle au rebord, ce qui montre qu'une certaine influence orographique semble ne jamais manquer.

Cependant, l'extension de ces pluies vers le

nord est très variable. On a vu, les 8-9 octobre 1907, l'averse cévenole toucher fortement, au-delà de Lyon, les affluents occidentaux de la Saône jusqu'à la Dheune, et de l'autre côté, le domaine jurassien de l'Ain. Le 30 septembre 1958, tout le Lyonnais et le Beaujolais ont reçu 80 à 110 mm, chiffres considérables pour cette région.

B. — PLUIES RESPONSABLES

Ces pluies, à la fois extensives et orageuses, comportent non seulement l'abondance totale formidable ou imposante que l'on a vue, mais surtout des paroxysmes effrayants de quelques heures : ce sont deux caractéristiques essentielles.

Cependant, les documents officiels incomplets et qui présentent sans détails horaires les pluies totalisées de 24 heures, peuvent tromper, faute de pluviomètres enregistreurs. En suivant une échelle de durées progressivement plus fines, nous constatons ce qui suit pour l'averse des 29-30 septembre 1958 :

En un jour « officiel » (24 heures entre deux observations successives faites à 7 heures du matin), les résultats enregistrés (guère plus de 250 à 300 mm aux lieux les plus arrosés) sont très loin des records. Mais en 24 heures consécutives commençant vers 19 ou 20 heures le 29 septembre, certaines chutes totaliseraient 375 à 400 mm et plus, notamment à Valleraugue, à Saint-Maurice de Ventalon, et à Saint-Etienne-Vallée-Française.

Puis 300 mm ont frappé en moyenne 6 000 à 7 000 km².

En huit heures, le 30 septembre, 220 mm environ ont dû s'abattre sur l'Hérault supérieur, les Gardons d'Alès et d'Anduze, la Cèze supérieure (autant de records, sans doute) et 180 mm sur le bassin de l'Ardèche. Et les deux tiers ou les trois cinquièmes de ces lames d'eau sont tombés en 3 heures ou moins :

En 3 heures :

150 mm : Hérault, Gardons, Cèze;

125 mm : Ardèche (record de 1890 : 150 mm probablement, toujours debout).

En 2 heures : 140 mm à Alès et à Salindres.

En 1 heure : 80 à 100 mm en certains points.

En réalité, la montée foudroyante de quelque 5 mètres sur l'Hérault à Ganges en 45 minutes

peut indiquer que les 2/3 ou les 3/4 de 120 à 150 mm supposés produits en 2 heures ont pu s'abattre en 30 ou 40 minutes au plus, soit 2 ou 3 mm à la minute... pendant deux ou trois quarts d'heure.

Voilà le secret de ces cataclysmes. Ce ne sont pas les chiffres énormes de 400 mm en 24 h ou même de 200 mm en 8 heures consécutives qui en sont responsables, mais bien les paroxysmes de quelques quarts d'heure. Même abondance, même violence, courbes analogues hardiment pointues : ces crues brèves et impétueuses sont filles et répliques de déluges eux-mêmes frénétiques, aux effets aggravés par les très fortes pentes, les convergences du réseau et les dimensions restreintes des bassins versants.

Une pluie de 36 mm/h déverse. 10 000 l/s/km²
donc 150 mm/3 h précipitent.. 13 900 l/s/km²
ou encore 80 mm/h 22 200 l/s/km²

Les débits fluviaux peuvent atteindre 50 % de ces chiffres en une heure pour des petits bassins ou après des pluies de 3 heures à l'issue de 200 ou 300 km².

Aussi peut-on s'attendre, pour ces dernières surfaces, à des écoulements spécifiques de 7 000 à 10 000 l/s/km² ou plus.

Et une même crue peut être produite par une pluie fantastique de 1 ou 2 heures ou par une averse moins intense mais durant deux ou trois fois plus. Dans le premier cas, l'écoulement maximum représentera 30 à 50 % des précipitations moyennes décisives; dans le second cas, le rapport pourra s'élever jusqu'à 60 ou 80 % à la faveur de la saturation du sol et de concordances plus efficaces.

Dans les rivières très courtes des bassins accidentés, ces paroxysmes produisent des débits pas très inférieurs à la chute pluviale moyenne durant de brèves durées.

