

# LA CRUE DE LA MI-JUIN 1957 SUR LE GUIL, L'UBAYE ET LA CERVEYRETTE

par J. TRICART <sup>1</sup>

---

## OBJET DE L'ETUDE

Les vallées du Guil, de la Cerveyrette et, moindrement, de l'Ubaye, ont subi, à la mi-juin 1957, une crue catastrophique qui a complètement isolé le Queyras pendant plusieurs semaines, coupé la voie ferrée de Gap à Briançon, arraché des kilomètres de routes et de lignes téléphoniques, emporté de nombreux ponts, détruit partiellement bien des villages et hameaux.

---

<sup>1</sup> A la suite de la crue catastrophique de la mi-juin 1957, la Section technique de l'Hydraulique de la Direction générale du Génie rural et de l'Hydraulique agricole a été chargée de présenter un programme de remise en état et de protection des vallées du Guil, de l'Ubaye et de la Cerveyrette. Cela suppose une étude préalable de géographie physique, qui a été confiée au Centre de Géographie appliquée, dont nous assurons la direction. Notre travail se décompose en deux parties : une analyse des modalités de la crue, qui doit permettre de tenter des pronostics quant au retour de semblables catastrophes, et des recherches géomorphologiques détaillées, appuyées sur un levé systématique au 1/20 000<sup>e</sup> d'une partie des bassins, afin d'aider à l'adoption d'une politique de reconstruction et de protection.

Nous tenons à remercier la direction de la *Revue de Géographie alpine* qui a bien voulu accueillir ici la première partie de notre étude. Un résumé de la seconde paraîtra dans la *Revue de Géomorphologie Dynamique*. Les illustrations du présent article ont été réalisées au Laboratoire de Cartographie du Centre de Géographie appliquée par plusieurs de nos étudiants et collaborateurs, sous la direction de Mlle S. Rimbart, Chef de travaux. Que tous trouvent ici l'expression de notre gratitude. M. M. Pardé, enfin, a bien voulu relire notre manuscrit et nous faire part de ses précieuses critiques et observations, fruit d'une incomparable érudition. Nous lui en témoignons toute notre amicale reconnaissance.

Déjà en mai 1948, dans le Queyras, des faits analogues, mais moins graves, s'étaient produits. On peut donc craindre de se trouver en présence d'un phénomène périodique, d'autant plus que les chroniques relatent bien d'autres catastrophes du même genre dans ces vallées alpines. Le coût croissant des équipements et les possibilités accrues de l'Ingénieur, résultant du progrès technique, posent cependant le problème dans des termes bien différents de ceux du passé. Après les crues antérieures, on avait reconstruit tant bien que mal et les villages s'étaient réinstallés là même où ils avaient été endommagés, les ponts avaient été modifiés dans le détail, mais le tracé des routes avait subsisté. Or, le long du Guil, cela fait deux fois en dix ans qu'une grande artère est arrachée sur des kilomètres. Le coût de rétablissement de la voirie est de plusieurs milliards. On ne peut laisser la solution d'un tel problème à des méthodes empiriques. On ne peut risquer de voir à nouveau les habitants menacés d'être coupés du monde : ce renoncement de l'Etat à ses obligations fondamentales serait particulièrement grave dans une région frontière aux populations courageuses et déjà peu favorisées par la nature.

Il ne peut guère s'agir d'empêcher le renouvellement des phénomènes qui ont déclenché la crue : l'homme n'est point encore maître des éléments. On peut, et on doit cependant, tout faire pour atténuer les conséquences que pourrait avoir le retour possible de semblables circonstances météorologiques. Il faut aussi tenir compte des conséquences différées de la catastrophe.

Les changements de profil des cours d'eau au cours de la crue ont été importants et, de ce fait, modifient l'équilibre des versants et les conditions régnant dans les fonds de vallées. Certaines pentes, à peu près stables auparavant, ont été sapées et risquent de glisser ou de se raviner. A la suite de cela, certaines agglomérations sont menacées, des routes peuvent être emportées, des bouchons se former dans les lits des torrents. Il importe de recenser ces risques afin d'en tenir compte dans la reconstruction des habitations, des voies de communications, des installations diverses. De même, certaines parties des fonds de vallées, fortement remblayées, peuvent cesser d'être inondables pendant un certain temps. On peut, si le sol s'y prête, songer à y reconstituer des terres de culture pour remplacer celles qui ont été détruites. Encore faut-il que les investissements engagés aient chance de s'amortir et que les terres de culture reconstituées ne soient ni engravées, ni emportées par une prochaine crue. En d'autres endroits, des fonds alluviaux exploités ont été engravés. Sont-ils récupérables ou resteront-ils menacés par les inondations pendant plusieurs années encore ?

Suivant les cas, suivant l'importance de l'enjeu et le prix des travaux à exécuter, plusieurs solutions techniques devront faire l'objet d'un choix en fonction d'impératifs budgétaires, sociaux ou même politiques. Un tel choix est du ressort de l'Administration, mais doit être éclairé par des études préliminaires associant les données des techniciens et la connaissance de la dynamique des phénomènes naturels. C'est pourquoi tout doit partir de ces derniers : les forces mises en jeu sont telles que, plus que nulle part ailleurs, le vieil adage suivant lequel « on vainc la nature en lui obéissant » s'applique ici.

Il faut donc étudier en détail ce qui s'est passé afin d'en déterminer les conséquences dont certaines, ne pouvant se produire qu'avec retard, ne sont pas encore réalisées, et afin de fixer les éléments dont on peut empêcher le renouvellement.

Deux types de travaux sont à prévoir :

— Des travaux de reconstruction, pour pallier aux conséquences de la catastrophe : reconstruction des habitations, récupération de terres de culture, remise en état de certaines voies de communication. Ils doivent tenir le plus grand compte des modifications durables de l'équilibre naturel provoquées par la crue (stabilité des versants, profil longitudinal des cours d'eau).

— Des travaux de réaménagement et de défense, destinés à empêcher le renouvellement de semblables catastrophes. Il est essentiel de se souvenir qu'on ne peut agir que faiblement sur le déclenchement de la crue, la seule possibilité consistant dans le reboisement de certaines pentes, d'ailleurs très peu efficace dans de telles circonstances. Ce qu'on peut modifier, c'est son écoulement, au moyen de la construction de barrages de retenue qui, par ailleurs, pourraient fournir de l'électricité et accroître l'efficacité des installations de la Durance. Mais les débits mis en jeu sont de plusieurs dizaines de millions de m<sup>3</sup>, ce qui exigerait des réservoirs de grande capacité pour obtenir une régularisation appréciable. La dépense serait considérable, les répercussions sur les conditions d'existence des populations aussi (perte de prés et de terres de culture, transferts d'agglomérations). On peut aussi, sans modifier fondamentalement l'écoulement, atténuer ses effets en corrigeant certains torrents, en empêchant la formation d'embâcles locaux de matériaux contre des ponts ou dans certaines gorges. Il faut également songer à mettre en lieu sûr, hors d'atteinte, routes importantes et sites d'habitat.

Dans ces travaux de réaménagement, plusieurs solutions peuvent se combiner en fonction des données géomorphologiques,

techniques, financières et sociales. Si une régularisation efficace du Guil, par exemple, pouvait être obtenue par la création d'une retenue compatible avec les exigences de l'économie des villages intéressés, il est clair que le problème de la reconstruction de la route nationale 202 serait complètement modifié : l'ancienne assiette pourrait être réutilisée, sauf instabilité locale résultant de la dernière crue, le gabarit des ponts pourrait rester médiocre. Il suffirait alors de corriger quelques torrents pour empêcher un colmatage trop rapide du réservoir. Dans le cas contraire, il est dangereux de réimplanter suivant le même tracé, une artère vitale qui a été emportée sur des kilomètres deux fois en dix ans. Cela ne pourrait se justifier que si l'on est sûr d'obtenir, par d'autres moyens, une régularisation suffisante des cours d'eau. La sécurité et l'économie peuvent s'associer pour imposer un nouveau tracé définitif. Les risques de renouvellement des conditions réalisées pendant la crue devront également être pris en considération pour le calcul des ponts et ouvrages d'art.

Toutes ces précautions sont indispensables pour donner aux populations la sécurité à laquelle elles ont droit. Mais une telle sécurité est coûteuse. Il est impossible, pour des raisons essentiellement financières, d'ambitionner une sécurité totale. Force est donc de viser à une sécurité maxima dans le cadre d'une certaine possibilité budgétaire. Il faut donc à la fois que :

— cette sécurité soit raisonnable, ce qui amène à étudier le déclanchement de la crue afin de conjecturer dans quelle mesure une crue analogue ou peu différente risque de se produire. C'est une question de probabilité. D'une manière caricaturale, on pourrait dire que si la crue est du type de celles qui ont chance d'avoir lieu une fois tous les mille ans, la catastrophe s'étant déjà déclanchée, il n'est plus nécessaire de se préoccuper de son renouvellement puisqu'il n'aura lieu que lorsque les travaux que nous pouvons faire seront amortis et hors d'usage depuis longtemps. Cette attitude est celle d'un pari, fondé certes sur la statistique, mais lourd de risques cependant. Il nous faudra donc examiner le problème de l'occurrence des crues dans les vallées étudiées;

— les travaux entrepris présentent le maximum d'efficience, que leurs résultats soient les meilleurs possibles pour le prix le moins élevé, ce qui exige un choix entre les solutions techniquement possibles en fonction des données géographiques, à la fois naturelles et humaines. Chaque ouvrage, chaque aménagement devra être conçu en fonction des mécanismes naturels mis en jeu dans le secteur qu'il intéresse afin qu'il leur soit le mieux adapté possible. Toutes les fois que des habitations ou des richesses rurales

seront en jeu, il importera de tenir compte des facteurs humains, qui ont été parfois trop négligés par certains travaux publics, comme certains barrages qui ont tari des ressources agricoles supérieures au revenu fourni par l'électricité qui en provient.

Notre étude ne se conçoit donc que comme une contribution à un travail d'équipe, déjà promu par les autorités locales avec la création de commissions départementales. Nous nous efforcerons d'apporter ce qui constitue l'objet spécifique de notre discipline : les données relatives aux mécanismes naturels mis en jeu. Des confrontations détaillées seront nécessaires avec les projets des techniciens afin de réaliser une harmonieuse adaptation aux conditions physiques. Dans le cas de certains aménagements plus importants, il y aura lieu d'élargir l'étude et d'y incorporer des aspects économiques et sociaux, au moyen d'une collaboration avec les représentants des populations, des services agricoles et de l'aménagement du territoire.

Dans une première partie, consacrée à la crue elle-même, nous étudierons successivement :

- Les aspects de la crue;
- Les circonstances de son déclenchement;
- La place de la crue dans le régime des cours d'eau qu'elle a affectés.

## CHAPITRE PREMIER

## LES ASPECTS DE LA CRUE DE LA MI-JUIN 1957

Les crues de la mi-juin 1957 ont affecté pratiquement toutes les rivières des Alpes françaises qui descendent de la crête frontière : le Var, la Tinée, l'Ubaye, le Guil, les branches supérieures de la Durance (Durance, Cerveyrette, Clairée), l'Arc et l'Isère. Au-delà, vers l'Est, elles ont également intéressé le Tessin, le Tyrol et la Carinthie. Cependant, sur le territoire français, c'est dans le Queyras que la situation a été la plus grave, toute la vallée étant isolée et de nombreux villages ayant été partiellement détruits, d'importantes terres de culture rendues inutilisables. L'Ubaye, toutefois, a également beaucoup souffert et de grands dégâts ont été causés aux installations hydroélectriques de la Maurienne et de la Tarentaise et aux usines de la société Péchiney.

L'étude qui nous est demandée se limite aux vallées du Guil, de l'Ubaye et de la Cerveyrette. Il ne faut cependant pas perdre de vue que l'extension du phénomène est beaucoup plus vaste, aussi espérons-nous qu'une partie des données que nous aurons rassemblées et établies pourra-t-elle être utilisée au profit des régions voisines.

Le premier problème qui se pose à nous est un problème de documentation. Nous le discuterons avant de rassembler et de confronter les témoignages qui permettent de se représenter le déroulement de la crue.

**A) Documentation disponible.**

L'étude des crues catastrophiques est généralement rendue difficile par l'incertitude qui règne au sujet de certaines données fondamentales les concernant. Les destructions mêmes qu'elles causent endommagent des appareils installés en fonction d'autres circonstances ou interrompent les lectures. De la sorte, une grande partie des éléments qu'on aurait besoin de connaître avec précision ne sont établis que de manière conjecturale et très incertaine.

Cela n'a pas manqué d'être le cas pour les trois vallées qui nous occupent.

Nous ferons donc l'inventaire de la documentation disponible en fonction des sujets qu'elle concerne.

#### 1° Documentation météorologique et climatologique.

Heureusement, le réseau de stations et de postes de la Météorologie nationale a normalement fonctionné au cours de la crue, et des observations régulières ont été faites. Toutefois, une certaine sous-estimation des précipitations est possible, voire probable, dans certains postes où la cuve des pluviomètres, rapidement remplie par des pluies diluviennes, a pu déborder avant que ne soit fait le relevé. L'observateur de St-Véran note, en effet, le 14 au matin, que celle du sien est pleine à ras-bord. A Abriès, les données du poste de la Météorologie nationale, faussées de ce fait, ont dû être complétées par celles du pluviomètre-enregistreur E.D.F. Malheureusement, dans la plupart des autres stations, cette vérification n'est pas possible. La Météorologie nationale nous a aimablement communiqué toute la documentation dont elle disposait, notamment un rapport établi au sujet des circonstances climatiques du déclenchement de la crue provenant de Paris, et un rapport manuscrit de M. J. Wagner, d'Embrun.

Cependant, la documentation existante, comme c'est généralement le cas en montagne, s'avère notoirement insuffisante du fait de l'implantation même des postes. Tous ceux-ci sont situés dans les agglomérations et, par voie de conséquence, dans les vallées et à des altitudes modérées. Comme l'habitat, ceux qui se situent aux plus grandes altitudes ne le font qu'en profitant de circonstances exceptionnelles : St-Véran, à 2 040 m, est dans une vallée descendant du SE vers le NW et bénéficie souvent d'effets de foehn. En Ubaye, aucun des six postes ne dépasse 1 990 m, et le plus élevé, Fouillouse, est abrité dans un vallon affluent, à l'écart de l'axe de la vallée que suivent les nuages arrivant du S ou du SE. Seul, Abriès est bien placé pour enregistrer les pluies provoquées par l'arrivée d'air provenant de la Plaine du Pô.

Ces difficultés sont apparues clairement à L. Serra, lorsqu'il mit en train l'étude hydrologique de la haute Durance. C'est pourquoi il renforça le réseau O.N.M. au moyen de pluviomètres enregistreurs, dont certains furent conçus d'une manière spéciale pour pouvoir fonctionner isolés en haute montagne. La localisation des postes E.D.F. ne correspond cependant pas encore exactement aux exigences géographiques. Par exemple, aucun d'entre eux n'est

implanté sur les crêtes qui bordent la rive droite du Guil, entre Abriès et Château-Queyras et qui, selon nous, sont susceptibles de recevoir les plus fortes précipitations lors des arrivées d'air en provenance de la Plaine du Pô. Il en est de même des crêtes qui enserrent la haute Ubaye. Cependant, le réseau E.D.F. complète fort utilement celui de la Météorologie nationale. Particulièrement précieux auraient pu être les postes situés sur la haute Ubaye, en amont de St-Paul, sur le haut Guil en amont d'Abriès, à l'Izoard, à Molines, au col de Vars, au col de Larche, aux Clarionds et vers le col de Famouras. Malheureusement, il semble que la majeure partie des enregistreurs aient fonctionné de manière capricieuse et que la plupart des stations aient été défailtantes au cours de la crue. Nous n'avons pu obtenir les données des autres, leur dépouillement n'étant pas encore effectué.

Enfin, en montagne, les précipitations varient considérablement non seulement en fonction de l'exposition, mais aussi et simultanément en fonction de l'altitude. Dans le bassin du Guil, en amont de Pont-la-Pierre, d'après P. Wyart, la répartition des altitudes est la suivante :

TABLEAU I  
*Courbe hypsographique du haut Queyras.*

Altitudes	Surface	Surface relative	Postes	Nombre de postes
1 040-1 500 m	69 km <sup>2</sup>	14,8 %	Château-Queyras	1
1 500-2 000 m	100 km <sup>2</sup>	21 %	Abriès; La Chalp	2
2 000-2 500 m	205 km <sup>2</sup>	44 %	St-Véran	1
2 500-3 000 m	99 km <sup>2</sup>	20,8 %		0
sup. à 3 000 m	2 km <sup>2</sup>	0,4 %		0

Le seul poste dépassant 2 000 m, d'ailleurs tout près de cette altitude, est placé dans une situation très particulière, et les résultats des observations ne peuvent être généralisés à tout l'étage d'altitude correspondant.

La déficience du réseau pluviométrique est d'autant plus grande que sur les 306 km<sup>2</sup>, représentant près des deux tiers du haut bassin du Guil, divers indices permettent de penser que la pluviosité est, dans l'ensemble, supérieure à celle des fonds de vallées, géné-



ralement abrités. Ch.-P. Péguy est amené à admettre, pour l'ensemble de la haute Durance, une altitude très forte pour le maximum pluviométrique : 3 700 m. Cette valeur est fortement influencée par le massif du Pelvoux. Pour le Guil en amont d'Abriès, Ch.-P. Péguy arrive à une pluviosité annuelle de 1 500 mm aux crêtes sommitales et, pour l'Ubaye en amont de Barcelonnette, à 1 330 mm. Les gradients pluviométriques calculés à partir du déficit d'écoulement seraient respectivement de 0,38 et 0,25.

Dans ces conditions, le calcul de la tranche d'eau moyenne reçue par les bassins et effectué à partir des données des divers postes conduit à une sous-estimation grossière des précipitations réelles et à des coefficients d'écoulement fortement exagérés. En fait, l'influence combinée du relief et de l'exposition ne permettent pas de pondérer les moyennes pluviométriques de manière correcte. Pour des séries portant sur de longues suites d'années, les erreurs sont probablement un peu atténuées du fait que l'exposition joue différemment suivant la direction du vent qui accompagne la pluie, ce qui permet une certaine compensation. Pour une crue brutale et de courte durée, caractérisée par une situation météorologique à peu près constante comme celle de la mi-juin 1957, le calcul d'une pluviométrie moyenne ne serait qu'un simple exercice statistique entièrement dénué de signification réelle.

Il faut donc alors recourir à une autre méthode et s'efforcer de formuler des hypothèses valables pour extrapoler la pluviosité réelle aux altitudes supérieures à celles des postes pluviométriques et dans les régions dont l'exposition est différente. Nous avons appliqué une méthode géographique, c'est-à-dire fondée sur la notion d'interaction entre les divers phénomènes entrant en jeu : situation météorologique et mouvement des masses d'air en altitude, caractéristiques de ces masses d'air, disposition du relief par rapport à leur déplacement et influence de l'exposition. Soulignons cependant qu'il ne saurait être question d'arriver à autre chose qu'à un ordre de grandeur valable.

Les mêmes critiques concernent également les relevés de températures, qui sont faits, en principe, dans tous les postes de la Météorologie nationale. Toutefois, pour la période considérée, à la suite d'une avarie, celui de Cervières n'a fourni aucune donnée. D'une manière générale, la variation des températures peut être plus aisément évaluée en altitude que celle de la pluviosité. En effet, les sondages quotidiens effectués par la Météorologie nationale à Embrun permettent de repérer la position de l'isotherme de 0° dont le rôle hydrologique est essentiel.

## 2° Documentation hydrologique.

L'étude hydrologique des bassins qui nous intéressent a été entreprise au début de ce siècle par le Service des Grandes Forces Hydrauliques qui y a établi un certain nombre de stations de jaugeage. De grandes difficultés sont apparues à l'expérience, tant pour recruter le personnel indispensable que pour choisir les emplacements des stations, du fait de l'irrégularité des lits et de celui de transports solides importants modifiant le profil jaugé. Aussi certains résultats sont-ils suspects et de nombreux déplacements de postes ont-ils eu lieu.

a) *La Cerveyrette*. — Des mesures ont eu lieu sur ce torrent à Briançon et ont été publiées dans les « Compte Rendus et Résultats des Travaux » du Service des Grandes Forces Hydrauliques, sous le timbre du Ministère de l'Agriculture, pour les années 1912 à 1917.

Pour cette courte période, le régime est analogue à celui du Guil. Il est caractérisé par une crue de printemps se produisant lorsque des pluies viennent accélérer la fonte des neiges et ruissellent sur un sol déjà détrempe par celle-ci. La date du maximum annuel varie du 21 mai au 22-24 juillet. Les crues dépassant la moyenne sont généralement concomitantes de celles du Guil.