En outre, comme nous l'avons déjà vu, le 30 septembre et le 4 octobre, de fortes précipita-

tions sévèrent également sur l'aval des bassins. Et le paroxysme pluvieux s'est déplacé progressivement vers le SE, donc vers l'aval : le flot des petits affluents des bassins inférieurs a renforcé de la sorte très efficacement celui des cours d'eau principaux, deux circonstances aggravantes pour la crue.

Enfin, dès le 29 septembre, étaient tombées dans les seules parties montagneuses vivaroises ou cévenoles, de grosses pluies : jusqu'à 100 ou 150 mm. Ces chutes ont saturé le sol précédemment sec (malgré une forte averse deux semaines plus tôt) des hauts bassins. Et elles ont amorcé la montée des rivières. Au total, le coeffi-

cient d'écoulement des pluies du 29 et du 30 a représenté 50 à 70 % selon les secteurs, mais 80 % ou plus, probablement, pour l'averse décisive du 30 après 8 à 10 heures. La pluie des 15 à 20 heures précédentes avait dû seulement imprégner les terrains et amorcer la montée.

L'averse du 4 octobre, bien moins forte au total presque partout (sauf sur le Vidourle) et bénéficiant d'un sol encore très gorgé d'eau, a dû s'écouler dans des proportions voisines de 60 à 70 % selon les secteurs. Pour une averse égale à la précédente, la part de l'écoulement eût atteint et dépassé 75 à 80 %.

C. — PUISSANCES DES CRUES

1. Puissance relative.

Pour apprécier la puissance relative des crues, la notion du débit spécifique rapporté à la surface réceptrice S (soit $q=Q/S$) ne suffit pas. En effet, le débit spécifique diminue si l'on part des secteurs les plus arrosés pour considérer des surfaces accrues. Et même si la décroissance pluviale n'avait point lieu, le diagramme de la crue (l'hydrogramme) s'aplatirait de l'amont vers l'aval, en présentant un maximum fluvial de plus en plus inférieur au débit pluvial moyen de l'averse décisive.

Le premier ne peut égaler le second que si la pluie responsable dure plusieurs fois autant que le « temps de concentration » nécessaire pour que le ruissellement arrive de la partie la plus lointaine à la station considérée. Or, pour un bassin de 1 000 ou 2 000 km², ce temps peut représenter 6 ou 10 heures et plus. Et il n'est pas concevable que des pluies comportant en 2 ou 3 heures une intensité cévenole extraordinaire sur 50 à 200 km² puissent, sur 1 000 à 2 000 km² conserver ce rythme pendant 15 à 20 heures. Donc, lors d'une crue donnée, même dans un bassin entièrement soumis à une averse terrible, le maximum spécifique atteindra, par exemple, 25 000 l/s/km² pour 50 km², 10 000 pour 100 km², 6 000 pour 500 km², 3 000 pour 2 000 km².

Et pourtant il est désirable de caractériser partout les maxima homogènes en puissance par une valeur qui change peu, quelles que soient, jusqu'à 2 000 km² ou plus, les augmentations des surfaces réceptrices et les diminutions des débits spécifiques.

On y parvient dans une certaine mesure en

liant le débit maximum brut à une puissance de S inférieure à l'unité, par exemple 1/2 ou 2/3.

Soit le coefficient $A=Q/\sqrt{S}$, Q étant donné en m³/s, et S en km². Quelques chiffres de A permettront de situer les crues cévenoles par rapport à d'autres excès fluviaux. On a environ : 10 pour la Seine à Paris, 25 pour la Vistule inférieure, 40 à 50 pour la Dordogne à Bergerac, le Lot à Cahors, la Durance à Mirabeau, la Loire et l'Allier à leur confluent, 60 pour le Tarn à Montauban, 75 pour la Garonne à Toulouse, 200 pour certaines rivières du Japon, 300 pour certaines rivières du Texas.

Lorsque A dépasse 100, il s'agit vraiment de maxima déjà formidables. Et l'on peut voir sur le tableau ci-après, que pour maintes crues cévenoles, le coefficient excède 100 ou 120.

Il serait évidemment souhaitable que les coefficients puissent s'appliquer partout à des événements d'une même fréquence moyenne. Homogénéité difficile à obtenir. Il semble cependant que pour les crues records ici considérées, les intervalles moyens de récurrence soient généralement de l'ordre de 150 à 250 ans.