TABLEAU II

*Comparaison de l'occurrence des crues  
du Guil et de la Cerveyrette.*

Cerveyrette			Guil		
Date	Débit maximum	Module	Date	Débit maximum	Stations
1912-21/5	8,8 m <sup>3</sup>	75	13-14/6	11 m <sup>3</sup>	Abriès
1913-2/6	10,6 m <sup>3</sup>	89,8	30/5-3/6	13,64 m <sup>3</sup>	»
1914-22-24/7	47 m <sup>3</sup>	398	26/5	10,16 m <sup>3</sup>	»
			30/6-3/7	12,88 m <sup>3</sup>	»
1915-27/5	18,5 m <sup>3</sup>	156,8	27/5-8/6	61 m <sup>3</sup>	Pont-la-Pierre
1916-12/6	20 m <sup>3</sup>	169,5	14/5	33 m <sup>3</sup>	»
			18/6	40,3 m <sup>3</sup>	»
1917-29/5	33,6 m <sup>3</sup>	248,7	30-31/5	60,4 m <sup>3</sup>	»
			10/6	54,9 m <sup>3</sup>	»

La corrélation est donc nette : une seule forte crue est propre à la Cerveyrette, celle de juillet 1914, due à des orages. Elle a d'ailleurs dépassé sensiblement les autres en importance, au cours d'une période où, il est vrai, les crues de fonte des neiges sont restées modestes. On retiendra donc de ces quelques données les caractéristiques suivantes pour le régime de la Cerveyrette :

— La prédominance des crues de fonte des neiges qui deviennent importantes lorsque des pluies fortes se produisent avec hausse de la température. C'est le même mécanisme que sur le Guil avec lequel ce torrent présente une similitude notoire.

— La possibilité de crues d'orage d'été importantes dans ce bassin entouré de hautes crêtes et en forte pente. Des différences appréciables avec le Guil apparaissent dans ce cas : la vallée de la Cerveyrette est en effet ouverte au NW et se trouve dans le prolongement de celle de la Guisane, ce qui permet à des masses d'air frais arrivant par le Lautaret de déclancher de temps à autre de violents orages qui n'affectent guère le Queyras.

— Les modules élevés atteints par les crues de la période étudiée, contrastant avec des modules moyens peu différents de ceux du Guil. A l'exception de 1917, les modules moyens annuels de la Cerveyrette restent compris entre 23,5 et 29,6 l/sec./km<sup>2</sup> contre 20,7 pour la période 1924-1943 pour le Guil à Pont-la-Pierre. Un module de 400 représente, pour le Guil, une très grande crue; il n'a probablement été dépassé qu'en 1856, 1920, 1948 et 1957.

L'insuffisance des données sur la Cerveyrette ne permet pas d'étudier statistiquement ces crues. Les mesures ont été abandonnées complètement bien avant la catastrophe de 1957, de sorte que nous ne pouvons raisonner que par analogie.

En conclusion, on peut cependant avancer que la Cerveyrette est caractérisée par un régime proche parent de celui du Guil, avec néanmoins des possibilités plus grandes de crues d'orage en été et une plus grande torrencialité exagérant les crues et permettant des modules considérables. Il y aurait lieu d'examiner, dans son bassin supérieur, les possibilités d'engazonnement ou de reboisement et de travaux de régularisation pour essayer d'atténuer ses crues.

b) *Le Guil*. — Le Guil a fait l'objet de louables efforts de la part du Service des Grandes Forces Hydrauliques, puis d'une monographie de P. Wyart. Comme l'Ubaye, il a été étudié, d'un point de vue d'ensemble, par Ch.-P. Péguy dans sa thèse. C'est celui des trois bassins qui est, de loin, le mieux connu.

Des stations y ont fonctionné en des sites variés pendant des périodes plus ou moins longues :

A Abriès, de 1904 à 1914 inclus. D'après P. Wyart, ses résultats seraient inutilisables.

A Villevieille, de 1904 à 1914. P. Wyart fait preuve de la même sévérité à l'égard de cette station dont les résultats ne seraient pas concordants avec ceux d'Abriès. Certes, des différences notables existent parfois entre les relevés, mais nous serons moins exigeant. L'hydrologie repose sur des évaluations qui sont souvent, à 30 ou 50 % près, comme les coefficients d'écoulement, calculées à partir de la tranche d'eau moyenne établie au moyen de relevés pluviométriques dont nous avons vu l'insuffisance.

A Pont-la-Pierre, la station a été installée en 1914 et a fonctionné depuis avec seulement quelques interruptions. D'après P. Wyart, qui en a étudié minutieusement les relevés, les observations sont de valeur très inégale. Certaines crues importantes sont passées inaperçues ou presque, comme celle du 24 septembre 1920 pendant laquelle le limnigraphe a été emporté. C'est cependant à partir de Pont-la-Pierre que le régime du Guil a été étudié, tant par P. Wyart que par Ch.-P. Péguy. Cette station nous offre en effet la plus longue série de mesures que l'on ait dans le bassin.

A Montdauphin, des mesures ont eu lieu de 1906 à 1915, mais ont été abandonnées du fait des remaniements incessants du lit, nuisant considérablement à la précision des évaluations de débits.

Sur les affluents, les seules observations qui aient été faites portent sur le Cristillan, où une station avait été établie à Ceillac dans des conditions telles que les mesures sont dénuées de valeur. Elles ont été complétées, en 1913 et 1914, à la Maison du Roy. Les données sont trop épisodiques pour que nous puissions nous faire une idée du régime de ce torrent. Ses crues ont atteint, chaque fois au printemps,  $6,8 \text{ m}^3$ , ce qui donne  $69,4 \text{ l/sec./km}^2$ , mais les crues ont été sensiblement inférieures à la normale dans tout le bassin du Guil, ces deux années-là. Aucune conclusion n'est donc possible.

Les données dont nous disposons au sujet du Guil peuvent se critiquer de la manière suivante :

— Nous possédons à Pont-la-Pierre une série suffisamment longue pour connaître le régime du cours d'eau. Malheureusement, ces mesures sont souvent entachées d'une erreur assez importante qui exclut le calcul de débits probables de valeur élevée : la station n'a fonctionné ni en 1920, ni en 1948. Des corrections sont nécessaires, comme l'a montré minutieusement P. Wyart. Nous pouvons donc étudier le régime du Guil, mais il serait téméraire de se livrer à des calculs précis sur le déroulement des fortes crues et, à plus forte raison, de se lancer dans des calculs de probabilité sur les crues exceptionnelles.

— Les données sur le bassin du Guil sont par ailleurs déficientes du point de vue géographique. Les mesures de Pont-la-Pierre laissent à l'écart deux affluents importants, le Chagne et le Cris-tillan dont le régime, du fait de leur position, peut présenter certaines différences avec celui du haut Guil. Par ailleurs, le bassin-versant de Pont-la-Pierre est hétérogène. Nous montrerons que le déroulement de la crue de la mi-juin 1957 a été sensiblement différent sur le Guil en amont de Villevieille et sur l'Aigue. Les pluviosités de St-Véran et d'Abriès sont inégales pendant cette période. Il est donc très difficile de conjecturer les débits du Guil à son confluent.

Dans une certaine mesure, on peut pallier cette difficulté en comparant les stations de la Durance situées en amont (Argentière) et en aval du confluent du Guil (St-Clément). En effet, le cours d'eau principal reçoit peu d'autres affluents sur ce parcours : quatre torrents médiocres sur la rive gauche, deux sur la rive droite et la Biaysse. Celle-ci, en 1911-14 a débité, en moyenne,  $4,5 \text{ m}^3/\text{sec.}$ , mais avec un régime nettement glaciaire. Au printemps, la différence de débit de la Durance à St-Clément et à l'Argentière est due essentiellement au Guil, environ pour les  $3/4$ .

De quelles données disposons-nous, pour le bassin du Guil, au sujet de la crue de la mi-juin 1957 ?

Malheureusement, les données sont très déficientes. Le Guil a emporté toute la station de Pont-la-Pierre sans que même des évaluations de la hauteur d'eau aient pu avoir lieu. *On ne peut donc faire en ce point aucune estimation valable des débits mis en jeu.*

Il reste le recours à une méthode indirecte : la comparaison des débits de la Durance à l'Argentière et à St-Clément. Comme nous le verrons, la vallée même de la Durance et les flancs du Pelvoux qui, outre le Guil, renforcent l'écoulement de la rivière principale dans ce secteur, n'ont pas été affectés par les pluies exceptionnelles de la mi-juin. La Biaysse n'a subi qu'une petite crue banale, sans gravité. De la sorte, l'accroissement de débit de la Durance entre l'Argentière et St-Clément est essentiellement le fait du Guil. La part de cet affluent a certainement dépassé les  $3/4$  de la différence. Malheureusement, les évaluations de débit des stations de la Durance sont déficientes. D'après E. D. F., à l'Argentière, le débit moyen journalier aurait atteint un maximum de  $105 \text{ m}^3/\text{sec.}$  Si l'on tient compte de ce que la moitié du bassin versant de la haute Durance a subi une crue catastrophique, puisque seule la Clairée a connu une crue non dévastatrice, ce chiffre semble insuffisant. A Briançon, le débit *moyen* de juin, pour la période 1932-41 est, en effet, de  $49,1 \text{ m}^3$ . Il faut admettre au moins 300 ou 400  $\text{m}^3$  pour la

pointe de crue. Pour St-Clément, E. D. F. indique une pointe de crue de 1 620 m<sup>3</sup>, mais la station a été endommagée et d'importants bancs d'alluvions se sont déplacés pendant la crue en travers du profil de jaugeage. Il ne s'agit donc que d'une évaluation, très grossière nécessairement, d'un simple ordre de grandeur.

Le débit du Guil, lors de la crue de la mi-juin 1957, reste donc hautement conjectural. On ne peut fixer qu'un ordre de grandeur d'environ 1 000 m<sup>3</sup> à Guillestre, lors de la pointe. Mais, comme nous le verrons, les modalités mêmes de l'écoulement donnent à cette valeur un caractère artificiel.

c) *L'Ubaye*. — Les mesures ont été entreprises, dès 1904, sur l'Ubaye dont le régime a été étudié avec beaucoup de soin par Ch.-P. Péguy dans sa thèse. Dans l'ensemble, cependant, les données sont moins nombreuses que celles qui concernent le Guil. Aucune monographie du genre de celle de P. Wyart n'a été tentée à son sujet.

Les stations de mesures installées dans le bassin de l'Ubaye sont les suivantes :

— Barcelonnette, qui a fonctionné sans interruption de 1904 à l'heure actuelle et qui fournit ainsi des séries d'une exceptionnelle valeur. Malheureusement, toute une partie du bassin, dont le Bachelard, affluent important, lui échappe. Le problème se pose dans des termes comparables à ceux de Pont-la-Pierre sur le Guil. Le Bachelard et les torrents affluents de rive gauche situés en aval doivent présenter, du fait de leur position géographique, des différences sensibles de régime avec la haute vallée et nous avons tout lieu de penser, comme nous le montrerons plus loin, que le phénomène a joué au cours de la crue de la mi-juin 1957.

— La Bréole, au confluent dans la Durance, en un point bien choisi. Malheureusement, les mesures se limitent à une courte période, 1913-1917, et semblent entachées d'erreurs par les migrations de bancs alluviaux. La comparaison avec Barcelonnette semblerait indiquer un renforcement notoire de certaines crues entre les deux stations.

— Le Lauzet n'a fonctionné qu'en 1912 et 1913.

— La Condamine a été utilisée par Ch.-P. Péguy pour les années de 1912 à 1914.

Sur les affluents, enfin, on ne dispose que de la station d'Uvernet, sur le Bachelard, dont les relevés n'ont pas été intégralement publiés, étant considérés comme douteux. Elle n'a fonctionné qu'entre 1904 et 1911. Le maximum enregistré n'a été que de 12 m<sup>3</sup> en 1909.

Le régime de l'Ubaye à Barcelonnette est donc bien connu. Ch.-P. Péguy en a donné une excellente analyse, qui fait ressortir la très forte prédominance des hautes eaux de printemps, dues à la fonte des neiges, avec des crues lorsqu'une pluie tiède et abondante vient renforcer ce mécanisme. Mais il s'y ajoute des crues orageuses d'été plus fréquentes que sur le Guil et, surtout, des crues d'automne déclanchées par les averses « méditerranéennes » qui provoquent des catastrophes dans les Cévennes.

Au moment de la crue de la mi-juin 1957, seule la station de Barcelonnette était en service. Malheureusement, elle n'a pas fonctionné de manière satisfaisante, le limnigraphe s'étant bloqué. On dispose cependant d'évaluations faites par E. D. F. d'après la cote maxima de la crue et la section de débordement. Elles aboutissent à 480 m<sup>3</sup>, soit un module de 870 l/sec./km<sup>2</sup>. Ce chiffre, cependant, peut être critiqué : l'Ubaye est, en effet, entièrement endiguée au droit de Barcelonnette et l'écoulement de la crue s'est trouvé ralenti de ce fait. Il est donc vraisemblablement un peu faible, sans qu'on puisse tenter avec quelque succès de lui en substituer un autre qui soit meilleur.

La comparaison des débits de pointe enregistrés sur la Durance à St-Clément, en amont du confluent, et à Serre-Ponçon, en aval, révèle, pour le moins, des erreurs égales. Nous avons vu les critiques que l'on peut faire aux évaluations de St-Clément. A Serre-Ponçon, c'est encore bien pire : les eaux ont été retenues par le batardeau et les conditions d'écoulement complètement modifiées, ce qui donne une sous-estimation grave de la crue, surtout de son débit de pointe.

En conclusion, les données hydrologiques concernant la crue sont donc des plus médiocres, voire franchement insuffisantes. Elles permettent tout au plus de *conjecturer un ordre de grandeur*, ce qui interdit pratiquement tout calcul statistique.

## B) Les témoignages sur la crue et ses suites.

Pour essayer de comprendre ce qui s'est passé, nous devons donc recourir largement aux divers témoignages, principalement à ceux des personnalités qui ont été dépêchées immédiatement sur place pour se rendre compte de l'ampleur de la catastrophe. Il est certes dommage que nous n'ayons pu les accompagner. Bien des observations précieuses auraient pu être rassemblées alors, dont l'utilité primordiale se révélerait lorsqu'il sera question de reconstruire les vallées dévastées.

### 1° Le déroulement de la crue.

Les témoignages dont nous disposons sur le déroulement de la crue sont malheureusement rares. Les personnalités qui ont visité les vallées ont été amenées, de par leurs fonctions, à enquêter sur les dégâts plus que sur leurs causes. Ce n'est qu'ensuite, lorsqu'il s'agit de reconstruire, qu'on s'interroge sur celles-ci. Il est alors généralement trop tard pour mener une enquête, surtout de loin. Une opinion collective s'est déjà formée sur le phénomène et les témoignages individuels n'en sont que le reflet. C'est dans ce cas qu'il serait bon de prévoir, en d'autres occasions, une enquête immédiate sur place de spécialistes de la recherche.

Sur les circonstances précédant immédiatement la crue, nous avons recueilli quelques notes brèves dans les réponses des chefs de postes auxiliaires envoyées à M. J. Wagner, Ingénieur de la Météorologie nationale à Embrun. Elles ne concernent que le département des Hautes-Alpes. Quelques indications sommaires nous ont été fournies, pour l'Ubaye, par son collègue de St-Auban, M. Alzieu.

Les trop rares témoignages dont nous disposons concordent cependant tous : le 12 juin, les torrents étaient tous en crue modérée. Par exemple, le Guil à Pont-la-Pierre était à la cote 0,50. La situation catastrophique a commencé avec l'accroissement de la pluviosité le 13. A Château-Queyras, le Guil a amorcé une montée rapide à partir de 13 heures; à Abriès, il déborde dans l'après-midi. A St-Véran, l'Aigue-Blanche a déjà commencé d'emporter les ponts le 12, charrié de grandes quantités d'alluvions le 13 et, dans la nuit du 13 au 14, les débordements généralisés ont atteint leur ampleur maxima. A Guillestre, le Rif Bel, le Cristillan et le Chagne sont signalés comme étant en crue en même temps que le Guil, dans la journée du 13. A Ceillac, le Cristillan avait déjà été en crue le 9, puis avait baissé avant d'atteindre son niveau record, le 13. A Vars, le Chagnon commence de grossir dangereusement dans la soirée du 12, et continue dans la nuit, puis dans la journée du 13. Il déborde, comme le Chagne, dans la nuit du 13 au 14. Les eaux ne baissent que le 15 au matin sur le Chagne, et dans la journée du 15 sur le Chagnon, qui a causé les principaux dégâts. Au Mélézet-les-Orres, les torrents de la Vachère et de l'Eyssalettes ont été en crue du 13 vers 18 heures, au 14 vers 8 heures du matin.

De ces témoignages, il y a lieu de retenir les conclusions suivantes sur la marche de la crue en Queyras :

— La crue a été bénigne, courte et ne dépassant pas la normale, aux abords immédiats de la vallée de la Durance, tant sur les affluents de rive droite que sur les petits torrents confluent sur la



rive gauche entre le Guil et l'Ubaye. Elle n'a été grave qu'à partir de la vallée du Chagne, c'est-à-dire là où les communications par-dessus les cols avec la plaine du Pô sont les plus aisées. Cette précision régionale confirme la répartition plus générale des crues catastrophiques de la mi-juin 1957 dans l'ensemble des Alpes.

— La crue s'est amorcée plus tôt dans certaines vallées affluentes du Guil, comme celle de l'Aigue-Blanche, qui avait déjà causé de grands dégâts le 12. Ce fait est à rapprocher du caractère plus précoce des très fortes averses à St-Véran : le 12 avait déjà reçu 16,5 mm. Cependant, Abriès, plus arrosé encore, n'a été atteint par la crue que le 13 dans l'après-midi, avec 24 heures de retard. Il est probable que ce décalage résulte d'un effet de foehn ayant fondu plus rapidement la neige à St-Véran, ce village étant plus soumis à ce mécanisme qu'Abriès, ce qui a permis à l'habitat d'atteindre une altitude exceptionnelle. Inversement, un léger retard dans la crue s'observe pour le Chagne.

— La crue s'est formée très rapidement dans tout le haut Queyras, qu'elle a affecté simultanément, de sorte qu'il y a eu addition des ondes de crue locales et des ondes provenant de l'amont, ce qui a, naturellement, contribué à donner des débits énormes et catastrophiques. Par exemple, la crue commence un peu plus tôt à Château-Queyras qu'à Abriès, pourtant plus pluvieux. Il semble que ce léger retard soit dû à une faible rétention de la pluie par la neige au début des averses. Elle n'a fait que renforcer la pointe de crue, qui a eu lieu dans la nuit du 13 au 14.

— Le débit est resté très soutenu partout le 14, alors que la pluviosité enregistrée dans les divers postes avait considérablement déchu. Il n'est guère possible d'expliquer ce fait par un phénomène de rétention des sols, ceux-ci ayant été saturés dès le 12 juin. Comme nous le verrons plus loin, il faut tenir compte des phénomènes qui se sont passés en altitude et qui diffèrent sensiblement de ceux qui ont été observés dans les vallées.

Le caractère catastrophique de la crue du Guil est dû à la simultanéité de très fortes crues sur tout le bassin versant en amont de Guillestre, alors que les abords de la Durance n'ont subi que des crues banales. La pointe de crue a duré deux jours : le 13 et le 14 juin, alors que les pluies catastrophiques s'arrêtent le 14 au matin. Or, le bassin est parcouru par l'onde de crue en moins de 15 heures. Un phénomène dont la nature reste à déterminer a donc provoqué un relatif étalement de la crue.

Examinons maintenant les témoignages sur les manifestations météorologiques au cours de la crue.

Plusieurs observateurs parlent d'orage. A Pallons-Freyssinières, par exemple, on nous indique que la station était située sur le bord de l'orage affectant la région située plus à l'Est, qui a effectivement reçu des précipitations bien supérieures. Cette situation orageuse a atteint son intensité maxima aux abords de la frontière, dans les hautes vallées atteintes aisément par de grandes masses d'air humide et chaud provenant de la plaine du Pô, tandis que sur les Alpes, au niveau du sol, une masse d'air polaire, venant du Nord, s'insinuait le long des vallées.

Les pluies ont été accompagnées partout de vent chaud, parfois fort, comme au Lautaret, qui venait, suivant les points, du S ou du SE. De la sorte, il faut s'attendre à une très forte influence de l'exposition sur la pluviosité, les versants ou les fonds de vallées fermées regardant le S ou le SE subissant des précipitations maxima.

Lors du déclanchement des fortes averses, la couverture neigeuse, de la Tinée à la Maurienne, descendait à 2 000-2 300 m, suivant les expositions. Les divers témoignages, sur ce point, sont remarquablement concordants. La fonte des neiges a eu un rôle non négligeable dans la genèse de la crue. Au Lautaret, le chef de poste indique qu'elle a fondu rapidement dès le 13. A St-Véran, son collègue nous décrit une fonte des neiges « précipitée » à partir du 12, surtout sur les versants exposés au S. Lors des averses diluviennes du 13, et surtout dans la nuit du 13 au 14, un « ruissellement d'eaux sauvages intense affectant l'allure d'une nappe », s'est produit sur la neige en train de fondre. Trop abondant et trop généralisé, il s'est fait à même les versants, hors du lit des torrents et a causé de grands dégâts. Rappelons que St-Véran est situé à 2 040 m d'altitude, sensiblement plus haut que les autres postes. A Fours, en Ubaye, au pied du col de la Cayolle, l'observateur du poste signale « qu'à l'arrivée des grandes pluies de la semaine du 9 au 16 juin, l'enneigement des montagnes environnantes était assez important et la limite des neiges pouvait se situer à environ 2 000 m d'altitude. L'épaisseur était certainement moindre que celle des années précédentes, mais sa disparition assez tardive à cause du printemps assez froid. » Ces phénomènes ont donc joué intensément un peu au-dessus de 2 000 m, alors qu'ils pouvaient épargner les tranches d'altitude situées plus bas, et, de la sorte, passer inaperçus des autres observateurs, ce qui expliquerait le rôle assez médiocre accordé à la fonte des neiges par les spécialistes d'E. D. F., qui ont étudié, il est vrai, surtout la Maurienne et la Tarentaise.

Retenons donc de ces témoignages :

— L'allure orageuse des précipitations, qui explique leur exceptionnelle intensité.

— Un fort vent du S ou du SE, qui a certainement donné à l'exposition un très grand rôle dans la localisation des chutes de pluies.

— Une fusion rapide de la couverture neigeuse au début des averses diluviennes du 13 et des phénomènes d'écoulement en nappe violents à la surface de la neige en cours de fusion.

Par là, la crue de la mi-juin 1957 s'insère dans le régime du Guil, de l'Ubaye et de la Cerveyrette, comme une crue de printemps typique, correspondant parfaitement au régime de ces cours d'eau et dont le caractère catastrophique résulte seulement d'une intensité exceptionnelle.

## 2° Les dégâts.

L'étude des modifications intervenues dans le modelé des bassins à la suite de la crue faisant l'objet de la seconde partie de ce rapport, nous nous limiterons ici à citer des témoignages en vue de nous faire une opinion sur la manière dont les dégâts ont été provoqués.

Les documents essentiels, à ce sujet, sont les rapports de M. Rogie, Ingénieur des Eaux et Forêts à Gap, de MM. les Inspecteurs généraux du Génie rural Lyon et Quesnel et de M. Darves-Bornoz, Ingénieur de la Section Technique Hydraulique du Génie rural. Pour le Queyras, un contrôle a été effectué au moyen de l'exploitation systématique des photographies aériennes prises immédiatement après la catastrophe.

D'une manière générale, ces photographies montrent des dégâts négligeables au-dessus de 2 300 m environ. Dans toute la haute montagne, la crue n'a pratiquement pas eu d'action géomorphologique. Par endroits seulement, s'observent des traces d'avalanches au pied de parois rocheuses, mais elles sont arrivées à bout de course bien au-dessus des lieux habités, vers 2 000-2 200 m. La stabilité de la haute montagne ne peut s'expliquer que par la protection d'une couverture neigeuse sur laquelle les averses ont ruisselé et, plus haut, par des précipitations uniquement solides.

L'étage le plus touché est celui de 1 800 à 2 200 ou 2 300 m. Quelle que soit la couverture végétale, on y observe les traces d'une action morphogénétique intense :

— A la partie supérieure, des rainures d'avalanches qui ont incisé les versants, et qui s'accompagnent de levées caractéristiques à leur extrémité inférieure. Certaines d'entre elles ont donné nais-

sance, pendant la crue, à un écoulement torrentiel, ce qui contribue à faire penser que le rôle de la neige dans la formation des débits n'a pas été négligeable.

— Immédiatement en dessous, s'observent, dans les pâtures et alpages, de très nombreux décollements localisés, en coup de cuiller. Ils sont particulièrement nombreux entre 2 000 et 2 200 m et affectent des terrains variés, mais plus particulièrement les schistes lustrés. Ils correspondent à l'étage situé immédiatement en dessous de la couverture neigeuse lors des averses du 13 et où l'eau de pluie, renforcée par celle de fonte des neiges, s'est infiltrée partiellement dans le sol qui a été complètement gorgé. Bloquée par le substratum imperméable, la quantité d'eau a été telle que la limite de liquidité a été atteinte dans la couche inférieure des sols argileux, au contact de la roche en place. Ces décollements ont généralement une dizaine de mètres de diamètre et alimentent de petites coulées qui s'étalent parfois vers l'aval en plusieurs langues se perdant sur l'herbe après 100 ou 200 m. D'autres fois, elles aboutissent à des torrents.

— Au même niveau, les torrents ont également fait preuve d'une très grande activité. Ils ont incisé vigoureusement le fond de leurs vallées, donnant au pied des versants une allure croulante et ravinée. L'entaille commence brusquement à l'amont, vers 2 500-2 300 m, un peu plus haut que les décollements, et elle atteint souvent une dizaine de mètres. De grandes masses d'alluvions ont été ainsi mises en marche, que l'on retrouve sur les fonds de vallées en pente un peu plus douce, qui ont été souvent ennoyés sous les bancs de galets montrant la trace d'un régime d'écoulement par chenaux anastomosés.

Aux étages plus bas, les dégâts se localisent essentiellement :

— Sur certaines terres cultivées où l'on observe des ravine-ments, des glissements et où il y eut aussi, probablement, des phénomènes d'ablation en nappe.

— Dans les fonds de vallées où de très importantes masses d'alluvions ont été mises en marche. Le matériel demi-fixé des plaines caillouteuses a souvent été repris par les courants violents puis, partout où la pente était relativement faible, recouvert ensuite de grandes quantités de matériel frais.

Comme l'ont fort bien noté les Inspecteurs généraux, la plupart des cônes de déjections stabilisés, et, dans bien des cas, habités et cultivés, ont été recouverts, totalement ou partiellement, d'apports nouveaux. De très grandes quantités d'alluvions provenant des altitudes de 1 500 à 2 300 m ont été étalées à leur surface et ont recouvert, dans certaines régions, prairies et cultures, voire envahi des hameaux et villages. Cependant, ces conditions sont très variables

d'un point à un autre, suivant ce qui s'est passé sur les versants. Autour d'Abriès, par exemple, les engravements sont faibles sur les cônes et les torrents se sont plutôt livrés à une entaille. En Ubaye, le témoignage de M. Alzieu est également formel : les affluents de la haute vallée ont été en crue avant le cours d'eau principal et ont apporté dans son lit de grandes quantités d'alluvions. En face des cônes de déjection, l'Ubaye a été repoussée et a sapé la rive opposée. De la sorte, sa propre crue, survenue le lendemain, s'est écoulée dans un lit partiellement obstrué, ce qui a provoqué des mises en charge locales et une aggravation des ondes de crue avec débordements violents et effets de chasse d'eau détruisant les voies de communication, les maisons, les terrains de culture. Le principal barrage s'est produit aux Gleizolles, au confluent de l'Ubayette.

De toutes manières, des nappes d'alluvions importantes ont été abandonnées dans les fonds de vallées qu'elles ont souvent recouverts sur presque toute leur surface. Ces remblaiements sont particulièrement développés en amont de la gorge du Guil et ont été accentués localement du fait de circonstances diverses. Ici, ce sont des cônes de déjections affluents qui ont empiété sur la vallée principale et entravé l'évacuation des débris vers l'aval. Là, deux cônes affluents situés presque en face l'un de l'autre ont barré le cours d'eau. Ailleurs, des rétrécissements se sont engorgés sous les apports massifs.

D'autres circonstances fortuites, dont l'homme est partiellement responsable, ont joué également. Aucun des ponts du Guil n'a été suffisant pour permettre l'évacuation des alluvions qui ont fait des embâcles en arrière des ouvrages jusqu'à ce qu'ils soient emportés. Par ailleurs, l'affouillement intense des torrents, même sous couvert forestier, le sapement des berges dû aux divagations des eaux sur des nappes de débris, ont provoqué l'arrachage de nombreux arbres que les cours d'eau ont charriés. Ils ont contribué, d'après les rapports dont nous avons eu communication, à obstruer les ponts et à former des embâcles locales avec les gros blocs ou, par endroits, avec des éboulements anciens encombrant le lit. L'énorme engravement entre Château-Queyras et Villevieille s'est effectué contre le vieux pont de Château-Queyras qui n'a malheureusement pas cédé.

Tous ces barrages, naturels comme les apports latéraux des torrents affluents, ou artificiels comme les embâcles derrière les ponts, ont contribué, comme l'a fort bien montré le rapport des Inspecteurs généraux, à créer des mises en charge locales, parfois importantes, donnant à l'écoulement de crue un rythme saccadé. Lorsque les obstacles ont cédé, des débâcles se sont produites lors desquelles le débit a pu atteindre des maxima momentanés bien

supérieurs au débit maximum moyen de la crue, pendant des durées courtes certes, mais qui n'en ont pas moins permis des actions intenses, plus ou moins catastrophiques.

Ces transports brutaux ont revêtu souvent une allure en vrac. Les accumulations réalisées lors de la crue sont de granulométrie très variable, allant de la boue à des blocs de plusieurs mètres cubes. Peut-être, à certains moments, la concentration en éléments fins a-t-elle été suffisante pour que l'écoulement prenne un peu l'allure d'une lave. Ce fut le cas à Jausiers (Ubaye).

Dans la gorge du Guil, l'énorme masse d'eau réunie dans le haut Queyras s'est engouffrée avec une violence particulière. La faible largeur du lit a permis au cours d'eau d'atteindre des cotes très hautes : du 12 au 13 juin, à Pont-la-Pierre, il est monté de 9 m<sup>2</sup>. L'écoulement, intense et rapide, a sapé vigoureusement les parois qui l'enserraient, déclanchant des éboulements et des glissements qui ont contribué à couper la route nationale 202. Il semble, d'après divers témoignages, que, dans ce secteur en forte pente, ce soit l'entaille qui ait prédominé, alors qu'en amont ce sont, au contraire, les remblaiements qui l'emportent.

En conclusion, divers phénomènes géomorphologiques ont contribué à renforcer les dégâts occasionnés par la crue :

— La disparition de la couverture neigeuse entre 2 000 et 2 500 m environ au cours des averses du 13 a favorisé les ravinelements et les glissements en altitude, de sorte que les torrents affluents ont disposé d'une très forte charge solide qui a envahi les vallées principales partout où leur pente était modérée. Seule la gorge du Guil, trop étroite et trop inclinée, a échappé à cet alluvionnement généralisé. Par contre, de nombreux cônes de déjections ont été recouverts partiellement de débris qui ont détruit maisons, prés, cultures.

— Dans la vallée du Guil, des embâcles locales se sont formées soit derrière des cônes de déjections de torrents particulièrement actifs, soit derrière des étranglements, soit derrière des ponts. Le transport de nombreux troncs de mélèzes, arrachés par les eaux, et de gros blocs ont favorisé ce processus. Il en est résulté des mises en charge locales qui, lorsque le barrage a cédé, ont provoqué des

---

<sup>2</sup> Cependant, il serait téméraire de vouloir tirer de cette observation des indications quant au débit : nous avons pu constater, en effet, qu'une embâcle s'était formée immédiatement en aval, derrière de gros blocs éboulés du versant.

débâcles qui ont elles-mêmes remanié de grandes masses d'alluvions, exerçant une entaille à l'amont, au pied du barrage, puis accumulant à l'aval. Ces débâcles sont à l'origine de nombreux sapements latéraux qui ont coupé la route nationale 202.

D'une manière générale, l'examen des témoignages et documents relatifs à la crue amène à penser que les effets de résonance ont joué un rôle primordial et sont en partie responsables de ses conséquences catastrophiques. Il sera naturellement nécessaire de déterminer leur importance exacte sur le terrain et de préciser leur mécanisme. Si notre conception est juste, il serait possible de limiter sensiblement les dégâts d'autres crues d'intensité comparable en empêchant le déclenchement de semblables phénomènes de résonance grâce à des mesures adéquates de correction de torrents, de défense des terrains et des rives et grâce à une reconstruction plus soigneusement adaptée des routes, des ouvrages d'art et des agglomérations.

## CHAPITRE II

### LA GENESE DE LA CRUE DE LA MI-JUIN 1957

Nous devons maintenant analyser les mécanismes qui ont abouti à engendrer la crue de la mi-juin 1957. Tâche singulièrement difficile puisque son ampleur même a occasionné la destruction des stations de jaugeage ou en a endommagé le matériel et interrompu les lectures hydrologiques. De plus, comme nous l'avons vu, la distribution des postes météorologiques dans les bassins ne permet pas de connaître ce qui s'est passé dans les régions les plus intéressantes et qui ont contribué de manière décisive à la genèse de la crue.

Devant tant d'incertitudes et d'inconnues, il ne saurait être question d'utiliser une méthode d'approche statistique et mathématique. C'est pourquoi nous avons été amené à élaborer une méthode géographique d'analyse, qui part des phénomènes météorologiques pour aboutir à leurs conséquences hydrologiques en mettant l'accent sur l'interaction des facteurs et l'influence du milieu, notamment de l'exposition et de l'altitude.

Ce chapitre sera donc divisé en deux parties fort inégales. Dans la première, nous analyserons les circonstances météorologiques qui sont à l'origine de la crue et qui nous permettront de conjecturer les modifications progressives des caractéristiques des masses d'air et les événements météorologiques qui en ont résulté à l'écart des points d'observation. Dans la seconde, nous nous efforcerons de reconstituer les conditions mêmes de genèse de la crue.

#### A) Circonstances météorologiques du déclenchement de la crue de juin 1957.

Le printemps de 1957 a été caractérisé par une circulation cyclonale vigoureuse; génératrice d'un temps instable qui est à l'origine de la crue catastrophique.



### METEOROLOGIE. LEGENDE :

- Isobares: ———
- Anticyclone: **A**
- Dépression: **D**
- Pressions en mbs: ex: 1025
- Températures: ex: 16°
- SEPARATION DES MASSES D'AIR:
  - Front chaud en surface:
  - en altitude:
  - Front froid en surface:
  - en altitude:
  - Occlusion:
- Sens de la marche des phénomènes:
- SYSTEMES NUAGEUX:
  - Délimitations:
  - Zone antérieure ou latérale:
  - Zone centrale:
  - Zone postérieure ou instabilité:
  - Ciel orageux:

MILLER JEAN CLAUDE

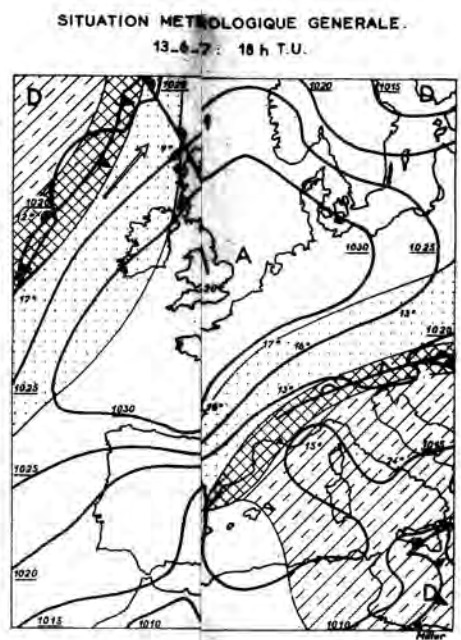
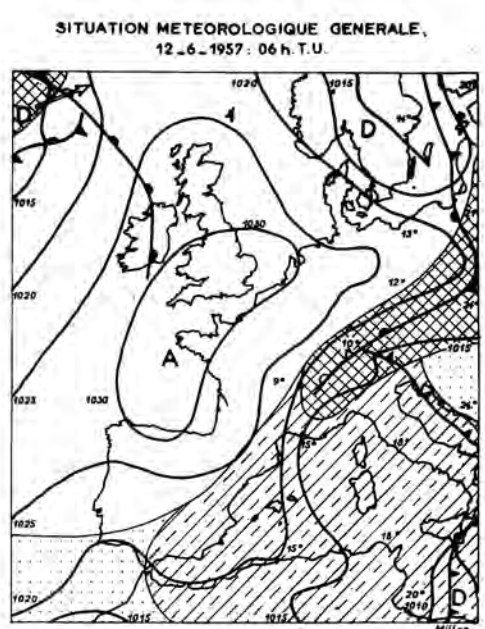
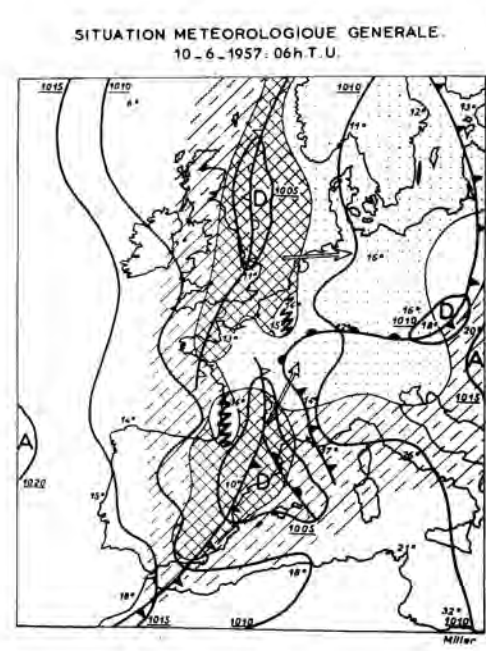
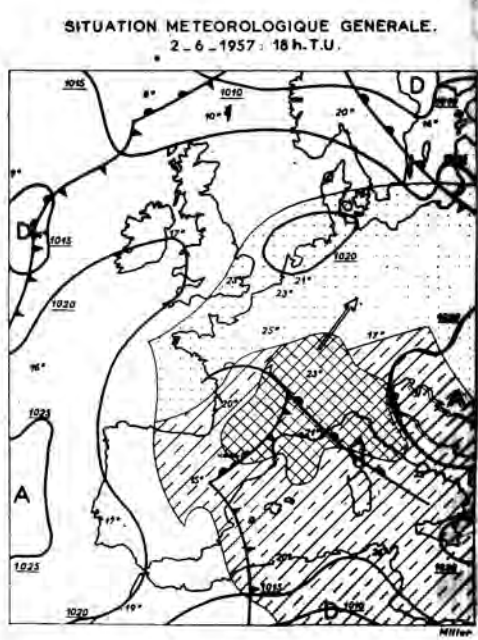


FIG. 1. - ÉVOLUTION DE LA SITUATION BAROMÉTRIQUE D 2 AU 13 JUN 1957.



## 1° Evolution de la situation générale.

Lors de la première quinzaine de juin, on note une position très septentrionale de l'anticyclone des Açores, entre 50 et 55° latitude N et une instabilité des masses d'air, surtout en altitude. L'anticyclone des Açores forme un écran, plus ou moins continu suivant les périodes, entre l'air polaire froid recouvrant la Scandinavie et l'air subtropical chaud qui constitue une zone de basses pressions sur la Méditerranée, de la Péninsule Ibérique à la Libye.

Il a suffi, dans ces conditions, d'un affaiblissement momentané de l'écran de hautes pressions formé par une apophyse de l'anticyclone des Açores pour permettre de violents échanges de masses d'air entre la Scandinavie et la Méditerranée occidentale. De courtes périodes orageuses et pluvieuses ont alterné avec des temps chauds jusqu'au déclenchement de la crue.

D'après les documents fournis par la Météorologie nationale et, plus particulièrement, d'après le rapport de M. J. Wagner, Chef de la station d'Embrun, l'évolution des masses d'air a été la suivante (voir figures) :

— Au début de juin, l'anticyclone des Açores occupe la Grande-Bretagne et l'Europe centrale, envoyant une apophyse sur le Nord des Balkans. Une dépression est centrée sur la Péninsule Ibérique. Les Alpes subissent une venue d'air méditerranéen médiocrement pluvieux avec temps orageux et vents du SW qui déclenchent une première période de précipitations les 2 et 3 juin sur l'ensemble des bassins. Les températures sont élevées.

— A partir du 3 juin, l'anticyclone se désagrège partiellement par l'Ouest. Dès le 3 et le 4, un col froid s'ouvre sur l'Allemagne occidentale et les Pays-Bas : les pluies cessent. Cet air froid n'atteint pas les Alpes où les températures restent élevées. Le 4 et le 5, l'anticyclone s'éloigne vers l'Est et cesse d'intéresser la Grande-Bretagne. Une perturbation se forme sur la Scandinavie, ce qui permet l'installation d'un courant d'Ouest perturbé sur la France jusqu'au 7 juin. Le Queyras et l'Ubaye, de par le relief, ne sont pas affectés par lui et le temps y est chaud et sec. Des pluies ne se produisent le 5 juin que sur la Guisane, à Névache et au Lautaret, en partie sous forme orageuse.

— A partir du 9 juin, une dépression profonde se creuse sur la rive orientale de l'océan Atlantique, formant deux centres principaux, l'un sur l'Ecosse et le Sud de la Scandinavie, l'autre sur la Péninsule Ibérique, séparés par une dorsale de hautes pressions se raccordant à la masse d'air anticyclonale d'Europe centrale. Le courant perturbé d'Ouest est progressivement bloqué. Une pluie

orageuse s'observe dès le 7 juin à Château-Queyras, tandis que les pluies de SW se généralisent le 8, devenant plus faibles et plus localisées le 9.

— Au moment même où la dépression se creuse, une extension des masses d'air anticyclonales se produit. Celle d'Europe centrale s'étend vers le NW du 10 au 11, s'appuyant sur les Alpes suisses, tandis que l'anticyclone des Açores aborde les Iles Britanniques. Un couloir perturbé persiste entre elles, centré sur la France. Les Alpes sont au contact de deux masses d'air différentes, ce qui provoque une reprise des pluies sur les deux bassins le 10 et le 11.

— A partir du 11, le rapprochement de l'anticyclone d'Europe centrale et de celui des Açores provoque l'occlusion progressive de la dépression cyclonale intéressant notre région. Cette évolution commence dès le 11 et le 12 juin par une arrivée d'air froid en Méditerranée occidentale qui, progressant à la surface du sol, glisse sous l'air tiède et humide, soumis ainsi à une ascendance forcée. La pluviosité, générale, s'accroît, surtout à Abriès. Le 13 et le 14, l'occlusion est achevée. On a alors un résidu de dépression cyclonale centré sur la haute Durance, la Tarentaise et la Maurienne, dont le mouvement ascendant s'accélère, et qui est alimenté en air chaud et humide provenant de la Méditerranée par la plaine du Pô. C'est alors que se produisent les chutes de pluies catastrophiques. Les précipitations passent par leur maximum le 13, puis décroissent légèrement le 14 avec une alimentation plus difficile de l'occlusion.