2. Puissance brute et spécifique.

La puissance brute en m³/s est donnée dans notre tableau, selon le sens inverse de l'écoulement et du temps, c'est-à-dire que l'on y remonte de l'aval vers les sources, et de 1958 aux catastrophes anciennes.

A la colonne 10 consacrée à l'évolution, on indique pour certains cas les durées et les ampleurs de quelques montées totales ou partielles.

CRUES CÉVENOLES DE SEPTEMBRE ET OCTOBRE 1958

RIVIÈRES	STATIONS	BASSINS Versants S km ²	DATES	HAUTEURS m	DÉBITS		COEFFICIENT A Q/√S	RANGS	EVOLUTION montées totales ou décisives (horaires et parenthèses)	VOLUMES Mm ³
					Q m ³ /s	q = Q/S l/s/km ²				
ARDÈCHE :	Vallon (1).....	1 950	30- 9-1958	12,20	≤ 4 600	2 360	104		8 h (14.30-22.15)	315
	Saint-Martin (2)...	2 240		6,60	4 600	2 050				
	Vallon.....	1 950	4-10-1958	10,30			125		7 h (9-16)	
	Saint-Martin (2)...	2 240		6,15	3 900	1 750				
	Vallon.....	1 950	28- 9-1900	13,80	≤ 5 500	2 820	125			
	Saint-Martin.....	2 240		7,00	≤ 5 500	2 450				
	Vallon.....	1 950	22- 9-1890	17,30	≤ 6 500	3 310	147	1		900
	Saint-Martin.....	2 240		7,40	> 6 000	2 690				
	Vallon.....	1 950	9-10-1827	16,20	6 000	3 090	136	2		900
	Saint-Martin.....	2 240		7,20	5 800					
Supérieure.....	Aubenas.....	475	30- 9-1958	3 à 4?	1 000	2 100	46			
			4-10-1958	3 à 4?	à 1 200	à 2 520				
			22- 9-1890	7,00	≤ 3 000	6 300				
BEAUME.....	Joyeuse (3).....	200	30- 9-1958	6,50	1 500	7 500	106	1		
			4-10-1958	6,80	à 1 700	à 8 500				
CHASSEZAC.....	Les Vans (3)....	507	30- 9-1958	6,50	2 000	3 940	89			
			4-10-1958	6,00						
			22- 9-1890	?	2 500	4 930				
CÈZE.....	Bagnols.....	1 115	30- 9-1958	10,75	≥ 2 500	2 240	75	1		230
			4-10-1958	10,20						
			9-10-1933	10,00						
			17-10-1907	10,15						
Saint-Ambroix...	361		30- 9-1958	<11,00	2 800	7 750	147	1	6 m en 2 h (9.10-11.10)	
			4-10-1958	>10,00						
			16-10-1907	8,00						
			21-10-1891	8,15						
			21- 9-1890	8,30						
Bessèges.....	225		30- 9-1958	7,70	1 800?	8 000	120	1 (?)		
			4-10-1958	7,00						
			Sept. 1890	8,19						
GARDON.....	Remoulins.....	1 840	1-10-1958	8,20	4 500	2 445	105	1		380
			4-10-1958	6,80						
			16-10-1907	7,50	3 600					
			21- 9-1890	6,75						
GARDON D'ALÈS.....	Ners.....	1 080	30-9-1958	10,60	≥ 5 000	4 620	152	1		300
			4-10-1958	7,20						
Alès.....	323		30- 9-1958	5,50	1 800	5 570	100			
			4-10-1958	5,00	à 2 000	à 6 200				
			20- 9-1846	6,80?	2 500	7 750				

RIVIÈRES	STATIONS	BASSINS Versants S km ²	DATES	HAUTEURS m	DÉBITS		COEFFICIENT A Q/√S	RANGS	ÉVOLUTION montées totales ou décisives (horaires et parenthèses)	VOLUMES Mm ³	
					Q m ³ /s	q = Q/S l/s/km ²					
GARDON D'ANDUZE ..	Anduze.....	530	30- 9-1958	7,60?	≤ 3 000	5 650	130	1			
			4-10-1958 19-10-1861	5,50 8,20?	2 800	5 280	122	2			
VIDOURLE.....	Sommières.....	630	4-10-1958	6,76	≤ 1 500	2 380	60	1	3,70 m en 45 mn (10.45-11.30)		
			27- 9-1933	6,60							
	Quissac.....	217	4-10-1958	6,20							
			27-9-1933	7,00	1 800	8 300	123	1			
			28-10-1723	7,30	≤ 2 000	9 200	136	1			
	Sauve.....	189	27- 9-1933		≤ 2 000	10 600	145	1			
HÉRAULT.....	Gignac.....	1 240	30- 9-1958	10,80	≤ 2 700	2 180	76,5		5 m en 90 mn (19.30-21)	250	
			26- 9-1907	10,60							
			21- 9-1890	10,80							
			18-10-1868	?	3 200	2 580	91	1 (?)			
				10-1812	?	3 200	92	1			
	Laroque.....	720	30- 9-1958			2 800	3 890	104	1		
Ganges.....	620	30- 9-1958	8		2 500	4 040	100	1 (?)	5,20 m en 45 mn (14.45-15.30)		
	Saint-Julien- de-la-Nef..... (amont de la Vis)	310	30- 9-1958			2 000	6 450	114	1 (?)		
RIEUTORD.....	Sumène.....	55	30- 9-1958	6,50		570	10 300	76			
VIS.....	Madières.....	280	30- 9-1958			500	1 785	30			

(1) On a encore relevé des hauteurs > 10 m en 1951, 1933, 1907 (11,50 m), 1899, 1891, 1878 (14,50 m), 1859 (11,27 m), 1857 (13,50 m), 1846 (13,10 m).

(2) Débits de pointe selon la 4^e CE : 30-9-1958 : 4 600 m³/s; 4-10 : 3.900 m³/s; 20-12 : 3 600 m³/s.

(3) Cotes de 1890 incertaines et non comparables à celles de 1958, par suite de changements d'échelles et de reconstruction de pont (à Joyeuse).

Les débits atteignent assez fréquemment 4 000 à 5 000 m³ sur l'Ardèche inférieure, 2 000 à 3 000 sur le Gardon à Ners. Les premiers de ces chiffres représentent à peu près le double des crues maximales à Paris; cela permet d'imaginer dans quel état serait la capitale si la Seine devait évacuer un débit pareil; or, il s'agit ici de bassins versants très petits atteignant tout au plus 2 000 km², alors qu'à Paris, la surface du bassin de la Seine est 22 fois plus grande.

a) ARDÈCHE. — Ici, un bassin montagneux, un réseau concentré jusqu'aux gorges de Vallon où se rassemblent trois branches de longueurs presque égales, l'Ardèche supérieure, la Beaume et le Chassezac, réalisent les conditions « idéales » pour amener en coïncidence les plus gros

débits élémentaires. Par analogie avec l'expression de Fabre sur la mante religieuse, l'Ardèche mérite le titre de « monstrosité hydrologique ». Le record établi en 1890 n'a pas été récemment approché, loin de là. Le coefficient A de cette pointe exceptionnelle frôle le niveau, lui-même exceptionnel, de 150. La crue du 30 septembre est néanmoins la plus forte enregistrée depuis 1900. D'après les niveaux atteints au cours du XIX^e siècle et consignés dans le bas du tableau, cette crue récente de l'Ardèche inférieure doit avoir une fréquence moyenne d'une vingtaine ou d'une trentaine d'années.

Si l'on examine le comportement des tributaires, la suprématie du phénomène de septembre 1890 est écrasante pour l'Ardèche supérieure.

Le gonflement du Chassezac aux Vans, par contre, sans égaler probablement le record, figure parmi les phénomènes assez rares. Et ceux de la Beaume à Joyeuse, le 30 septembre et le 4 octobre, ont rivalisé avec le flot de 1890, peut-être non sans un léger avantage.

b) CÈZE. — La crue de 1890 a peut-être été tout au plus égalée, le 30 septembre 1958, sur la Cèze supérieure à Bessèges. Mais la sévérité de la pluie (130 à 150 mm sans doute en 2 à 3 heures sur le haut bassin et sur la partie moyenne) a donné au phénomène récent un avantage éclatant ou tout au moins très sensible par rapport à ses devanciers bien connus, depuis l'aval de Bessèges jusqu'au Rhône. A Saint-Ambroix, les records antérieurs ont été battus d'environ 2,80 m le 30 septembre et encore de 1,80 m le 4 octobre. Le fait, pour la Cèze, de deux crues aussi énormes à quatre jours d'intervalle doit constituer un cas très rare dans l'Hydrologie française. Il évoque les deux maxima du 6 au 8 décembre 1953 sur l'Orb à Béziers : niveaux supérieurs, eux aussi (surtout le 6), à toutes les cotes précédentes bien connues.