## 2° Incidence régionale.

Efforçons-nous maintenant de dégager ce qui, dans ces circonstances météorologiques, a contribué à déclancher la catastrophe.

Un premier fait, tout d'abord, apparaît nettement : ces circonstances météorologiques n'ont rien, en elles-mêmes, d'exceptionnel. Elles constituent la source d'un type de temps qui se produit assez fréquemment au printemps sous l'effet d'une position septentrionale de l'anticyclone des Açores et de l'établissement momentané d'un lit de dépressions sur la Méditerranée.

C'est donc un concours de circonstances locales qui a provoqué des pluies particulièrement abondantes : l'occlusion d'une dépression cyclonale juste sur la partie axiale des Alpes françaises, là où, à la fois, l'alimentation en air chaud et humide provenant de la plaine du Pô présente le maximum de facilité et là où le relief vient exagérer les effets de l'ascendance des masses d'air. C'est ce qui explique la répartition des précipitations. Les totaux les plus élevés de la période ont tous été recueillis, de la Tinée à l'Isère, aux

abords immédiats de la frontière et tout particulièrement dans des stations situées, comme Abriès, dans une haute vallée débouchant en còl sur le versant italien entre des massifs élevés, c'est-à-dire là où, conjointement, l'arrivée d'air de la plaine du Pò s'effectuait dans les meilleures conditions et où l'ascendance libre due à la situation météorologique régionale se trouvait renforcée localement par l'effet d'ascendance forcée le long d'un front montagnaux particulièrement abrupt. Normalement, l'air aurait dû redescendre sur le versant français et un effet de fœhn, défavorable aux précipitations, s'amorcer. Il n'en fut rien car l'air arrivant de la plaine du Pò a été bloqué par un effet de front qui a maintenu une ascendance sur toutes les hautes vallées. Par contre, aux abords de la Durance, la protection des masses d'air froid de ce front s'est exercée, ce qui s'est traduit par une brusque diminution de la pluviosité.

Ainsi s'expliquent à la fois les très fortes précipitations des hautes vallées de l'Ubaye, du Guil et de la Cerveyrette, et la pluviosité banale des bassins des affluents de rive droite de la Durance.

Les difficultés de classification des types de temps ne permettent malheureusement pas l'étude statistique du problème. Cependant, on peut penser que ce concours de circonstances locales catastrophiques étant provoqué par un mécanisme météorologique qui n'a rien d'exceptionnel, a quelques chances de se reproduire. En effet, les records de pluviosité d'Abriès correspondent tous, pour les dernières décades, à un mécanisme de ce type : ce sont toujours des masses d'air chaud et humide, fortement ascendantes sur le versant italien des Alpes, qui provoquent les plus fortes précipitations. Tel fut notamment le cas en 1948 où, du 12 au 15 mai, il est tombé 244 mm contre 302 du 12 au 16 juin 1957.

Dans le haut Queyras, le phénomène est typiquement printanier et se produit entre avril et juillet. Généralement les orages d'été ou les perturbations automnales donnent des précipitations inférieures. Dans l'Ubaye, au contraire, où les masses d'air méditerranéennes venant du S et du SW peuvent subir une ascendance forcée, de fortes averses se produisent également en automne ou même, parfois, au cœur de l'été. Leur mécanisme présente quelque analogie avec celles des Cévennes, mais elles sont loin d'atteindre une ampleur similaire. Les fortes pluies d'automne de l'Ubaye restent, malgré tout, un phénomène de second ordre, éclipsé par celles qui se produisent au printemps. Elles n'engendrent que des crues beaucoup plus rares.

Dans l'ensemble, on peut admettre que les circonstances météorologiques déclanchant des pluies de 200 à 300 mm en quelques jours sur le haut Queyras et, probablement aussi sur la haute

Ubaye, ont chance de se produire deux ou trois fois par siècle. Il est d'ailleurs vraisemblable que cette probabilité varie fortement en fonction des modifications plus ou moins périodiques de la circulation atmosphérique générale de l'Europe occidentale. On est cependant beaucoup trop mal renseigné sur les oscillations météorologiques à échéance centenaire pour risquer une évaluation, même grossière. Toutefois, il importe de noter que le renforcement de l'activité cyclonale et la remontée vers le Nord des zones de circulation atmosphérique, liés à la récession glaciaire importante enregistrée depuis un siècle, ont toutes chances de rendre plus fréquentes les circonstances météorologiques propices au déclenchement d'averses exceptionnellement violentes dans nos bassins. La tendance à la persistance tardive des neiges au printemps, observée depuis quelques années, joue dans le même sens défavorable. Elle permet le maintien d'une importante réserve d'eau, rapidement mobilisable par fusion sous l'effet d'averses tièdes provoquées par une ascendance d'air méditerranéen sur le versant piémontais. Tout cela empêche un traitement statistique rigoureux du problème et ne manque pas d'être préoccupant.

Cependant, comme nous le faisons ressortir dans l'introduction, il y a disproportion entre l'importance des averses et les dégâts causés par les crues, surtout dans le Queyras. L'étude des circonstances météorologiques ayant déclenché une forte pluviosité n'est donc pas suffisante. Nous devons la compléter par celle des circonstances hydrologiques.

## B) Le mécanisme hydrologique de la crue.

Examinons maintenant les variations de pluviosité et de températures qui ont été déclenchées par la succession de types de temps que nous venons d'analyser afin de déterminer leur incidence sur l'écoulement.

Le problème qui se pose à nous est celui de la disproportion entre le caractère exceptionnel de la crue et la nature relativement banale des circonstances météorologiques qui l'ont provoquée. Pour le discuter, il nous faut analyser maintenant la marche du temps au cours de la période qui a précédé la crue et l'a préparée.

### 1° La période de préparation de la crue.

Elle se termine au 7 juin, à la veille de la période pluvieuse dont le maximum d'intensité, les 12 et 13 juin, a déclenché la crue.

a) *Le mois de mai.* — Le mois de mai a été caractérisé par la combinaison :

— De précipitations supérieures à la moyenne dans les extrémités amont des vallées, provoquées en partie par des arrivées d'air humide provenant de la plaine du Pô sous l'effet d'une intense circulation cyclonale en Méditerranée et de la formation fréquente de hautes pressions sur l'Europe centrale, circonstances très parentes de celles qui ont régné lors du déclenchement de la catastrophe. Comme lors de cette dernière, les excédents de pluviosité par rapport à la moyenne se localisent dans la région des sources. Par exemple, à Abriès, il est tombé en mai 166,7 mm contre une moyenne de 87,6 pour la période 1932-1941. A St-Véran, seulement 37,8 mm. En aval, le mois de mai a été médiocrement pluvieux : à Fours, 78,4 mm contre 97 de moyenne; à Barcelonnette, 47 mm contre 66. A La Condamine et au Lauzet, les précipitations équivalent à la moyenne.

— De températures plus basses que la moyenne, liées à l'arrivée d'air froid provenant des hautes pressions continentales ou de masses d'air polaires liées aux dépressions suivant les cas. Les températures moyennes de mai 1957 sont ainsi seulement de 4°,4 à St-Véran; à St-Pons-Barcelonnette, à 1 135 m d'altitude, la moyenne de mai s'établit seulement à 9°,69, contre 11° pour celle de la période 1878-1916, et 11°,6 pour 1948-1957. Les minima moyens sont de 2°,87 et les maxima de 16°,51, contre respectivement 3°,3 et 19°,7 pour la décade 1948-1957. D'après ces données, on voit qu'au-dessus de 2 000 m le gel nocturne a été à peu près constant et que la fusion de la neige a été des plus réduites du fait surtout de la déficience des maxima. Une bonne partie des précipitations a également été neigeuse.

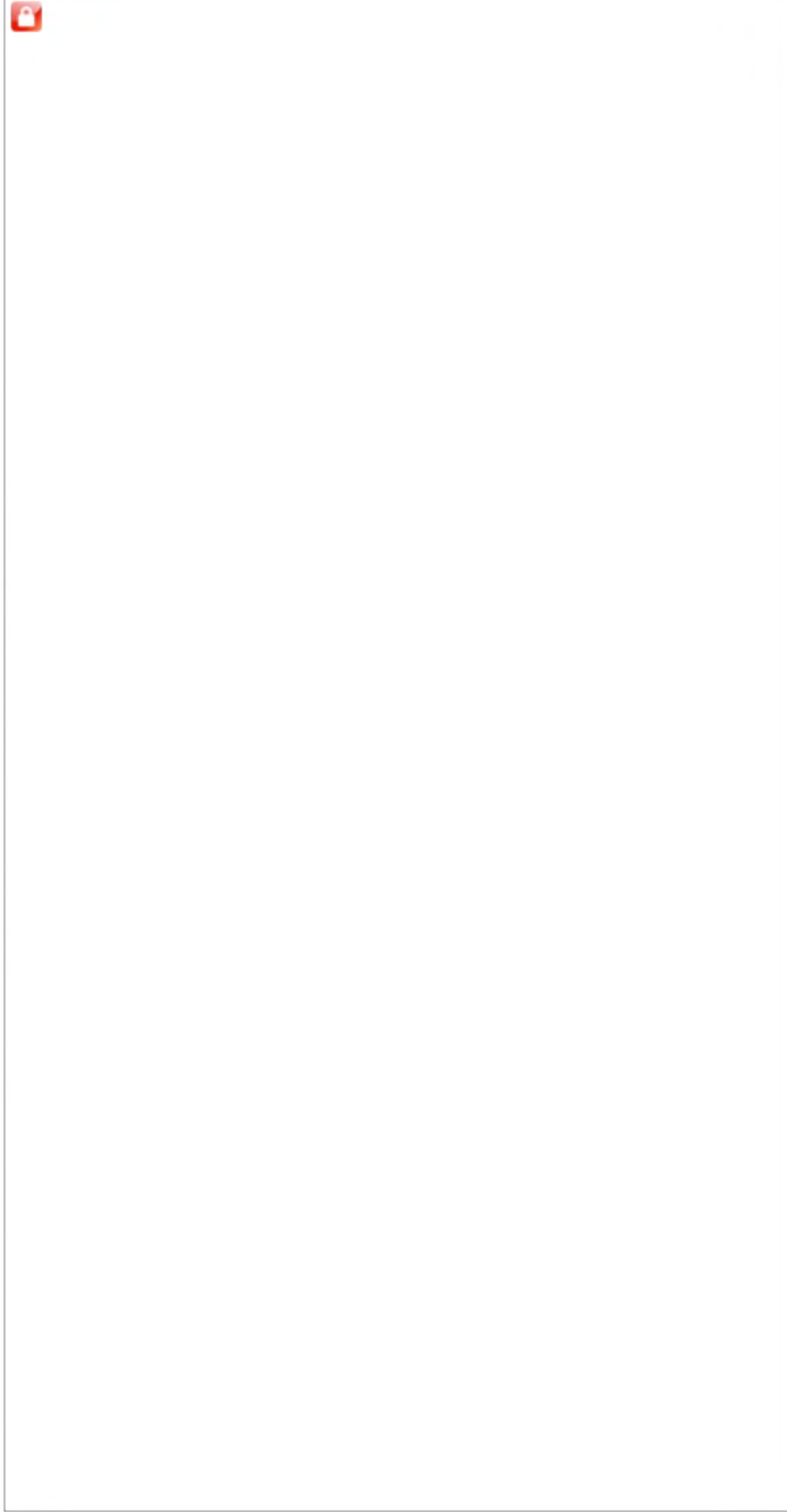
Il semble que, dans l'ensemble, cette combinaison de circonstances ait joué un rôle défavorable.

D'une part, dans les hautes vallées aux altitudes inférieures, la forte pluviosité a gorgé les sols d'eau, justement dans les régions qui allaient recevoir ensuite les plus fortes averses. De l'autre, les températures basses ont entravé la fusion de la neige et provoqué l'accumulation de nouvelles précipitations solides au-dessus de 2 300 m environ, c'est-à-dire sur une partie appréciable de la surface des bassins (35 à 40 % environ).

Il est vraisemblable que le stock neigeux hivernal qui persistait à la fin mai dépassait la moyenne. Cela nous est attesté, pour l'Ubaye, par M. Alzieu. En effet, les témoins relatent une importante fusion des neiges pendant la crue, et le rapport de M. l'Ingénieur Rogie parle « d'une fusion rapide de la neige qui subsistait à partir

**TABEAU III**

*Dernières observations nivométriques d'E.D.F.*





de 2 000 ou 2 300 m d'altitude suivant les expositions ». Or, les mesures de hauteur de neige effectuées par E. D. F. ont été arrêtées, le 4 mai aux Sagnes et le 1<sup>er</sup> mai aux Fraches (Ubaye), par suite de la fin de l'enneigement (altitude 1 910 m et 1 940 m). Il semble donc que la limite de l'enneigement ne soit guère remontée en altitude au cours du mois de mai, du fait de nouvelles précipitations compensant à peu près une fusion ralentie par une température relativement basse avec gel nocturne fréquent à partir de 2 000 m. Faute de données plus précises, on pourrait donc admettre qu'à partir de 2 000-2 300 m, la majeure partie du stock neigeux qui persistait à la fin avril s'est maintenue jusqu'à la fin mai. Or, il représentait, autour du col de la Cayolle (bassin du Bachelard, Ubaye), 334 à 629 mm d'eau suivant les endroits. Il ne semble pas déraisonnable de penser qu'en cette région, située entre 2 200 et 2 500 m d'altitude, il persistait, sous la forme de neige, une tranche d'eau de 300 à 400 mm, les premiers jours de juin. Les données manquent malheureusement pour le reste des bassins, mais les faits ne doivent pas v être sensiblement différents.

b) *Le début de juin.* — Le début de juin (1<sup>er</sup> au 7) a été caractérisé, au contraire, par une pluviosité très modérée, mais par des températures normalement élevées sur toute la superficie des bassins.

— Les pluies ne se sont produites que le 2 et le 3, à l'exception de quelques orages isolés, d'ailleurs peu abondants, le 1<sup>er</sup> à Ceillac (3 mm) et le 7 à Vars (4,7 mm) et à Château-Queyras (9,4 mm). La pluviosité cumulée de la période du 1<sup>er</sup> au 7 juin inclus reste partout modeste, voisine du quart de la moyenne mensuelle de juin : à Abriès, elle atteint seulement 23,5 mm (moyenne de juin 73 mm), à Château-Queyras, 26,2 mm (moyenne de juin, 75 mm), à Ceillac, 16,4 mm (juin, 83,8), à Vars, 17,5 mm (juin, 86,3), à Guillestre, 10,6 mm (juin, 67,3), à Fouillouse, 14,5, à St-Paul-sur-Ubaye, 12,4, à La Condamine, 13 mm (juin, 68), au Lauzet, 21,6 (juin, 94). Dans l'ensemble, la pluviosité de la période du 1<sup>er</sup> au 7 juin a donc été très voisine de la moyenne, très légèrement excédentaire dans le haut Queyras, très légèrement déficitaire dans le bas Queyras et dans toute l'Ubaye.

— Les températures ne présentent pas non plus d'anomalies marquées. Les maxima sont restés constamment élevés, peu différents de ceux de l'ensemble du mois de juin. A Barcelonnette, par exemple, la moyenne de juin, pour la période 1878-1915, est de 14°,4. Pour juin 1957, elle a été de 13°,4, donc sensiblement inférieure. Cependant, les études de Ch.-P. Péguy (p. 166) ont montré

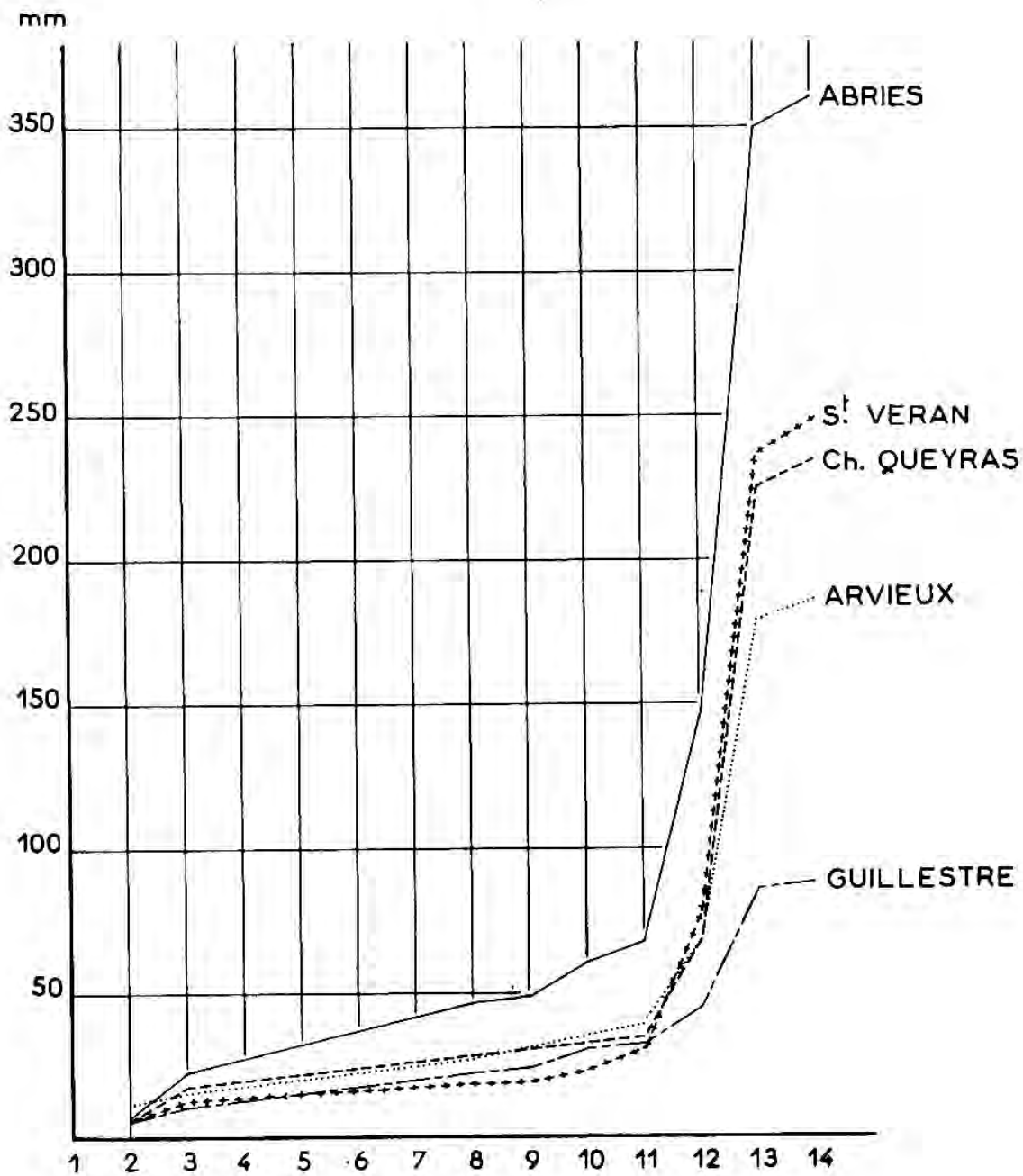


Fig. 2. Courbes cumulatives des précipitations enregistrées du 1<sup>er</sup> au 14 juin 1957.

que les moyennes de températures avaient tendance à diminuer dans le Briançonnais depuis la Première Guerre mondiale. D'ailleurs, la période de référence comporte également des années où la moyenne de juin a été voisine de  $13^{\circ},5$ . On peut donc considérer juin 1957 comme un mois de juin frais, mais n'ayant rien d'except-

tionnel. Ses températures ont cependant contribué à favoriser la persistance d'une couverture neigeuse relativement importante en altitude, d'autant plus que c'est surtout le début du mois qui a été caractérisé par des températures basses. Du 1<sup>er</sup> au 12 juin, la moyenne des minima est seulement de 4°,4 à La Condamine et à Barcelonnette situés respectivement à 1 310 et 1 135 m d'altitude. Les maxima diurnes ont été cependant assez élevés, dépassant 20° du 5 au 7 juin dans les deux stations, et ne descendant au-dessous

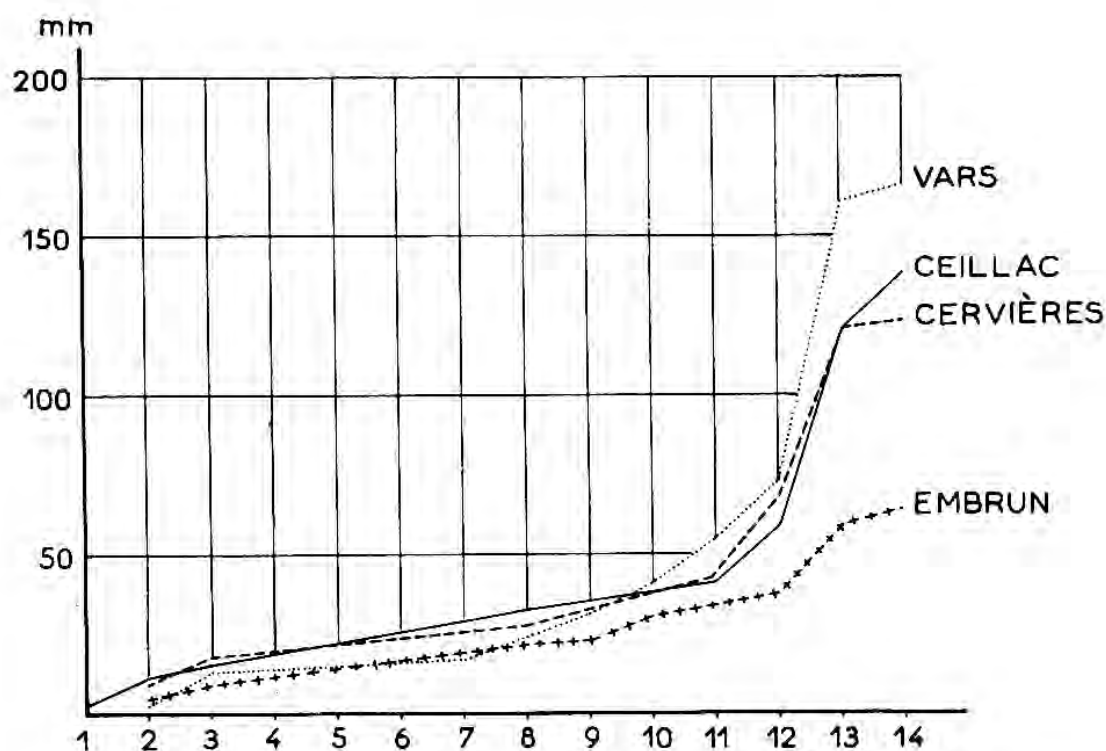


Fig. 3. — Courbes cumulatives des précipitations enregistrées du 1<sup>er</sup> au 14 juin 1957.

de 18° que le 10. Cette baisse, comme le montre la figure ci-contre, n'a d'ailleurs que peu duré : le maximum remonte à 18°, le 11 juin, à St-Pons-de-Barcelonnette, et à 21 le 13, lors des grandes pluies.