Cependant, au-delà de Saint-Ambroix (347 km²) où la pointe a représenté au moins 2 500 m³, soit 7 200 l/s/km² et 135 pour A, les débits sont devenus moins imposants que ceux de l'Ardèche dans les mêmes circonstances (4 600 et 3 900 m³).

Le chiffre de 2 500 m³ à Bagnols, soit seulement 75 pour A, pécherait plutôt par exagération, peut-être sensible, que par défaut. L'étrouitesse du long bassin et le dessin peu convergent, peu évasé, du réseau ont causé cette relative atténuation des maxima sur la basse Cèze.

c) GARDONS. — La première crue de l'automne 1958 a été au moins aussi exceptionnelle sur le Gardon inférieur en aval de la jonction entre Gardon d'Anduze et Gardon d'Alès, que sur la Cèze. A Remoulins (1^{er} octobre), le niveau de 8,20 m l'emporte de 70 centimètres sur le record fameux des 16-17 octobre 1907. Débit difficile à évaluer : sans doute pas moins de 4 500 m³ pour 1 840 km². En ce point, le flot était affaibli par un débordement très vaste, soudain et meurtrier survenu entre Ners et Dions où commence un assez long étroit. A Ners, les cotes, au début, n'ont pu être comparées avec celles des crues antérieures, par suite de confusions entre échelles situées les unes à l'amont, les autres à l'aval du pont. Finalement, il faut retenir 10,60 m à l'échelle d'amont, bien que le pont offre un débouché large de plus de 160 mètres (piles non comprises). En octobre 1907, le niveau fut, de ce côté, moindre de 1,50 m; et de 0,70 m ou 0,80 m à l'aval. Le débit a pu, à notre

sens, atteindre 5 000 m³ pour 1 080 km², soit 4 620 l/s/km², et 152 pour A. Crue vraiment exorbitante. Et celle du 4 octobre (3 000 m³) a rivalisé avec celle de 1890.

Les deux branches constituantes principales ont concouru au cataclysme du 30 septembre par une combinaison pire que toutes celles du passé bien connu. Et le fait que les maxima n'ont pas intégralement concouru a été peut-être plus que compensé par la gravité de l'averse tombée, en retard sur ses paroxysmes de l'amont dans le bassin moyen, c'est-à-dire dans la région même d'Anduze et d'Alès, et plus bas jusqu'au-delà de Ners.

A Alès, cependant, certaines crues anciennes ont dû dépasser, sans doute de beaucoup, celle du 30 septembre 1958 déjà fort brutale (1 800 à 2 000 m³ peut-être pour guère plus de 300 km²). Mais le Gardon d'Anduze a été encore plus déchaîné, et des témoignages vraisemblablement fondés nous affirment que, même sa crue monstrueuse d'octobre 1861 a été nettement moindre. Il a coté, sur ses niveaux d'étiage, 7,60 m au pont-route d'Anduze long d'environ 125 m, et plus de 12 m, selon toutes les apparences, juste avant l'étrouit (Porte des Cévennes) dont les minces et hauts battants calcaires se dressent à 500 m vers l'amont. Débit probablement voisin de 3 000 m³ pour 530 km².

Plus haut, les ramifications principales : Salin-drinque, Gardon de Saint-Jean, Gardon de Miallet, ont été terribles; mais nous ne pouvons dire si, sur toutes trois, les records précédents ont été égalés ou surpassés.

d) VIDOURLE. — Plus au sud-ouest, le petit, mais funeste Vidourle eut sa crue la plus forte, de beaucoup, le 4 octobre, à la suite d'une pluie dont le paroxysme efficace n'a point duré, semble-t-il, plus d'une heure et demie. Son maximum, encore anodin à Saint-Hippolyte, mais déjà grave à Sauves et à Quissac, est resté en ces lieux inférieur aux niveaux du 27 septembre 1933 (6 victimes en cette circonstance) et du 28 octobre 1723. Par contre, sur le cours moyen à Sommières, la crue a dépassé d'une quinzaine de centimètres le record de 1933. La ville a été submergée, sur des profondeurs qui atteignent 4 mètres et plus, avec une rapidité inouïe. Coefficient A de 60 seulement. Mais à Sauves et à Quissac, lors des cataclysmes antérieurs, ce paramètre a dépassé 120 et 130.

e) HÉRAULT. — Sur l'Hérault, la montée la plus impressionnante de beaucoup fut celle du 30 septembre. Malgré la difficulté des comparaisons, on peut affirmer que ce flot remarquable a au moins égalé celui d'octobre 1812 juste avant Ganges, tout en étant nettement inférieur au débit du 29 septembre 1900, plus haut, sur le flanc de l'Aigoual, à Valleraugue. A Saint-Julien-

de-la-Nef, juste avant Ganges, cette crue, peut-être sans égale depuis un ou deux siècles, a dû débiter assez d'eau (2 000 m³!) pour que son coefficient A représente 114, sinon plus.

Plus en aval sur le cours moyen, malgré la conformation évasée et concentrée du réseau, le phénomène est devenu sensiblement moindre que sur le Gardon et l'Ardèche, car une moitié au moins de la surface réceptrice avant Ganges se situe dans le calcaire (Causses) qui, même sous des averses terribles, doit conserver un pouvoir absorbant assez fort. Ce dernier réduit les maxima de la Vis, qui débouche sur la droite, à Ganges même. En conséquence, à cette station, la crue, au moins égale à celle d'octobre 1812, n'a guère impliqué plus de 100 pour le coefficient A. Plus loin, le Rieutord déchainé (peut-être 10 500 l/s/km² pour 50 à 60 km²) n'a guère accru le maximum à cause de l'avance de son flot. Et à Gignac, faute de pluies en aval de Ganges, la crue n'a guère dû dépasser 2 500 à 2 750 m³. Les records, difficiles à dater (octobre 1812 et 1868?), représentent là peut-être 3 200 m³ pour 1 240 km², contre 5 000 à Ners pour 1 080 km².

Au-delà de Gignac, la crue du principal affluent, la Lergue, a été modérée, mal concordante, et le gonflement de l'Hérault, très aplati (maximum de 1 500 m³ peut-être), est demeuré à Agde bien plus faible que celui de maintes crues fortement alimentées par le bassin inférieur.

f) ENSEMBLE DES RIVIÈRES CÉVENOLES. — Si

l'on additionne les débits maxima, au cours de la même journée, de :

Hérault + Gard	+ Cèze	+ Ardèche
à Gignac	à Remoulins	à Bagnols à Vallon

on trouve que ces quatre rivières méditerranéennes ont roulé le 30 septembre 1958, jusqu'à 15 000 m³/s, contre moins de 13 000 le 29-9-1900, de 12 000 le 22-9-1890, et de 11 500 le 16-10-1907. Ainsi, sur l'ensemble Hérault, Gardon, Cèze, Ardèche, particulièrement représentatif, la crue du 30 septembre 1958 n'a point d'égale à notre connaissance, même compte tenu de celle du 9-10-1827.

Si l'on considère, en outre, deux rivières rhodaniennes septentrionales, l'Eyrieux et le Doux, la crue du 29-9-1900, avec un peu moins de 16 000 m³/s, précède celle du 30-9-1958, 15 500 m³/s.

Enfin, si l'on englobe dans les comparaisons les rivières cévenoles qui se dirigent vers l'Océan : Tarn, Lot, Allier, Loire, le classement donne la primauté au phénomène de septembre 1900; puis viennent la deuxième crue d'octobre 1907 et celle de septembre 1890. En septembre et octobre 1958, les répercussions du côté occidental ont été faibles, sauf sur le Tarn supérieur lors de la première crue.

On retiendra qu'en septembre 1958, les records ont été battus sur les Gardons réunis, partout, puis sur la branche d'Anduze en ce lieu et sans doute sur certains secteurs à l'amont, sur une grande partie du cours de la Cèze, et peut-être aussi sur la Beaume, puis, le 4 octobre 1958, sur le Vidourle moyen.

D. — RAPIDITÉ D'ÉVOLUTION

Les crues de l'automne 1958 ont compté parmi les plus rapides, et même foudroyantes dont on ait le souvenir pour les rivières en question.

La vitesse de propagation pour les maxima a atteint 10 à 15 km/h dans les cours supérieurs et moyens et quelque 6 à 9 km/h dans les secteurs inondables de l'aval. Les mesures de vitesse superficielle du courant sur le Chassezac, opérées par flotteurs, ont indiqué une vitesse maxima de 8,50 m/s, et on a admis qu'au moment du maximum, la vitesse atteignait 10 m/s, chiffre qui dépasse ce que nous connaissions jusqu'à présent.