La période du début de juin est donc banale. La pluviosité a été suffisante pour maintenir le sol humide, voire même à peu près gorgé d'eau, en tous cas, pour ne laisser subsister qu'une capacité d'absorption très limitée. Les températures moyennes ont été médiocres et, par temps clair, les maxima diurnes ont été compensés par des minima nocturnes assez bas, inférieurs à 0° au-dessus de 1 800-2 000 m, c'est-à-dire là où persistait la neige. Celle-ci n'a donc

pas subi de fusion accélérée. Le stock neigeux a donc pu se conserver dans de bonnes conditions en haute montagne. La légère ablation qu'il a subie n'a fait que contribuer à saturer le sol sans diminuer sensiblement le danger d'une fusion brutale sous l'effet de pluies violentes et chaudes. Les alternances de gel et dégel quotidiennes ont transformé la neige en névé et accru sa résistance à la fusion ; seule une très forte pluie a pu en venir à bout ; cela a joué un grand rôle dans la genèse de la crue. La première décade de juin est donc une période de conservation. Un temps plus froid ou plus humide aurait aggravé la crue, c'est un fait à retenir.

Le régime des cours d'eau pendant cette époque confirme les données climatiques : Ubaye et Guil étaient en faible crue au début de juin, et non en hautes eaux de fonte des neiges.

En somme, la période du 1<sup>er</sup> au 7 juin a été une période de conservation des conditions dangereuses permettant à une pluie exceptionnelle de déclencher un écoulement encore plus exceptionnel. Elle a abouti, après un mois de mai frais et humide dans les hautes vallées, à créer une situation caractérisée par :

— La persistance d'une importante réserve neigeuse au-dessus de 2 000-2 300 m, consistant pour une part de neige tassée de l'hiver ayant subi un début de fusion après avoir été recouverte par des neiges fraîches de mai, en partie fondues. Une telle neige présente une surface durcie sur laquelle le ruissellement est à peu près intégral. Il se renforce d'ailleurs sensiblement du fait d'une certaine fusion, tandis que les congères de neige récente, non durcie, sont soumises, sous la pluie tiède, à une ablation accélérée, après une période initiale de rétention pendant laquelle elles jouent à la manière d'une éponge.

— Des sols très humides, gorgés d'eau, voisins de la saturation du fait d'une pluviosité qui, depuis le dégel printanier, n'est guère descendue en-dessous de la normale et lui a même été supérieure au mois de mai, dans les parties des bassins où, par une répétition amplifiée des mêmes mécanismes météorologiques, se sont produites ensuite les plus fortes précipitations de la mi-juin. Cette situation était potentiellement plus critique sur les roches imperméables empêchant l'égouttement des sols par leur base, c'est-à-dire, principalement sur les schistes lustrés, dont justement les affleurements coïncident avec la région ayant été affectée par les excédents pluviométriques de mai et les plus fortes averses de la mi-juin (haut Queyras). La situation était peu différente dans les régions marneuses de l'Ubaye, quoique les effets de saturation du sol y aient été moins exceptionnels du fait d'une pluviosité plus proche de la moyenne. Sur les roches perméables, une partie des pluies excéden-

taires de mai avait déjà eu le temps de s'infiltrer en profondeur lors des averses exceptionnelles et la capacité de rétention des sols était meilleure. Le fait a certainement contribué à rendre moins catastrophique la crue de l'Ubaye, par rapport à celles de la Cerveyrette et du Guil.

A la veille de la catastrophe, tout un concours de circonstances, qui n'ont rien d'exceptionnel en elles-mêmes du reste, avait donc placé nos bassins dans un état de très grande sensibilité, de telle sorte que même des averses moins violentes auraient provoqué une forte crue.

## 2° La période de déclenchement de la crue (8-13 juin 1957).

Dès le 8 juin, une situation orageuse généralisée affecte l'Ubaye, le Queyras et Cervières, à l'exception de Château-Queyras. Les averses sont, dans l'ensemble, légèrement supérieures à la moyenne : elles ont dépassé 10 mm à Abriès (22 mm), La Chalp-d'Arvieux, Guillestre et Ceillac, et, en Ubaye, à La Condamine, Fours, Le Lauzet. Or, Ch.-P. Péguay indique (p. 225) que l'intensité moyenne des averses est de 8 mm à Briançon et de 10,5 mm au Monétier par 24 heures.

Le 9 juin, la pluie cesse à Cervières et à Ceillac et devient très faible dans toutes les autres localités. Vars, poste le plus arrosé, ne reçoit que 7 mm. Le 10, une nouvelle vague commence, un peu plus forte, sur l'Ubaye, mieux exposée aux courants du SSW, où elle affecte davantage les postes de l'aval. Le Lauzet enregistre 22,7 mm, La Condamine 11,4 et Fouillouse seulement 4,2. Dans le Queyras, Abriès reçoit seule plus de 10 mm, comme Cervières du reste. Les autres postes enregistrent de 4 à 8,7 mm. Dans la haute Ubaye, par contre, les averses sont nulles ou négligeables : le maximum, à Fouillouse, se monte seulement à 2,8 mm.

A partir du 11, la pluie se généralise et montre, dans toutes les stations, une intensité journalière croissante. Cependant, l'allure des courbes cumulatives construites à partir des données quotidiennes, revêt des différences sensibles d'un poste à l'autre. On peut distinguer, non sans quelque arbitraire, les types suivants :

— Abriès a enregistré, pendant la période du 11 au 14, le record des averses de la région. La période de pluie continue a débuté très tôt, dès le 8, comme dans une grande partie du Queyras. La courbe est, de plus, remarquablement croissante : une seule journée fait exception, le 11, qui a été moins pluvieux que le 10 (7 mm contre 12), mais les deux journées du 12 et du 13 ont reçu chacune plus de 50 mm et une d'entre elles, plus de 200 (202,4 mm le 13). C'est

l'ensemble de ces caractéristiques qui donne à Abriès le plus fort total pour la période du 7 au 14 juin (336,9 mm).

— St-Véran est également caractérisé par un début des pluies précoce (8 juin), mais les totaux journaliers restent inférieurs à 10 mm jusqu'au 12 où on atteint brusquement 46,5 mm. Une journée seulement, le 13, dépasse 100 mm (159,3 mm). La montée de la courbe s'amorce plus tard et arrive moins haut, tout en étant brusque et tout en aboutissant au total fort respectable de 236,7 mm. D'autres stations présentent des courbes du même type, quoique un peu moins accusées : La Chalpe-d'Arvieux, Fouillouse.

— Château-Queyras est caractérisé par le retard du début de la période de pluies. La première averse tombe seulement le 11. L'intensité journalière croît ensuite très vite, passant de 9,2 mm à 32,7 le 12 et à 157,5 le 13. Pour cette date, le total est sensiblement le même qu'à St-Véran. Pour l'ensemble de la période, la différence est faible (218,5 mm).

— Ceillac est caractérisé par une courbe de même allure générale qu'Abriès, mais à pente plus faible. Il en est de même de Vars et de Cervières. Les totaux quotidiens ne dépassent 10 mm que le 11 à Vars et le 12 dans les deux autres stations. Les totaux du 13 restent compris entre 50 et 100 mm, ceux de l'ensemble de la période ne dépassent qu'à peine 150 mm à Vars seulement (153 mm). Cervières n'a enregistré que 106 mm et Ceillac 123,3 entre le 7 et le 14 juin. St-Paul-sur-Ubaye et La Condamine ont des courbes très peu différentes, dont la seule originalité est un début plus heurté avec deux minima le 9 et le 11. Le maximum du 13 dépasse également 50 mm (91 à St-Paul et 61,5 à La Condamine).

— St-Pons présente encore une autre variété : la montée est très irrégulière, avec des minima le 9 et le 11, et beaucoup plus douce, passant seulement de 10,4 le 12, à 38,8 le 13. On peut en rapprocher le Lauzet, où seules trois journées, échelonnées, ont dépassé 10 mm : le 8, le 10 et le 13, et même Fours, où deux minima très creusés apparaissent le 9 et le 11, mais où l'altitude renforce le maximum du 13 (76,5 mm) et même du 12 (25,1). Guillestre diffère peu de St-Pons. Un premier maximum (13,1 mm) apparaît dès le 8, mais ensuite la pluviosité décroît et ne dépasse 10 mm que le 12 (12 mm) et le 13 (40,4 mm).

Cette étude fait apparaître les faits suivants :

Dans toutes les stations de la haute Ubaye et du Queyras, les pluies sont d'intensité progressivement croissante et les grosses averses se produisent après 3 à 4 jours de pluies répétées plus ou moins fortes, mais qui ont achevé de saturer un sol déjà très près de l'être au début de la période pluvieuse.

Les maxima les plus élevés se placent, d'une part, près de la frontière italienne et, d'autre part, en altitude. L'origine des pluies, dues à une ascendance forcée sur le versant piémontais des Alpes, explique cette répartition. Elle nous amène à poser la question du gradient de pluviosité en altitude.

Pour l'ensemble du bassin, Ubaye et Guil présentent de sensibles différences, qui expliquent en grande partie la moindre violence de la crue de l'Ubaye. En effet, dans cette dernière vallée, les totaux sont rapidement décroissants vers l'aval et, dès St-Paul-sur-Ubaye, le maximum journalier descend en dessous de 100 mm. Il n'atteint plus même 50 mm à partir de Barcelonnette. Par ailleurs, la pluie importante du 8 a eu le temps de s'écouler en grande partie avant celle du 10, et celle du 10 avant la pointe des 12 et 13. L'effet cumulatif des averses a été sensiblement moindre.

Pour les trois bassins, cependant, l'origine de la crue se trouve tout à l'amont, près de la frontière italienne. C'est de là que sont venus les plus forts débits, amplifiés seulement par les averses locales des parties moyennes et inférieures des vallées. Ceillac, un peu plus élevé cependant, n'a reçu, du 7 au 14, que 123,3 mm contre 336,9 à Abriès. Fours (1 770 m), n'a enregistré que 101,6 mm les 12 et 13 juin contre 169,1 à Fouillouse (alt. 1 875 m). Toute évaluation de module devra tenir le plus grand compte de ce fait. Néanmoins, dans ces vallées à écoulement rapide, la simultanéité rigoureuse des plus fortes averses sur la totalité des bassins et la chute des pluies sur un sol saturé ont permis une énorme concentration de débit, qui a été encore renforcée par les précipitations de l'aval, même lorsqu'elles sont moindres. Dans tous les cas, en effet, elles ont été fortes et, surtout, particulièrement efficaces. Des averses de 30 à 40 mm en une journée, comme à Guillestre, à St-Pons et au Lauzet ont en effet, dans ces localités, une fréquence de 2 à 4 par an et dépassent donc de beaucoup la moyenne, même si elles nous paraissent médiocres en comparaison de celles qui ont affecté les hauts bassins.

Il n'en persiste pas moins un défaut de proportionnalité entre les débits, conjecturés ou évalués, des crues et les données pluviométriques dont nous disposons. Cette anomalie est particulièrement flagrante pour la Cerveyrette, où Cervières n'accuse qu'une chute totale de 106 mm du 7 au 14 juin, à peine plus que la moyenne de tout le mois. Qu'une forte crue ait eu lieu, du fait principalement de la sensibilité des bassins à tout événement pluviométrique au début de juin, cela se conçoit aisément. Mais on ne peut comprendre, avec ces seules données, que la crue ait été catastrophique, d'une violence exceptionnelle.

Les mêmes réflexions sont suggérées par l'Ubaye. Le débit maximum de crue a été évalué à 480 m<sup>3</sup> par E. D. F., soit 870 l/sec./km<sup>2</sup>. Or, les plus fortes crues ont atteint, pour la période 1904-1914, 86 m<sup>3</sup> et, pour 1932-1941, 115 m<sup>3</sup>. Nous sommes donc bien au-delà de ces valeurs. La crue a duré environ 3 jours à Barcelonnette, avec des débits faiblement inférieurs au maximum conjecturé. On peut donc admettre, en gros, une moyenne de 400 m<sup>3</sup>/sec. pour cette période. La tranche d'eau écoulee atteindrait alors 188 mm. Or, il est tombé 183 mm seulement du 13 au 16 à Fouillouse, 115,8 mm à St-Paul-sur-Ubaye et 76,5 à La Condamine. Manifestement, les pluies enregistrées dans les fonds de vallée ne suffisent pas à expliquer la crue.

Pour le Guil, nous avons vu qu'on pouvait fixer, prudemment, le débit de crue à environ 1 000 m<sup>3</sup>/sec. à Guillestre. En admettant que cette valeur s'est maintenue pendant les trois journées du 13 au 15, cela représente une tranche d'eau d'environ 300 mm sur l'ensemble du bassin. Or, la station la plus arrosée, Abriès, n'a reçu, du 12 au 14 juin, que 292 mm de pluie. Même si le chiffre de 1 000 m<sup>3</sup> s'avérait trop fort, ce que nous ne pensons pas, les précipitations resteraient incapables d'expliquer la crue. car la tranche d'eau moyenne enregistrée aux divers postes pluviométriques du Queyras n'atteint guère qu'environ 175 mm.

Même si l'on admet un coefficient d'écoulement de 100 %, alors que généralement des analyses minutieuses aboutissent à des maxima sensiblement moindres (40 à 50 %), les pluies enregistrées dans les fonds de vallées ne suffisent pas à expliquer les débits vraisemblables et l'ampleur des crues.

Deux facteurs supplémentaires sont à prendre en considération :

a) *Le caractère fortement ascendant des masses d'air humides qui ont engendré les crues catastrophiques.* — D'après les observations de M. J. Wagner à Embrun, l'isotherme de 0° s'est rapidement et fortement élevé au cours de la période considérée, passant de 2 000 m le 12 à 2 200 m le 13, et 2 800 m le 14 juin.

Or, un tel mouvement d'ascension est accompagné, en règle générale, de très fortes pluies dans sa phase initiale, avec rapide croissance des précipitations en altitude jusqu'au voisinage de l'isotherme 0°. C'est effectivement ce qui a dû se passer dans la région, avec les énormes averses du 13. Dans ces conditions, on doit admettre que ces pluies ont été beaucoup plus intenses sur les flancs des montagnes que dans les fonds de vallées, surtout aux abords de la frontière italienne, plus affectée. Les rares données disponibles, difficilement comparables, malheureusement, du fait que l'influence de la position s'ajoute à celle de l'altitude, nous l'indiquent :





PL. I, A. — Ceillac, cône du Cristillan. Engorgement du lit sous les apports de l'amont, donnant des chenaux anastomosés. Le cône sur lequel est bâti le village est entièrement redevenu fonctionnel, provoquant l'engorgement des maisons et d'une partie des prairies voisines.

*Cliché Fotamat, Gap.*

PL. I, B. — Cône du Guil à Montdauphin. Le Guil, fortement chargé en alluvions, a construit un cône de confluence dans la vallée de la Durance qu'il a barrée, engravant Montdauphin-Gare.

*Cliché Fotamat, Gap.*



PL. II, A. — Cône du torrent du Peinin, à Aiguilles. Cône redevenu fonctionnel et engravé surtout sur son flanc droit. L'extrémité aval du cône a été sapée du fait de l'adoption d'un régime à chenaux anastomosés par le Guil, conséquence de son énorme charge alluviale.

*Cliché Fotamat, Gap.*

PL. II, B. — Le Guil au Veyer. Ramonage généralisé du fond de vallée étroit ayant décapité le cône et endommagé le hameau l'occupant. Des blocs de 2 à 3 m. ont été transportés au début de la crue puis recouverts de matériel plus fin qui a été lui-même nettoyé lors de la décrue.

*Cliché J. Tricart, CII-26.*

TABLEAU IV

*Influence de l'altitude sur les précipitations du 13/6.*

Localités	Altitude	Total
St-Pons . . . . .	1 135 m	38,8
Fours . . . . .	1 170 m	76,5
La Condamine.	1 310 m	61,5
St-Paul-s.-Ub. . .	1 460 m	91
Fouillouse . . . . .	1 875 m	153,5
Guillestre . . . . .	980 m	40,4
Vars . . . . .	1 810 m	87,4

Chaque colonne groupe des stations de même longitude.

La série des trois stations de la Haute-Ubaye, les mieux disposées pour nous, est particulièrement éloquente.

Le total de 202,4 mm, noté à Abriès, n'est exceptionnel que pour un fond de vallée. Il semble que tout le versant N de la vallée du Guil en amont de Château-Queyras ait reçu, le 13, dans les 200 mm à partir de 1 500-1 600 m d'altitude, comme à Abriès, et davantage encore vers 2 000 m (250 mm ?). Les témoins indiquent, en effet, que le vent venait du SE, ce qui provoquait une ascendance forcée contre ce versant de vallée raide et continu. Sur la rive gauche du Guil, la pluviosité est un peu moindre, du fait que l'ascendance généralisée des masses d'air était légèrement contrecarrée par l'inclinaison générale du relief qui, dans d'autres conditions météorologiques, aurait pu déclencher un effet de fœhn. St-Véran, à 2 040 m d'altitude, n'a reçu que 159,3 mm, à peine plus que Château-Queyras, à 1 387 m (157,5 mm). On peut donc admettre, pour le versant gauche du Queyras, entre Aiguilles et Château-Queyras, une pluviosité de 160 mm entre le fond de la vallée principale et 2 000 m. Par contre, dans tout le haut Queyras, certains flancs de massifs exposés directement aux masses d'air provenant du SE ont certainement été plus arrosés et ont dû recevoir entre 200 et 300 mm, aux altitudes de 1 500 à 2 000 m. Le mécanisme des averses nous

donne à penser que ce fut le cas du bassin du Golon, du versant E de la Pointe de la Lauze, d'une partie de la crête du Mourre-Froid, etc. La moyenne pondérée des précipitations de la seule journée du 13 pourrait ainsi s'établir, pour le haut Queyras en amont de Château-Queyras, vers 200-210 mm.

Pour le bas Queyras, en aval de la Chapelue, les conditions sont sensiblement différentes. La haute Ubaye s'interpose entre les vallées italiennes par où est arrivée la masse d'air principale et le bassin du Guil. Les crêtes sont d'altitude décroissante : 2 700-3 200 m pour celle de la Font Sancte, 2 500-2 700 m pour celle qui borde le Guil au NW. De la sorte, l'ascendance forcée des masses d'air s'est produite en grande partie dans l'Ubaye et les pluies ont été déclanchées plus par l'ascendance libre d'origine météorologique que par l'effet de relief. Aussi les totaux du 13 sont-ils sensiblement inférieurs : aucun n'approche de 100 mm. L'effet de l'altitude devient également plus faible : 62 mm à Ceillac (1 640 m), contre 87,4 à Vars (1 810 m). Il n'est cependant pas négligeable, et les reliefs locaux ont pu avoir une action appréciable. Les abords des cols donnant sur l'Ubaye, et certaines crêtes exposées au SE, comme celle qui va du Pic de Guillestre au col des Estronques, ont dû recevoir dans les 150 mm, vers 2 000 m. Le court versant droit de la gorge du Guil, tant par son exposition que par sa topographie, a probablement aussi provoqué des ascendances forcées, et ses précipitations ont certainement été bien supérieures à celles de Guillestre, exceptionnellement abrité. Une moyenne pondérée du bas Queyras pourrait ainsi donner, pour la journée du 13, une hauteur d'eau d'environ 100 mm.

Le bassin versant, en amont de la Chapelue, est de 415 km<sup>2</sup> contre 895 km<sup>2</sup> à Montdauphin. On peut donc admettre une moyenne pondérée de pluviosité de 150 mm environ pour l'ensemble du Queyras pour la seule journée du 13.

Le 14, l'ascendance de la masse d'air s'accélère et l'isotherme de 0° s'établit à 2 800 m. De la sorte, toutes les stations de vallées se trouvent nettement en dessous de l'étage le plus pluvieux, qui s'établit entre 2 200 et 2 800 m environ. Certes, les fortes condensations de la veille ont diminué la quantité d'humidité disponible, mais une certaine réalimentation continue de se faire par le S et le SE et les pluies ne sont pas encore arrêtées, même dans les vallées. On est donc en droit d'admettre que, sur les flancs des massifs montagneux bien exposés, une pluviosité appréciable d'ascendance forcée continue de se produire. Il n'est pas question d'essayer de l'évaluer, les données faisant complètement défaut. Mais on peut noter que Ceillac reçoit encore 17,2 mm ce jour-là. Pour être secon-

daire, ce n'est cependant pas négligeable. La fin du très fort écoulement provoqué par les averses du 13 a été renforcée par ces pluies qui, en tous cas, ont empêché toute évaporation appréciable.

*Le bassin de l'Ubaye* a été affecté de manière beaucoup plus inégale. Les masses d'air humides et chaudes y ont pénétré, semble-t-il, à la fois à partir du Sud et à partir de l'Italie, et ont ainsi remonté la vallée, le long de son axe en amont de Jausiers. On s'explique de la sorte l'occurrence de fortes averses dans le bassin du Bachelard (76,5 mm, le 13 à Fours). Mais c'est en amont de St-Paul-sur-Ubaye, où a joué la double alimentation par la Provence et l'Italie, que les précipitations sont les plus élevées : 153,5 mm à Fouillouse contre 61,5 à La Condamine.

L'effet du relief semble avoir été très inégal. La forte pluviosité de Fours s'explique par la crête E-W dominant le cours moyen du Bachelard, génératrice d'ascendance forcée. Mais le même phénomène ne semble guère avoir joué, du moins aux basses altitudes, pour la vallée principale, où St-Pons et le Lauzet n'ont reçu qu'entre 30 et 40 mm. Cependant, il est fort probable que, plus haut, les effets du relief ont été plus intenses et que des pluies nettement supérieures se soient produites sur les flancs du Grand Bérard et de la crête qui va jusqu'au Grand Morgon. Vers 2 000 m, elle a dû recevoir une pluviosité comparable à celle de Fours, dont la position générale et l'éloignement par rapport à la source méditerranéenne d'air chaud humide n'est pas sensiblement différente.

Cependant, c'est dans la haute Ubaye que s'est formé l'essentiel de la crue, enregistré par les évaluations de Barcelonnette. Là, les conditions ont été exceptionnellement favorables, comme dans la région d'Abriès pour le Queyras. Les masses d'air, venues à la fois de Provence et d'Italie, ont remonté la vallée, fermée de tous côtés par des crêtes continues et d'altitude nettement supérieure à celle de l'isotherme 0°. L'ascendance forcée y a rencontré des conditions optima pour se développer. Il ne faut pas se laisser influencer par le fait que Fouillouse a reçu sensiblement moins d'eau qu'Abriès, bien qu'à une altitude supérieure. En effet, ce poste pluviométrique est très peu représentatif pour le type d'averse qui a eu lieu : Fouillouse se trouve à l'écart de la vallée principale, relativement abrité dans une vallée secondaire descendant du Chambeyron et bordée au S, d'où venaient les vents pluvieux, par des crêtes de 2 500-3 000 m. Sa position pourrait avantageusement se comparer à celle de Vars, de Ceillac ou de St-Véran-en-Queyras. Or, St-Véran, situé de la même manière par rapport aux vents d'Italie et à une altitude voisine, a reçu sensiblement les mêmes précipitations : 159,3 mm contre 153,5 à Fouillouse.

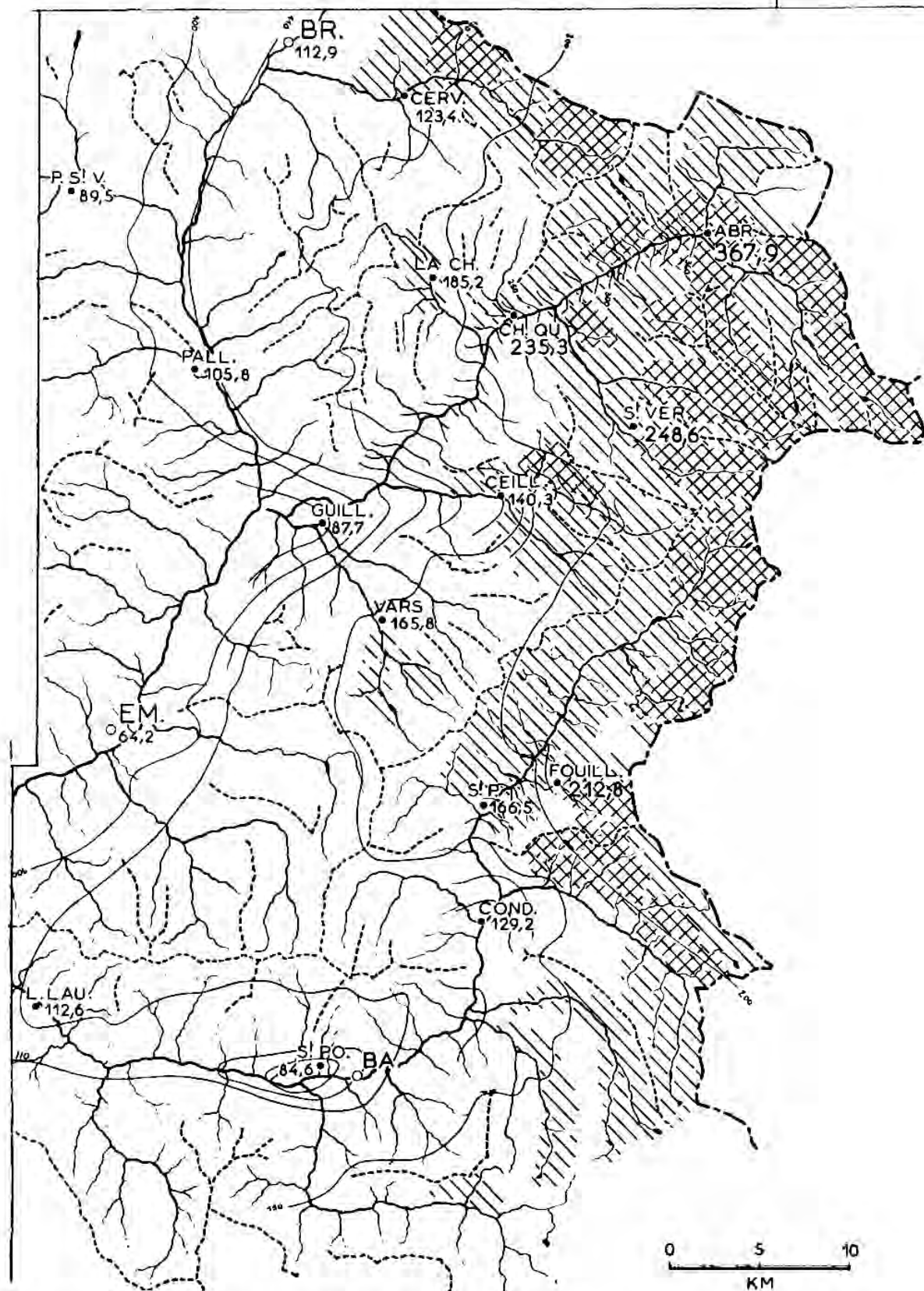


Fig. 5. — Répartition probable des précipitations cumulées du 1<sup>er</sup> au 14 juin 1957 (quadrillé : très fortes chutes de pluie; hachures, fortes chutes de pluie; équidistance des isohyètes : 10 mm).

De la sorte, on doit admettre que tout le fond de la vallée principale en amont de St-Paul et, surtout, le versant de la crête de la Font Sancte, ont reçu des précipitations sensiblement supérieures au maximum enregistré à Fouillouse. Les valeurs admises pour le haut Queyras autour d'Abriès semblent pouvoir lui être appliquées. Nous estimons donc que l'Ubaye, en amont des Sérrennes, a dû connaître une averse moyenne de 250 mm environ vers 2 000 m d'altitude. Une pluviosité comparable a probablement affecté aussi certains versants de massifs situés plus à l'aval, mais particulièrement bien exposés, comme la vallée du Parpaillon, le flanc SE de la Tête du Coin de l'Ours, les pentes au-dessus de St-Ours.

La moindre violence de la crue sur l'Ubaye s'expliquerait donc par le fait que seule une fraction beaucoup plus faible de son bassin a été affectée par les averses exceptionnelles à forte ascendance nourries par l'air provenant de la plaine du Pô, dont la violence égale celle qui a été notée en haut Queyras (200 mm dans la journée du 13). En aval de St-Paul-sur-Ubaye, et, surtout, de La Condamine, l'air a été fourni par la Provence et avait déjà subi un certain nombre d'ascendances forcées le long de crêtes situées plus au Sud. Sa teneur en vapeur d'eau était affaiblie et les averses n'ont guère dépassé 75-100 mm. En amont de Barcelonnette, la zone à très forte pluviosité (plus de 200 mm vers 2 000 m), forme moins de la moitié du bassin-versant, contre la totalité à Château-Queyras. De plus, une très forte proportion de cette zone se trouve au-dessus de 2 200 m, c'est-à-dire de l'isotherme 0° de la journée du 13, de sorte que les précipitations s'y sont produites sous forme neigeuse.

b) *Le problème de la neige* se trouve ainsi posé. D'une manière générale, E. D. F. a eu tendance à restreindre le rôle de la fusion de la neige dans la genèse de la crue de la mi-juin 1957, mais ses évaluations portent sur des bassins plus septentrionaux (Isère, Arc, Bissorte). Pour le centre hydrométéorologique de Lyon, c'est un phénomène accessoire, la pluie étant le phénomène principal. Nous sommes entièrement de cet avis, mais, pour nos bassins plus méridionaux, la part relative de la neige nous semble plus importante.

Il y a lieu, là encore, faute de mesures et d'observations précises, de se fonder sur une étude combinée des mécanismes climatiques et des particularités géographiques régionales.

Les divers témoignages concordent : la limite inférieure de l'enneigement se plaçait entre 2 000 et 2 300 m à la veille de la crue. De la succession de types de temps qui a eu lieu au cours du mois de mai et au début de juin, on peut conclure, comme nous l'avons

montré ci-dessus, qu'il persistait une couche de neige ancienne, tassée, mais déjà corrodée par la fusion des quelques chaudes journées du début juin, couverte localement de lambeaux de neige fraîche tombée tardivement. En certains points, bon nombre de journées de cette période préliminaire ont été caractérisées par des regels nocturnes qui ont eu pour effet de durcir et d'imperméabiliser la partie inférieure de la couche de neige, la rendant particulièrement apte à provoquer le ruissellement d'une averse ultérieure.

Pour nous faire une opinion sur l'évolution de la neige au cours de la crue, le seul élément sérieux sur lequel nous puissions nous fonder sont les déplacements dans le temps de l'isotherme 0°.

Comme nous l'avons déjà rapporté, il s'établissait vers 2 200 m à Embrun le 13. On peut admettre que près de la frontière italienne où le mouvement ascendant était plus violent, il se trouvait légèrement relevé, peut-être à 2 300-2 500 m, quoiqu'il faille tenir compte des effets thermiques d'une très intense condensation. En bref, sans risque appréciable d'erreur, on peut dire que l'isotherme 0° coïncidait grossièrement avec la limite inférieure du manteau de neige continu. De la sorte, les pluies du 13 ont été accrues par la fusion de quelques taches de neige isolées. Entre 2 000 et 2 300 m, à peine au-dessus du maximum altitudinal de pluviosité, on a eu la combinaison des éléments suivants :

— Ruissellement à peu près intégral de la pluie tombant sur les taches de neige ancienne, pratiquement imperméables. Le coefficient d'écoulement a très vraisemblablement atteint près de 100 % dans ces conditions, d'autant plus que le sol était déjà détrempé sous les flaques de neige et à leurs abords. Cet écoulement exceptionnel a certainement affecté entre un tiers et la moitié des superficies soumises aux précipitations maxima, car le même phénomène a joué aussi sur les surfaces rocheuses nues et les ravinelements.

— Fusion, par ces pluies exceptionnellement violentes, d'une forte quantité de neiges résiduelles, peut-être même la totalité : une couche de neige, même durcie, de 50 cm, ne résiste pas au lavage par 15 ou 20, voire 25 cm, d'eau tombant à sa surface. On peut donc admettre que la quasi-totalité des neiges comprises entre 2 000 et 2 300 m a été fondue par la pluie du 13. Tout le problème est d'apprécier la lame d'eau ainsi libérée. On ne peut guère aller au-delà de la simple conjecture. Mais, compte tenu des particularités du temps au mois de mai et de l'existence d'un stock neigeux représentant de 300 à 600 mm d'eau, à la fin avril entre 2 200 et 2 500 m aux abords du col de la Cayolle, on ne doit pas être très éloigné de la vérité en évaluant les apports par fusion de la neige au cours de la journée du 13 à 200-300 mm. Il faudrait encore



connaître le pourcentage de la tranche d'altitude de 2 000 à 2 300 m resté enneigé jusque-là.

De la sorte, l'étage 2 000-2 300 m a joué un rôle déterminant dans le déclanchement de la crue le 13, du fait de la coïncidence du maximum de pluviosité, d'un ruissellement à peu près intégral

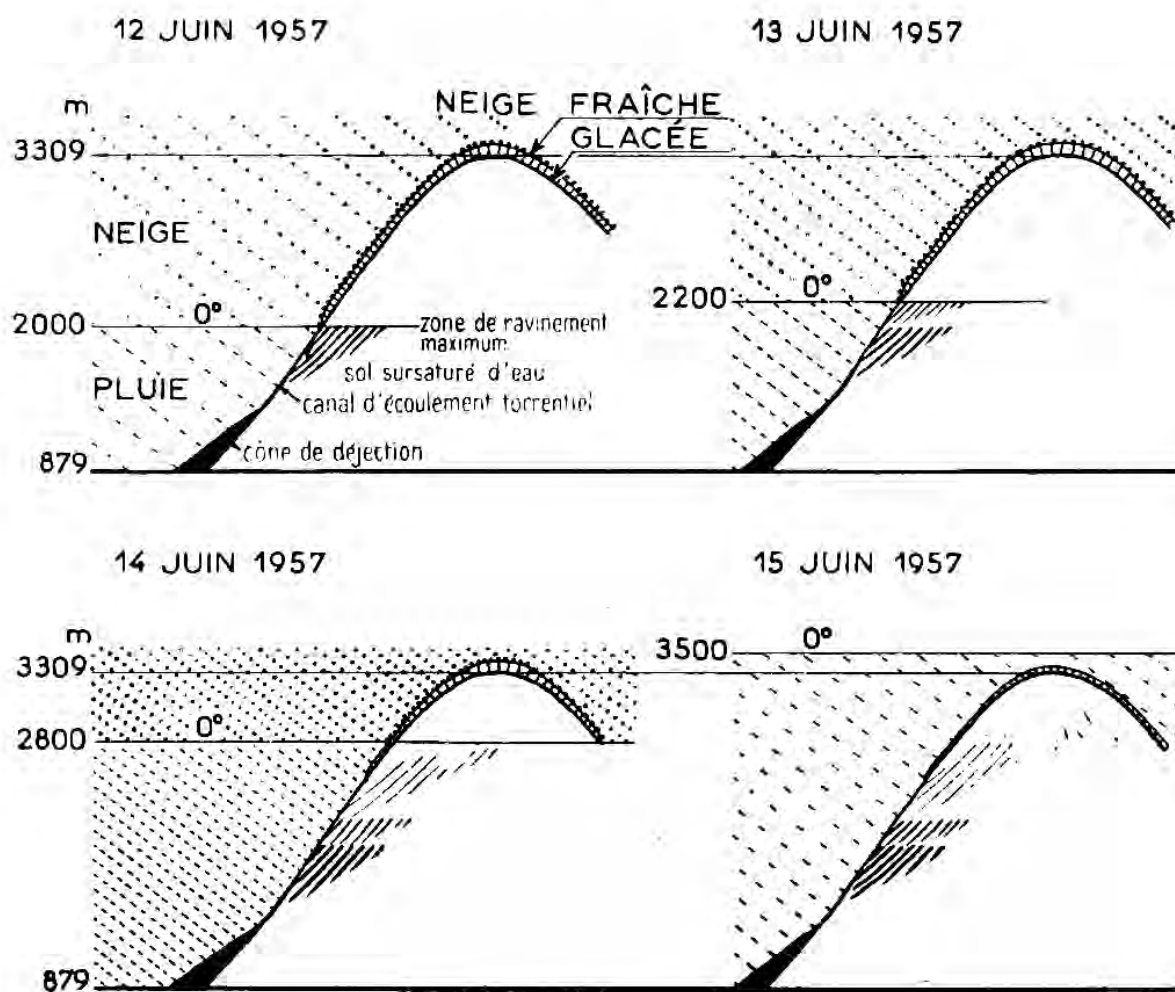


Fig. 4. — Bassin du Guil. Ascendance de l'isotherme de 0° et conséquences.

sur des taches de neige étendues et d'une fusion à peu près complète du stock neigeux. Dans les hautes vallées proches de la frontière, ce sont donc des tranches d'eau de 200 à 400 mm qui ont été libérées et qui ont pu fournir un écoulement de 70 à 80 % du fait de circonstances exceptionnellement favorables. On s'explique dès lors certains caractères géomorphologiques des crues, que nous étudie-

rons plus loin : les crues sont arrivées toutes formées depuis les hauteurs, avec une brutalité inouïe, qui a accru les dégâts.

Cependant, d'autres phénomènes se sont produits aux altitudes supérieures, qui, pour être moins décisifs, ne sont cependant pas à négliger.

Au-dessus de 2 300 m, les fortes précipitations de la journée du 13 ont accru la couverture neigeuse, puisque la température était inférieure à 0°. Cependant, il serait inexact d'admettre que la couche de neige tombée soit équivalente aux pluies qui se sont produites à l'étage 2 000-2 300 m. L'air, plus froid, était moins humide et la condensation moins intense et moins rapide. Néanmoins, le type de temps réalisé a certainement entraîné de fortes précipitations neigeuses. Vers 2 300-2 500 m, il n'est pas déraisonnable de conjecturer une chute équivalant à 100 mm d'eau. Une telle hypothèse revient en effet à admettre un très fort gradient négatif au-dessus de l'étage de précipitations maxima et doit être plutôt inférieure à la réalité.

Or, le 14 a été caractérisé par la remontée de l'isotherme de 0° de 2 200 à 2 800 m, avec continuation des pluies qui ont dû atteindre leur intensité maxima vers 2 500 m. Les averses, plus faibles que le 13, n'ont pas été négligeables, puisque, même à basse altitude, elles ont dépassé 10 mm dans certains cas. Fouillouse a enregistré 17 mm; St-Paul-sur-Ubaye, 16,5; Abriès, 11; St-Véran, 11,4, et Ceillac, 17,2. On peut admettre, dans les hautes vallées, une tranche d'eau de 40 ou 50 mm vers 2 500 m au cours de la journée du 14. Cela représente un gradient pluviométrique assez faible par rapport à celui du 13, ce qui est normal dans une masse d'air dont la teneur en vapeur d'eau décroît du fait de son ascension.

Cependant, 40 à 50 mm furent plus que suffisants pour fondre une bonne partie des neiges fraîches tombées le 13. On peut donc penser que la crue a été soutenue tant par ces précipitations d'altitude que par la fusion de la neige de la veille. Une tranche d'eau de 100 ou 120 mm au total a pu ainsi être fournie, avec un très fort coefficient d'écoulement, puisque le phénomène s'est produit en période de dégel (remontée de l'isotherme 0° de 2 300 à 2 900 ou 3 000 m dans les hauts bassins).

En tenant compte simultanément de cette alimentation supplémentaire et du retard de l'écoulement d'une partie des eaux tombée le 13<sup>3</sup>, on comprend aisément que le débit du Guil et de l'Ubaye se

---

<sup>3</sup> Un certain écoulement subsuperficiel a eu lieu, attesté par les décollements et glissements de terrain sous prairie et sous forêt. Il a légèrement étalé la crue, qui aurait été beaucoup plus grave sur des terrains nus comme ceux des environs de Barcelonnette.

soit maintenu le 14 à un niveau à peine inférieur à celui du 13. Les affluents, comme le Chagne, ne baissent que le 15 et les rivières principales que le 16. En effet, pendant la journée du 15, il a dû se produire des phénomènes de même nature que le 14, mais atténués et à des altitudes supérieures.

L'isotherme 0° continue à s'élever, atteignant 3 500 m, de sorte que dans toute la montagne l'air a pris des températures positives et qu'une certaine fusion de la neige a eu lieu. Une partie des eaux libérées a été retenue dans la neige fraîche très poreuse. Cependant, un écoulement non négligeable s'est certainement produit aussi, car les pluies n'étaient pas terminées. Fouillouse enregistre encore 13 mm le 15 et 10,5 le 16 juin. Or, cette station se trouve bien en dessous de l'étage de pluviosité maxima pour ces journées et dans une position peu favorable aux ascendances forcées. La décrue a donc été retardée par la continuation de la remontée de l'isotherme 0° et les dernières pluies précédant l'occlusion de la dépression cyclonale.