Les variations de hauteur les plus remarquables sont indiquées dans le tableau : le 30 septembre, à Ganges sur l'Hérault, après la Vis, on

observa la montée fantastique et sans précédent bien connu, de 5,20 mètres en 3/4 d'heure. A Gignac, à l'aval de Ganges, une hauteur à peu près égale fut encore franchie dans le double de ce temps.

Le 4 octobre vit encore des croissances précipitées. La Cèze à Saint-Ambroix se gonfla de 6 mètres en deux heures et le Vidourle à Quissac, de 3,70 mètres en 3/4 d'heure.

Enfin, des murs d'eau de 50 cm à 1 m ont été observés avec bien peu de doute possible. A Moussac, entre Ners et Remoulins, deux vagues de 0,80 m se seraient succédées à quelques minutes d'intervalle. Ces phénomènes, contraires au processus beaucoup plus fréquent de l'aplatissement, sont dus sans doute à un rattrapage, par

des débits déjà très forts et rapides, de débits plus faibles et lents. Et ce mécanisme ne se con-

çoit pas sans un déclenchement soudain et véritablement explosif des pluies à l'amont.

E. — DOMMAGES, REMÈDES, PRÉVISIONS

Cette crue fut une catastrophe.

DOMMAGES HUMAINS : le 30 septembre 1958, il y eut 36 victimes, dont plus de la moitié surprises dans leurs automobiles par l'irruption subite du flot le long du Gardon en aval de Ners vers Boucoiran et Nozières.

DOMMAGES MATÉRIELS : de très nombreuses maisons ont été submergées, rarement détruites, mais intérieurement saccagées.

EROSIONS ET REMBLAIEMENTS : les attaques des versants et les remblaiements des vallées ont été incomparablement moindres que dans les Pyrénées-Orientales (Tech et Têt) en octobre 1940, ou dans le Queyras (Guil) en juin 1957. Le boisement, plus étendu qu'on ne le pense dans la Cévenne, a, malgré la médiocrité de bien des peuplements, protégé dans une large mesure, presque partout, les flancs des montagnes. Les lits fluviaux ont subi des altérations très nombreuses et marquées, mais point majeures en général. Ils n'ont point été déplacés, ni comblés ou affouillés de manière frappante sur de longs parcours. Certaines surfaces cultivées ont été ensablées. Sur les berges ou entre elles, les eaux furieuses ont couché, ou déraciné et emporté des milliers d'arbres.

Entre autres ponts, les gros ouvrages de Saint-Jean du Gard, du Galeizon près d'Alès, de Ners, ont été coupés, celui de Remoulins a été rendu inutilisable.

REMÈDES :

a) Boisement. La forêt, efficace contre la dégradation des terrains et le charriage des cailloux, ne semble guère pouvoir être étendue dans des proportions très amples. De toutes façons, elle risque de se montrer impuissante contre les excès de ruissellement provoqués par les pluies anormalement intenses possibles en cette région.

b) Endiguements latéraux. Les digues longitudinales peuvent protéger certaines localités, certaines zones cultivables riches. Mais elles exhaustent les niveaux de crue, même en aval des secteurs où elles sont efficaces, car elles renforcent les débits maxima en réduisant les submersions génératrices d'atténuation pour ces poin-

tes. Et les irrptions brusques déclenchées par les ruptures des levées peuvent être meurtrières.

c) Aménagement des lits. — On pourra, en calibrant mieux les lits et en supprimant les arbres et arbustes qui abondent sur les berges et à l'intérieur des chenaux, accélérer l'écoulement et donc réduire les niveaux hydrométriques qui correspondent aux gros débits.

d) Barrages transversaux. — L'emmagasinement derrière des barrages transversaux est la seule solution radicale. Elle est ici favorisée par la brièveté habituelle des croissances et des décrues, donc par la modération relative des *volumes liquides totaux*, lors de maintes intumescences. Des capacités libres de quelques dizaines de millions de mètres cubes dans l'ensemble pour chaque Gardon, ou pour la haute Cèze, etc., peuvent suffire à retenir les débits excédentaires nuisibles. Mais lors de précipitations anormalement persistantes ou renouvelées à bref intervalle, les creux disponibles peuvent devenir trop faibles ou nuls. Le réglage des accumulations ou des évacuations, avant ou pendant les crues, peut poser des problèmes très graves. Enfin et surtout, il faut trouver des emplacements adéquats pour les réservoirs, sans sacrifices pires que le mal imposé à l'Économie et à l'Habitat.