En fin de compte, si la neige n'a guère joué dans le déclanchement de la crue le 13, elle a influencé considérablement la crue elle-même en accroissant le ruissellement des averses les plus violentes, puis en fournissant un important soutien au débit immédiatement postérieur au maximum pluvial. Elle a commandé la décrue. Les témoignages, qui signalent, à la fin juin, la limite inférieure de l'enneigement (discontinu) vers 2 500-2 600 m, confirment notre interprétation, car ce ne sont pas les quelques journées chaudes de la fin juin qui ont joué un rôle déterminant dans la variation de la limite des neiges entre le début et la fin du mois : une averse provoque une fusion beaucoup plus rapide qu'une journée entière de soleil.

Par le rôle, plus important qu'il n'y paraît à première vue et attesté par tous les observateurs, joué par la fonte de la neige, la crue de la mi-juin 1957 est une crue de printemps typique, quoique de violence exceptionnelle. Elle correspond au régime des cours d'eau qu'elle a affectés.

## CHAPITRE III

**LA PLACE DE LA CRUE DE LA MI-JUIN 1957,  
DANS LE RÉGIME DE L'UBAYE ET DU GUIL**

Pas plus les circonstances météorologiques que les modalités hydrologiques de déclenchement de la crue de la mi-juin 1957 ne sont exceptionnelles. Les mécanismes mis en jeu sont de type courant dans les bassins étudiés et sont à l'origine d'une importante proportion des crues banales. Le caractère catastrophique de la crue provient seulement d'une ampleur particulièrement forte de phénomènes de diverses natures : ascendance des masses d'air, précipitations, sensibilité des bassins à la veille de la crue, succession des manifestations météorologiques dans le temps (intensité progressivement croissante des averses affectant un sol saturé) et dans l'espace (modalités de montée en altitude de l'isotherme 0° et de l'étage de pluviosité maxima). C'est donc la combinaison malencontreuse du jeu de facteurs banaux, mais qui ont revêtu cette fois une intensité forte ou particulièrement forte, qui a été à l'origine de la catastrophe.

De tels concours de circonstances relèvent du calcul des probabilités. Cependant, une étude statistique ne peut guère apporter de solution au problème particulier qui nous préoccupe. En effet, les points de comparaison manquent. Nous ne connaissons même pas le débit réalisé lors de la crue. Comment pouvons-nous essayer de le confronter avec celui des crues exceptionnelles anciennes qui nous sont connues seulement par des témoignages de type littéraire ? Que le 21 mai 1728, le cimetière d'Abriès ait été labouré par les eaux et l'église emplie de sable nous indique certes une très forte crue, mais le débit réalisé était-il la moitié ou le double de celui de juin 1957 ? Personne n'en peut rien dire. Or, suivant la solution choisie, l'étude statistique fera de la dernière crue un événement centenaire ou millénaire. Il est évident que le traitement mathématique du problème ne peut empêcher le résultat de dé-

pendre directement de l'hypothèse initiale et que, ici, c'est cette dernière que nous sommes incapables de formuler correctement.

Il vaut donc mieux renoncer au traitement global du problème et l'aborder par la voie analytique. Cela nous amènera à étudier quelques crues antérieures en nous efforçant de démontrer leur mécanisme que nous comparerons à celui de la crue de la mi-juin 1957. Nous commencerons naturellement par des crues de printemps, puis nous examinerons comment se déclenchent de très fortes crues en d'autres saisons, afin d'essayer de déterminer si elles peuvent atteindre une importance du même ordre de grandeur.

#### A) Les crues de printemps.

Les crues de printemps coïncident avec la pointe principale des débits moyens du Guil et de l'Ubaye. Elles constituent donc le type le plus fréquent de hautes eaux, du fait de la combinaison de pluies, qui peuvent être fort intenses, avec la fusion des neiges.

Bien que très marqué, le maximum printanier est atténué par le calcul des débits moyens mensuels, comme l'a fort bien montré Ch.-P. Péguy. La courbe des débits moyens journaliers est plus fidèle et montre une pointe extrêmement accentuée qui s'établit, pour le Guil, sur les derniers jours de mai et les premiers jours de juin, un peu plus tard sur l'Ubaye, au bassin légèrement plus élevé. Le régime est, en effet, marqué, au printemps et au début de l'été, par une prédominance des eaux fournies par la fonte des neiges.

#### TABLEAU V

*Part de la fusion dans le régime du Guil et de l'Ubaye  
(d'après Ch.-P. Péguy).*



Il suffit dès lors d'une forte série d'averses concentrées en quelques jours pour provoquer une crue violente. Plus les averses sont intenses, plus la fusion de la neige est rapide et la crue violente, les effets des précipitations et du ruissellement s'additionnant. Les

bassins sont particulièrement sensibles à de telles pluies, car la fusion progressive des neiges en avril-mai a imbibé le sol, dont la capacité de rétention est amoindrie, voire négligeable. Enfin, d'une manière générale, les risques de crues violentes sont croissants vers l'amont des bassins, du fait de la combinaison :

— d'altitudes supérieures où persiste une couverture neigeuse sur de grandes surfaces, susceptible de libérer une forte tranche d'eau en peu de temps;

— de reliefs vigoureux favorisant les mécanismes d'ascendance forcée et les fortes précipitations qu'ils déclanchent;

— de l'ouverture des hautes vallées sur la plaine du Pô par où peut arriver une grande quantité d'air tiède et humide, dont la teneur en vapeur d'eau n'a pas été sensiblement amoindrie par des mouvements ascendants antérieurs au contact d'autres crêtes;

— de la nature des bassins, où les schistes lustrés, largement étendus, offrent un sous-sol imperméable facilitant la saturation du sol.

L'importance de ces crues dépend principalement des variables suivantes :

— Epaisseur de la couche neigeuse persistant au printemps;

— Caractéristiques de la neige recevant les averses. L'écoulement maximum semblant devoir être obtenu, comme ce fut le cas le 14 juin 1957, entre 2 300 et 2 800 m, lorsqu'une couche de neige fraîche, facile à fondre, recouvre une neige ancienne dure et imperméable. La fusion de la neige fraîche est alors rapide et la rétention dans la neige elle-même à peu près nulle dès que l'averse est assez abondante;

— Situation météorologique commandant les averses. Une bonne alimentation en air humide et tiède arrivant par la plaine du Pô, avec forte ascendance générale renforcée localement par le relief et provoquant en altitude la fusion des neiges fraîchement déposées, est optima. Suivant l'importance et le mouvement de la dépression cyclonale, le secteur des bassins qui est affecté est plus ou moins étendu.

Notons tout de suite que ces conditions optima pour le déclanchement des crues exceptionnelles sur le Guil, la Cerveyrette et l'Ubaye ne peuvent intéresser la totalité du bassin de la haute Durance. Elles comportent, en effet, le jeu de certains facteurs qui sont propres aux abords des crêtes-frontières. En dehors de la région étudiée, ils n'affectent guère que la Durance en amont de Briançon et la Clairée. Ils ne peuvent agir sur les affluents de rive droite et perdent beaucoup de leur importance vers l'aval, le long même du Guil, de la Cerveyrette et de l'Ubaye, comme cela a été



PL. III, A. — Le Guil en amont de Château-Queyras. Le pont à l'entrée du verrou a formé barrage et n'a pas été emporté, ce qui a exagéré l'accumulation dans la plaine située en amont. Elle a revêtu la forme de lits à chenaux anastomosés, typique des rivières à forte charge alluviale, et s'est accompagnée de sapements importants.

*Cliché Fotamat, Gap.*

PL. III, B. — Le Guil dans la gorge, près de la cote 1165. Le matériel très grossier mis en place, au début de la crue a été ensuite concentré en pavage. Cette accumulation s'est accompagnée d'un violent sapement des versants ravivant un éboulis.

*Cliché J. Tricart, CH-24.*



Pl. IV, A. — Le cône de l'Aigue Agnelle à Ville-Vieille. Cône redevenu fonctionnel avec engravement du village situé sur son bord. Lors de la fin de la crue, le Guil a entaillé et dégagé en terrasse le bord du cône.

*Cliché J. Tricart, CIII-22.*

Pl. IV, B. — Dégâts à Ville-Vieille. Maisons éventrées et engravées. En ce point, à l'écart de l'axe du cône, l'accumulation a été de 1-1,5 m.

*Cliché J. Tricart, CIII-27.*



noté pour la crue de la mi-juin 1957. Il ne semble donc guère raisonnable d'envisager l'hypothèse d'une crue de ce type étendue à tout le haut bassin de la Durance. *Ces crues sont en effet spécifiques des affluents de rive gauche* et de la Clairée dans les cas les plus extrêmes. Ceux de rive droite sont affectés par des crues de printemps d'un autre type, qui n'intéressent guère nos bassins.

Ce fait complique singulièrement la recherche des crues anciennes. En effet, celles de la Durance sont bien connues du fait que cette rivière parcourt une vallée peuplée, suivie par une importante voie de communication, et débouche dans une région intensément mise en valeur, où ses ravages ne peuvent passer inaperçus. Or, une partie seulement provient du Guil et de l'Ubaye, dont les crues propres ont eu beaucoup moins de chances d'être enregistrées, car elles ont affecté des vallées montagnardes peu peuplées, pauvres et isolées. Dans son étude des crues de la Durance, E. Imbeaux ne donne qu'exceptionnellement quelques indications à leur sujet.

Les textes signalent des crues particulièrement importantes :

— Le 23 mai 1469, où tout un quartier de Ristolas est détruit par le torrent de Ségure;

— Le 21 mai 1728, où le cimetière d'Aiguilles est labouré par les eaux, l'église d'Abriès engravée et celle de Molines envahie par les eaux;

— Le 11 mai 1836 dans l'Ubaye;

— Le 16 mai 1846, toujours dans l'Ubaye;

— Les 29 et 30 mai 1853, encore dans l'Ubaye.

Depuis lors, la documentation est meilleure, quoique encore généralement bien déficiente et insuffisante pour tenter une étude scientifique des crues antérieures à ce siècle.

En 1856, une très forte crue eut lieu, qui, comme celle de la mi-juin 1957, a affecté la Clairée, la Cerveyrette, le Guil et l'Ubaye. Elle se place après une période suffisamment pluvieuse pour avoir maintenu les eaux constamment hautes depuis le 20 mars et engendré quatre crues ordinaires. Dès le 29 mai, des pluies chaudes se produisent, d'intensité modérée au début, mais probablement croissante ensuite, surtout en altitude. Elles entraînent une fusion rapide de la neige et le débordement de multiples torrents qui inondent leurs cônes de déjections, endommageant les villages qui s'y sont installés, comme Névache et le Monétier. La crue s'accroît le 30 avec la persistance du même type de temps. Les ponts sont emportés, des digues crevées, les communications interrompues. A St-Clément, immédiatement en aval du confluent du Guil, la cote 3,85 est atteinte. Les évaluations de débit sont conjecturales et, de ce fait, discordantes. E. Imbeaux a admis 1 200 m<sup>3</sup>, I. Wilhelm sen-

siblement moins. Bref, l'ordre de grandeur est celui de la crue de la mi-juin 1957. Il en est de même sur l'Ubaye, également affectée : elle est montée à 2,15 m au-dessus de l'étiage et le débit a été évalué à 1 300 m<sup>3</sup> au Lauzet par Imbeaux. En aval du confluent de l'Ubaye, cet auteur estime que la Durance a charrié, en pointe, 2 300 m<sup>3</sup>, contre 1 800 d'après Wilhelm. Or, à la mi-juin 1957, E. D. F. a évalué le débit à Serre-Ponçon à 1 200-1 300 m<sup>3</sup> pendant la matinée du 14 juin. Même en tenant compte des risques d'erreurs considérables et de la différence possible de conjonction des ondes de crues des divers affluents, on voit que les ordres de grandeurs sont sensiblement les mêmes. On peut admettre que la crue de 1856 est sensiblement équivalente de celle de la mi-juin 1957.

La crue de mai 1948 est encore du même type et également très forte.

Sur le Guil, un rapport lui a été consacré par M. Monnet, Conservateur des Eaux et Forêts à Gap. Du 12 au 15 mai inclus, Abriès a reçu alors 244 mm de précipitations qui ont succédé à un début de mois humide, puisqu'au total ce poste a enregistré 348 mm entre le 1<sup>er</sup> et le 20. Avril avait été également pluvieux, l'ensemble des stations du bassin ayant eu des précipitations supérieures de 113 % à la moyenne. En altitude, il s'était constitué ainsi un stock important de neiges lourdes, mais non tassées, dont la fusion s'est accélérée à partir du 10 mai sous l'effet de maxima de températures diurnes passant de 12 à 17°. Cependant, cette fusion n'est devenue vraiment rapide qu'avec les pluies, car avant leur déclenchement, les minima nocturnes restaient inférieurs à 0°. Il semble donc qu'il se soit formé, en profondeur, dans la masse de la neige, une couche imperméabilisée partiellement par les alternances de gel et de dégel diurne. L'observateur du poste météorologique d'Abriès a noté la disparition d'une couche de neige de 1 m sur le versant face au N de la Colette de Jilly, entre le 10 et le 17 mai.

Comme en juin 1957, la pluviosité record d'Abriès dépasse de beaucoup celle des stations de l'aval, dont les précipitations sont cependant considérables. Château-Queyras a reçu, en deux jours, les 14 et 15 mai, 132 mm de pluie. Des mécanismes analogues à ceux de la dernière crue ont été mis en jeu, seulement un peu moins brutaux et un peu moins intenses.

Au même type encore appartient la crue du 9 juin 1953, signalée par L. Serra, mais sur laquelle les données sont peu abondantes. Le Guil a débité à cette occasion 189 l/sec./km<sup>2</sup>, ce qui représente 10 fois son module. Le mécanisme a été exactement le même qu'en juin 1957 : du 5 au 12 juin, une bande anticyclonique s'étendant des Açores à la Scandinavie a protégé le SE de la France des

influences atlantiques, tandis qu'une dépression parcourait la Méditerranée occidentale, provoquant, le 8, un appel d'air en provenance du golfe de Gênes sur le littoral provençal et les Alpes piémontaises. Le 9, bloquée, à l'E, par des hautes pressions sur les Balkans, elle infléchit sa trajectoire vers le N et balaie les Alpes. De très fortes averses ont affecté le haut Guil.

### Conclusion.

Du point de vue hydrologique, la crue de la mi-juin 1957 s'inscrit donc dans toute une série. Elle a été déclanchée par le jeu de mécanismes banaux, normaux à cette saison. Son caractère exceptionnel ne provient pas des modalités de sa genèse mais de son ampleur. Il résulte de la combinaison d'une intensité considérable de toute une série de facteurs. Mais la combinaison même de ces facteurs se reproduisant fréquemment, les chances de voir une crue analogue se renouveler s'en trouvent accrues.

Suivant les estimations conjecturales de débit que l'on peut faire de la crue de 1856, on pourra considérer celle de la mi-juin 1957 comme centenaire ou comme millénaire. Pour nous, cette discussion ne semble guère avoir d'intérêt pratique. En effet, pour forte qu'elle soit, la dernière crue reste inférieure au maximum possible; s'il est peu vraisemblable que des pluviosités de même importance affectent une aire plus étendue et que les maxima enregistrés à Abriès s'étendent également et simultanément à Château-Queyras et à St-Véran, cependant, rien ne nous interdit de penser que des pluies analogues puissent affecter une couverture neigeuse plus épaisse et descendant plus bas en altitude. Il eût suffi, pour cela, d'un mois de mai plus froid et plus humide. Des pluies moins fortes que celles qui ont été enregistrées à la mi-juin 1957 pourraient donc déclancher une crue de même importance, à condition de tomber sur davantage de neige. Ce jeu de compensation, parfaitement possible, accroît le danger de renouvellement de telles crues. C'est probablement ce qui s'est passé en 1856. Il en fut presque de même en 1948. La probabilité cesse d'être millénaire pour se placer à l'échelle de la vie humaine et de la prévision administrative, surtout si, au lieu d'envisager les seuls débits, on examine les dégâts provoqués. Certes, en 1957, des phénomènes de résonance se sont produits et ont amplifié les destructions par rapport aux débits, cependant déjà énormes. Mais une grande partie des dommages, notamment certains des plus graves, comme la coupure de la route nationale 202, se sont déjà produits en 1948 et auraient eu lieu en 1856 si les mêmes ouvrages avaient existé. Il suffit donc de crues

moins exceptionnelles que la dernière pour isoler le Queyras. Or, la probabilité de telles crues, à en juger par le dernier siècle, serait de l'ordre de 30 à 50 ans, compte non tenu de l'évolution météorologique générale qui tend à l'accroître à l'époque actuelle.

C'est pourquoi nous ne bornerons pas notre étude aux seules crues de printemps et que nous envisagerons également les autres grandes crues quoiqu'elles soient, généralement, de violence moindre : elles peuvent, cependant, dans certaines circonstances, revêtir également un caractère catastrophique. Ce serait donc faire preuve de légèreté que de les négliger dans une étude destinée à contribuer à un aménagement rationnel basé sur un coefficient raisonnable de sécurité.

### B) Les autres crues.

Des crues peuvent se produire pratiquement en toutes saisons sur les torrents des bassins considérés. Par exemple, on connaît des crues catastrophiques en plein hiver, provoquées par un brusque adoucissement de la température ayant provoqué une fusion accélérée mais partielle des neiges. Elles s'accompagnent parfois d'avalanches. Mais ces crues de redoux sont rarement graves et jamais généralisées. Elles sont cependant assez communes pour avoir mérité un nom spécial, celui de « moulen », en Queyras. Il en a été signalé par les textes, notamment les 10-14 janvier 1651, les 3 et 4 décembre 1739. Jusqu'à présent, aucune d'elles n'a revêtu les allures d'une catastrophe générale pour la région.

Les circonstances sont en effet défavorables au déclenchement, à cette époque, de très grandes crues. Les masses d'air qui se déplacent en Europe sont plus froides et, de la sorte, leur point de saturation de vapeur d'eau est beaucoup plus bas. Une ascendance comparable à celle de la mi-juin 1957 ne provoquerait pas des condensations aussi importantes. L'isotherme de 0° est également à une moindre altitude, ce qui, dans ces régions élevées, provoque la formation de précipitations neigeuses sur une grande partie des bassins. La rétention nivale joue davantage sur des précipitations moindres. Les hautes eaux qui se produisent affectent surtout la partie inférieure des torrents, et les débits réalisés restent relativement modestes. Les mesures ordinaires de protection sont normalement suffisantes dans ce cas.

Il n'en est pas de même des crues provoquées par les précipitations orageuses. Dans ce cas, la raideur du relief favorise les mouvements ascendants rapides et les condensations violentes. De très

fortes averses peuvent se produire, accompagnées de grêle. Mais la position des bassins, enfoncés dans la masse montagneuse, ne permet généralement pas à une situation orageuse banale de libérer une forte tranche d'eau sur une grande surface. Les crues d'orages sont généralement locales et n'affectent gravement que certains bassins de réception torrentiels. Leurs répercussions peuvent cependant être importantes, surtout dans l'Ubaye, plus exposée à ce type de pluies d'été. C'est en effet alors que se déclanche une bonne partie des laves torrentielles, comme celle qui barra l'Ubaye le 14 août 1740 entre Jausiers et le Châtelard et donna naissance à un lac dont la vidange, heureusement, ne fut pas catastrophique.

Mais ce sont les pluies d'automne qui revêtent la plus grande importance et qui présentent le plus grand danger après celles de printemps. Elles sont tout à la fois suffisamment fréquentes et abondantes pour se traduire par un maximum secondaire dans le régime du Guil et, surtout, de l'Ubaye. Elles sont déclanchées par la reprise d'une intense circulation cyclonale sur la bordure septentrionale de la Méditerranée, qui amène parfois les fronts à balayer les Alpes méridionales et peut même provoquer des occlusions dans la région que nous étudions. La Méditerranée est alors caractérisée encore par des températures élevées, tandis que de l'air froid peut s'avancer sur l'Europe centrale. De très violents contrastes thermiques se produisent alors le long des fronts de discontinuité. On sait que c'est ce mécanisme qui engendre les crues catastrophiques des rivières cévenoles et qui a joué dans les Pyrénées orientales en 1940.

Cependant, dans l'Ubaye, et à plus forte raison dans le Queyras où elles sont moins fréquentes, les crues d'automne n'atteignent généralement pas la même violence que les crues de printemps. La principale raison de cette différence est l'absence de neige : la crue est alimentée uniquement par les pluies, et c'est une tranche d'eau inférieure de 100 à 300 mm qui s'écoule ainsi, toutes conditions étant égales par ailleurs. Mais l'absence de couverture neigeuse influence probablement aussi les condensations en tendant à diminuer l'effet de paroi froide lors de l'ascension des masses d'air le long des versants montagneux. Enfin, généralement, les sols sont en partie séchés par l'été. Les crues d'automne importantes ne se produisent qu'après une période préparatoire ayant reconstitué les réserves d'eau du sol et exigent ainsi un effet de répétition de la pluie plus accusé que les averses de printemps, qui profitent de l'humidité due à la fusion des neiges. Il faut à la fois une intensité plus exceptionnelle des averses et un concours de circonstances plus complexe pour que les pluies d'automne engendrent de fortes crues.