PRÉVISIONS. — Il faudrait améliorer les pronostics. Or, la rapidité des propagations et des évolutions rend très malaisé ce perfectionnement.

En particulier, les prévisions à base *hydrométrique* (d'après les cotes maxima de l'amont), à peu près impossibles dans les cours supérieurs, peuvent être faussées très gravement pour les cours moyens par la violence exorbitante des pluies intermédiaires, qui viennent, après 15 ou 20 kilomètres de parcours, aggraver dans des proportions surprenantes les maxima bruts par rapport aux phénomènes de l'amont. Les déluges ruisselant sur 50 ou 100 km² peuvent ajouter respectivement 500 à 700, et 800 à 1 000 m³, ou même plus, aux débits de pointe tels qu'ils sont définis par les hauteurs annoncées de plus haut. Cependant, les annonces fondées sur les cotes peuvent indiquer à temps au moins des niveaux

qui seront certainement atteints, et peut-être dépassés sur les cours inférieurs. Et il importe d'accélérer les transmissions des avis jusqu'aux bureaux centralisateurs et à partir de ceux-ci. La radio peut rendre les plus grands services.

Et, d'après ce qui précède, des informations pluviométriques instantanées doivent, dans les parties hautes, se révéler utiles, et, plus bas, permettre de rectifier les prévisions fondées sur l'hydrométrie.

Mais il faut tout d'abord créer un réseau suffisamment dense d'ombrographes (pluviomètres enregistreurs), former un personnel compétent et dévoué, puis constituer un système très moderne d'informations par T.S.F.; d'autant plus que les lignes télégraphiques et téléphoniques sont souvent les premières victimes des destructions par les eaux.

QUELQUES SOURCES PRÉCIEUSES D'INFORMATION SUR CES CRUES.

Outre les nombreux renseignements recueillis sur place pendant de trop brèves enquêtes en novembre 1958 et avril 1959, nous avons utilisé les beaux travaux des Ingénieurs de l'Electricité de France, MM. Guilhot (Saint-Etienne) sur le bassin du Chassezac, Guillot (Grenoble) sur les pluies d'inondation, et Jacquet (Paris) sur le Vidourle. Les Services des Ponts et Chaussées de l'Ardèche, du Gard, de l'Hérault, de la Lozère, M. P. Marres, professeur à l'Université de Montpellier et ses élèves, et M. Galzin, ingénieur forestier à Nîmes, nous ont fourni quantité d'informations. M. le Curé de Saint-Martin d'Ardèche, après une enquête sagace, nous a envoyé deux véritables rapports, très précieux.

AVERTISSEMENT

aux Constructeurs d'équipements
et aux Entreprises de génie civil des pays membres
de l'International Bank
for Reconstruction and Development
et de la Suisse

L'Instituto Costarricense de Electricidad a commencé la construction du projet hydroélectrique de Rio Macho No. 1 de 30 000 kW. Les travaux comprennent aussi 80 km (50 milles) de lignes de transport à 138 kV, une sous-station de 13,8/138 kV et 37 500 kVA; une sous-station de 138/34,5 kV et 30 000 kVA et une sous-station de 138/34,5, 13,8 kV et 21 750 kVA.

Les matériels et équipements d'importation seront payés grâce à un prêt négocié avec l'International Bank for Reconstruction and Development. Les marchés seront passés à la suite d'un appel d'offres international selon les clauses et les conditions qui seront annoncés par le journal officiel de Costa Rica *La Gaceta*.

Ces appels d'offres auront lieu durant les deux années à venir; celles concernant les équipements principaux de la centrale et des sous-stations, ainsi que les installations de chantier et de perforation de tunnels seront lancées dès le mois d'octobre 1959. La plupart des travaux de construction seront exécutés sous contrôle et des appels d'offres seront publiés de même par *La Gaceta* au cours des deux années à venir.

POUR TOUS AUTRES RENSEIGNEMENTS, s'adresser à :

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD

Boîte Postale No. XXXII

à San José, Costa Rica, Amérique Centrale,
ou à l'Ambassade de son pays à Costa Rica.