Enfin, les masses d'air ascendantes fournissant les précipitations, viennent généralement, à cette saison, du S et du SW, plus rarement de la plaine du Pô, ce qui est un autre élément défavorable : la position reculée de nos bassins fait qu'une bonne partie de l'humidité s'est déjà condensée lorsque les masses d'air les atteignent. C'est d'ailleurs ce qui explique que l'Ubaye soit plus touchée que le Queyras et, surtout, que les crues d'automne affectent principalement la basse Durance.

Tout compte fait, les crues d'automne sont beaucoup moins fréquentes que les crues de printemps, surtout sur le Guil, et probablement aussi sur la Cerveyrette. Il faut un concours de circonstances beaucoup plus exceptionnel pour qu'elles soient fortes, ce qui explique qu'elles n'apparaissent guère sur les courbes de régimes établies au moyen de moyennes mensuelles et qu'il faille recourir à des moyennes journalières pour qu'elles se montrent, d'ailleurs timidement. Enfin, les particularités climatiques des bassins ne permettent guère de penser qu'elles puissent atteindre une ampleur comparable à celle des crues de printemps de même probabilité.

Il n'en reste pas moins que, dans certaines circonstances exceptionnelles, de fortes crues d'automne se sont produites dans les Alpes centrales du Sud.

Ch.-P. Péguy a relevé les suivantes :

— Fin septembre 1920, une crue du Guil qui a coupé la route d'Abriès au Roux et qui a passé partiellement inaperçue jusqu'à l'étude de P. Wyart. Le limnigraphe de la Maison-du-Roy a été, en effet, arraché, et on manque de mesures. Cependant, l'eau semble avoir atteint la cote 2,6 à 3,1, ce qui permet d'évaluer le débit entre 228 et 352 m<sup>3</sup>/sec. Le module aurait été compris entre 500 et 750 l/sec. Pour rester bien en deçà des crues de printemps de 1948 et de 1957, il s'agit cependant d'une des fortes crues que l'on connaît dans le bassin du Guil.

Paradoxalement, cette crue d'automne a été déclanchée, sur le Guil, par un mécanisme analogue à celui des crues de printemps, ce qui explique son caractère tout à fait exceptionnel à cette saison. En effet, elle a été précédée par d'abondantes chutes de neige précoces en montagne, qui semblent avoir formé une couche de plus de 1 m vers 2 000 m. Elles ont été suivies par une arrivée d'air méditerranéen chaud et humide, fortement ascendant, qui, comme en 1957, a affecté essentiellement les hautes vallées proches de la frontière. La Tarentaise, la Maurienne, diverses vallées suisses et

italiennes ont été dévastées<sup>4</sup>. Malheureusement, si une étude leur a été consacrée, on ne dispose pour l'Ubaye et le Queyras, parentes pauvres, d'aucun travail ou document valable en dehors des relevés des postes météorologiques, dont nous avons pu apprécier le mauvais emplacement.

— Sur le Guil, le même auteur signale d'autres crues les 4-5 octobre 1751 et les 9-10 octobre 1791. Cette dernière semble avoir été déclanchée par une arrivée d'air ascendant depuis la plaine du Pô, car les plus forts dégâts se sont localisés à Abriès, partiellement détruit par le torrent du Bouchet.

— Sur l'Ubaye, une crue notable eut lieu les 2-3 octobre 1868. Pendant la décade 1904-1914, on note un seul maximum élevé en automne, celui du 30 octobre 1914, qui a atteint 48,5 m<sup>3</sup>/sec. et dépasse légèrement celui de la crue de printemps de la même année, d'ailleurs répartie en deux poussées (37 m<sup>3</sup> le 10 mai et 45 le 27 juin). Ce débit ne représente d'ailleurs que 88,3 l/sec./km<sup>2</sup>, ce qui est bien peu en comparaison de ce qu'on enregistre lors des crues catastrophiques ou même des crues de printemps moyennes (120 à 150 l/sec./km<sup>2</sup>).

Ces crues d'automne, plus fréquentes dans l'Ubaye que dans le Queyras, sont donc beaucoup plus rares que les crues de printemps. La crue de printemps a lieu tous les ans. Elle est l'élément caractéristique du régime. En automne, de hautes eaux sont la règle entre le 15 septembre et le 1<sup>er</sup> novembre. Elles résultent d'une accentuation de la circulation cyclonale génératrice d'averses assez abondantes, plus intenses, en général, dans l'Ubaye que dans le Queyras. Mais leur effet hydrologique est amoindri par suite de la baisse progressive de température, qui engendre en altitude une immobilisation des précipitations sous forme de neige, et par la capacité d'absorption du sol relativement grande à la fin d'un été où l'évaporation l'emporte normalement sur les précipitations.

Ces crues sont essentiellement fonction des averses. Les plus fortes découlent de pluies particulièrement intenses succédant à une période humide pendant laquelle le sol s'est en partie imbibé.

Dans des circonstances tout à fait exceptionnelles, l'onde de crue nluviale peut être renforcée par la fusion des neiges, comme en Queyras en 1920. Il faut pour cela des neiges précoces fondant brusquement sous de violentes averses coïncidant avec un adoucissement.

---

<sup>4</sup> Pour M. Pardé (lettre du 20 mars 1958). le rôle de la fonte des neiges serait, dans ce cas, bien moindre que ne l'admet Ch.-P. Péguy, et le principal facteur serait une averse torrentielle sur le bord de la plaine du Pô, ayant donné par endroits 250 à 400 mm en deux jours.

sement marqué de la température, ce qui ne peut se produire que par une arrivée brutale d'air d'origine méditerranéenne. Le phénomène n'est dangereux que pour les hauts bassins et sa périodicité peut être considérée comme très faible, la probabilité d'un tel concours de circonstances étant bien inférieure à celle qui déclenche une crue de printemps de hauteur comparable. Il suppose, en effet, au début, une exagération des phénomènes météorologiques normaux (neiges précoces), puis un renversement complet et brutal, allant à l'encontre de l'évolution habituelle (réchauffement avec violentes averses). On conçoit aisément qu'une telle succession de phénomènes exceptionnels soit plus rare qu'une simple exagération de phénomènes banaux, comme ceux qui engendrent les crues de printemps. De toutes manières, ces crues automnales, tout en pouvant causer d'importants dégâts, ne semblent guère pouvoir s'approcher des records enregistrés lors des crues de printemps. Pour le Guil, les évaluations de P. Wvart arrivent à 228-352 m<sup>3</sup>/sec. ou 480-740 l/sec./km<sup>2</sup> le 24 septembre 1920. Or, le même auteur était amené à admettre, en 1950, des modules maxima probables de 1 000-1 500 l/sec./km<sup>2</sup>. En mai 1948, il aboutit à un module vraisemblable de 600 l/sec./km<sup>2</sup>. D'après les documents très incertains dont nous disposons, la crue de la mi-juin 1957 aurait avoisiné les 1 000 l/sec./km<sup>2</sup> pour l'ensemble du bassin du Guil. E. D. F. a admis, pour l'Ubaye, 870 l/sec./km<sup>2</sup> en amont de Barcelonnette. A côté des crues de printemps, la crue d'automne tout à fait exceptionnelle de 1920 fait nièbre figure. Elle reste en dessous des 400-450 m<sup>3</sup>/sec. qui semblent, sur le Guil, provoquer des dégâts très importants et arracher ponts et route dans les gorges.

On peut donc conclure que c'est en fonction des possibilités de crues de printemps qu'il faut effectuer l'aménagement du Queyras et de l'Ubaye. Contre les dangers que présentent les autres saisons, il s'agira surtout de précautions locales : corrections de torrents pour empêcher les laves ou déniement de villages particulièrement menacés, soit par les crues, soit par les avalanches.

### CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette analyse, rassemblons les divers faits qui ont pu être établis et les hypothèses valables qui ont pu en être déduites afin de fournir les éléments de base d'une politique de reconstruction et d'aménagement des vallées dévastées.

1° La crue de la mi-juin 1957 a été certainement sur le Guil, et très probablement sur l'Ubaye, une de ces crues que les hydrologues



désignent comme millénaires. Cependant, il serait simpliste et dangereux de penser qu'une crue d'ampleur analogue ne doive se produire que d'ici un millier d'années et, de la sorte, de ne pas la prendre en considération pour l'aménagement régional. Le débit exceptionnel de la crue a été provoqué par le jeu de mécanismes banaux, typiques de la saison, qui ont seulement été, pour la plupart, d'une intensité bien supérieure à la moyenne. Un tel concours de circonstances peut se répéter et même, quoiqu'avec une probabilité réduite, aboutir à une crue encore plus violente. Bien que la question soit très mal connue encore, l'évolution climatique séculaire peut se traduire par un renforcement considérable des probabilités de telles crues : il suffit pour cela d'une accentuation de la circulation cyclonale du genre de celle qui se manifeste depuis une dizaine d'années et dont les origines sont discutées (taches solaires, renforcement de la radio-activité de la haute atmosphère ?).

2° De telles crues se produisant exclusivement quand le sol est entièrement saturé, il n'est guère possible d'agir sur le volume écoulé. Des boisements ou engazonnements ne réduisent pas le coefficient d'écoulement dans de telles conditions. Même sous forêt, des ravinements se sont amorcés en Queyras en juin 1957. Du point de vue purement hydrologique, la seule solution serait celle d'un barrage de retenue. L'énormité des débits écoulés exige cependant un ouvrage de grande capacité, qui serait non seulement coûteux, mais posera des problèmes sociaux et économiques du fait de l'étendue des terres à nover, des villages à déplacer, etc... L'étude du projet devra comprendre, à notre avis, une analyse de géographie humaine faite en collaboration avec les divers services compétents et les notabilités de la région.

3° Une crue comparable n'a provoqué, en 1856, que des dégâts beaucoup plus limités. Une crue beaucoup plus faible, par contre, a déjà isolé le Queyras en 1948. Il n'y a donc pas proportionnalité entre le phénomène hydrologique et ses conséquences géomorphologiques. Pour le Queyras, touché dans sa totalité par la destruction de la route nationale 202, il semble que le seuil des situations catastrophiques soit atteint avec des débits du Guil de l'ordre de 400-450 m<sup>3</sup>/sec. A en juger par le dernier siècle, leur probabilité serait de l'ordre de 30 à 50 ans. *Il est donc indispensable de les prendre en considération* pour toute la reconstruction et tout aménagement. La R. N. 202 a été emportée en 1948 dans les gorges et, à nouveau, en 1957. Chaque fois, le Queyras est isolé, coupé du monde. En accord avec le régime du cours d'eau, ces catastrophes ont eu lieu, heureusement, au printemps et le rétablissement des communications a pu être assuré pour l'hiver suivant. Mais une

certaine possibilité existe de crues d'automne du type de celle de 1920, qui pourraient avoir le même effet. A-t-on songé à la situation qui serait alors créée ? Même sans cela, la destruction d'une artère vitale deux fois en 10 ans est un test, et un test coûteux et dangereux. Il suffit à démontrer que cette route est mal implantée. Ce n'est pas un hasard si, pendant des siècles, le Queyras a communiqué avec les autres vallées par les cols beaucoup plus qu'avec Montdauphin par les gorges, et si l'habitant du haut Queyras considère celui de la basse vallée comme un étranger. C'est la conséquence des faits topographiques et du jeu des forces naturelles. La route des gorges a été établie sans en tenir compte, à une époque où la géomorphologie dynamique ne pouvait pas encore apporter son concours aux ingénieurs. Il est maintenant possible de traiter la question d'une manière rationnelle.

4° L'étude hydrologique nous permet de poser les problèmes géomorphologiques dans les termes suivants : les énormes dégâts subis résultent de la combinaison d'installations mal adaptées aux conditions naturelles d'évolution du modelé avec des phénomènes de résonance, qui ont amplifié les conséquences d'une manifestation hydrologique déjà de très grande intensité. Nous pensons qu'il y a lieu :

a) D'étudier très attentivement le problème de la R. N. 202, problème crucial. Les circonstances ont obligé à rétablir provisoirement la circulation sur l'ancien tracé. Une prouesse a été réalisée par les services des Ponts et Chaussées, auxquels il convient de rendre hommage, mais cela ne doit pas impliquer la réinstallation définitive de la route dans les mêmes conditions. Deux solutions sont possibles :

— Réutiliser l'ancien tracé avec des aménagements de détail, mais en assurant la stabilité de la chaussée, ce qui ne peut se faire qu'en empêchant le renouvellement, dans les gorges, des crues destructives. Cela implique une régularisation du Guil par barrage, avec les problèmes que cela pose (voir paragraphe 2).

— Rechercher un nouveau tracé adapté aux conditions d'évolution naturelle des versants et à la dynamique des cours d'eau traversés.

b) D'examiner la source et les modalités des transports solides qui ont été déclanchés par la crue. Si l'engazonnement et le reboisement ne peuvent guère modifier le débit liquide, ils peuvent, ainsi que la correction des torrents, changer sensiblement ses effets. Une grande partie des destructions sont dues à des embâcles de troncs d'arbres et de blocs en arrière d'obstacles, principalement de ponts,

mais aussi à certaines confluences et dans certains rétrécissements. Les mises en charge qui en ont résulté ont déclenché des lames d'eau dévastatrices lorsque le barrage a cédé. Les services du Génie rural peuvent avoir une action très efficace en traitant les zones critiques du bassin versant de telle manière que de telles embâcles soient exceptionnelles. Cependant, cela ne peut suffire et il faudra étudier les ouvrages d'art à reconstruire, afin qu'ils ne risquent pas de s'engorger. Malheureusement, plusieurs d'entre eux ont été déjà refaits dans des sites fort critiquables et avec des tirants d'air insuffisants.

c) La reconstruction des immeubles et installations rurales et industrielles devra être faite en tenant compte de la combinaison de divers éléments.

— De l'accentuation de l'instabilité de certains sites occasionnée par la crue : versants sapés, rebords de cônes ou de terrasses rongés et menacés de glissements, exhaussement de certaines accumulations alluviales, etc...

— Des destructions périodiques antérieures, particulièrement fréquentes dans certaines agglomérations, comme Abriès, Ristolas ou Ceillac. La tradition, toute puissante autrefois et associée à la résignation en face d'une nature mystérieuse, avait fait reconstruire chaque fois les villages détruits au même emplacement. Cette solution doit être rejetée et chaque cas étudié rationnellement, d'autant plus que l'évolution économique modifie l'intérêt présenté, pour le paysan, par les diverses parties du terroir. Un transfert, souhaitable du point de vue géomorphologique, peut s'avérer, de plus, rentable sur le strict plan agrotechnique ou urbanistiques (amélioration de l'habitat).

— Des possibilités de travaux de correction et de stabilisation et de leur coût. Chaque problème devra être considéré d'un point de vue global, sous l'angle de son insertion géographique. Ici, il sera plus rentable de renoncer à un ouvrage dispendieux et de déplacer un hameau, dont la reconstruction à neuf sera moins onéreuse et aidera au progrès rural. Là, au contraire, un aménagement sera préférable, même au prix d'une dépense élevée, pour éviter l'abandon d'un terroir. Bref, l'optique devra être la même que pour l'étude d'un éventuel projet de barrage régularisateur.

## SOURCES ET RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## a) Sources non imprimées :

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude aux divers services qui ont bien voulu mettre avec empressement à notre disposition la documentation qu'ils avaient recueillie sur la crue de la mi-juin 1957 :

Sur les circonstances météorologiques, la Météorologie nationale et le Centre hydrométéorologique de Lyon d'E.D.F. nous ont fourni les données utilisées. Nous avons, en outre, consulté :

- 1) Rapport sur la crue de la haute Durance, 13-14 juin 1957, par M. J. WAGNER, Chef de Station de la Météorologie nationale, Embrun.
- 2) Etude succincte sur les phénomènes exceptionnels du mois de juin 1957 dans les Basses-Alpes, par M. ALZIEU, Chef de la Station météorologique de Saint-Auban.
- 3) Note sur les inondations dans les Hautes-Alpes en juin 1957, *Météorologie nationale*, Paris.  
Sur la crue elle-même et ses conséquences, nous avons utilisé :
- 4) Etude sur la crue de juin 1957. E.D.F., Centre hydrométéorologique des Alpes.
- 5) Note sur les travaux d'aménagement nécessaires dans les vallées du Queyras, dans le bassin de l'Ubaye et de la Cerveyrette (à la suite des inondations du 13 juin 1957). Ministère de l'Agriculture, Section technique Hydraulique du Génie rural.
- 6) Rapport sur le débordement du Guil, de M. MONNET, Conservateur des Eaux et Forêts à Gap.
- 7) Rapport sur les dégâts torrentiels des 13, 14 et 15 juin 1957, par M. ROGIE, Ingénieur des Eaux et Forêts à Gap.
- 8) Rapport de MM. les Inspecteurs généraux LYON et QUESNEL à M. le Directeur général du Génie rural et de l'Hydraulique agricole, à la suite d'une mission du 4 au 9 septembre (1957), de MM. Lyon, Quesnel et Darves-Bornoz.

## b) Publications diverses :

Aucune d'entre elles ne concerne la crue de la mi-juin 1957. Cependant ces ouvrages contiennent des données indispensables à la compréhension de la catastrophe.

Sur le climat, nous avons consulté :

- 9) BÉNÉVENT (E.). — *Le climat des Alpes françaises*. Mémorial de l'O.N.M., Paris (Chiron), 1926, 435 p., 80 fig., 8 pl. h. t.
- 10) BÉNÉVENT (E.). — Les vents de fœhn dans les Alpes françaises. *Union Générale des Rhodaniens, VII<sup>e</sup> Congrès*, Lausanne, 1935.
- 11) PÉGUY (Ch.-P.). — *Haute-Durance et Ubaye, Esquisse physique de la zone intra-alpine des Alpes françaises du Sud*. Thèse Lettres, 320 p., Grenoble, 1947.
- 12) RHAM (de). — *Le climat des Alpes méridionales. Essai d'utilisation des divers éléments météorologiques pour l'évaluation des débits de la haute Durance*. *La Météorologie*, n° 43, p. 453-508, n° 44, p. 509-625.

Sur l'hydrologie, nous avons consulté :

- 13) *Annuaire Hydrologique de la France*, publié par la Société Hydrotechnique de France.
- 14) Comptes rendus et résultats des études et travaux. Ministère de l'Agriculture, Direction de l'Hydraulique des Améliorations agricoles, Service des Grandes Forces hydr., région des Alpes.
- 15) IMBEAUX (E.). — *La Durance, régime, crues, inondations*. Annales des Ponts et Chaussées, 1892, p. 1-200.
- 16) MORLAT, BILLIET, BERNIER. — Les crues de la haute Durance et la théorie statistique des valeurs extrêmes. *U.G.G.I., Ass. Intern. Hydrol. Sc., Symposium Darcy*, Dijon, 1956, III, p. 99-114.
- 17) PARDÉ (M.). — *Le calcul des débits du Rhône et de ses affluents*. Grenoble, 1925, 128 p.
- 18) PARDÉ (M.). — *Le régime du Rhône, Etude hydrologique*. Inst. des Etudes rhodaniennes de l'Univ. de Lyon, 1925, 2 vol. (thèse Lettres, Grenoble).
- 19) PARDÉ (M.). — *Quelques nouveautés sur le régime du Rhône. Erratum et addendum à un gros ouvrage*. Etudes rhodaniennes de l'Univ. de Lyon, Mém. et Documents, 1942, 172 p., 1 fig., 15 tabl.
- 20) SCLAFERT (T.). — *Le haut Dauphiné au Moyen-Age*. Thèse Lettres, Paris 1926.
- 21) SERRA (L.). — Les études hydrologiques sur la haute Durance. *Mém. et Travaux. S.H.F.*, 1953, n° 2, p. 135-144.
- 22) SERRA (L.). — L'étude météorologique des possibilités de crues. Application à la Durance. *U.G.G.I., Ass. Intern. Hydrol. Sc. Symposium Darcy*, Dijon, 1956, III, p. 291-299.
- 23) TIVOLLIER et ISNEL. — *Le Queyras*. Gap (Jean), 1938, 2 vol.
- 24) WYART (P.). — Monographie hydrologique du Guil, affluent de la Durance. *La Houille Blanche*, n° spéc. A, 1950, p. 247-263.

## La crue de la mi-juin 1957 sur le Guil, l'Ubaye et la Cerveyrette

Jean Tricart

Revue de géographie alpine, Année 1958, Volume 46, Numéro 4  
p. 565 - 627

[Voir l'article en ligne](#)

### Avertissement

L'éditeur du site « PERSEE » – le Ministère de la jeunesse, de l'éducation nationale et de la recherche, Direction de l'enseignement supérieur, Sous-direction des bibliothèques et de la documentation – détient la propriété intellectuelle et les droits d'exploitation. A ce titre il est titulaire des droits d'auteur et du droit sui generis du producteur de bases de données sur ce site conformément à la loi n°98-536 du 1er juillet 1998 relative aux bases de données.

Les oeuvres reproduites sur le site « PERSEE » sont protégées par les dispositions générales du Code de la propriété intellectuelle.

#### Droits et devoirs des utilisateurs

Pour un usage strictement privé, la simple reproduction du contenu de ce site est libre.

Pour un usage scientifique ou pédagogique, à des fins de recherches, d'enseignement ou de communication excluant toute exploitation commerciale, la reproduction et la communication au public du contenu de ce site sont autorisées, sous réserve que celles-ci servent d'illustration, ne soient pas substantielles et ne soient pas expressément limitées (plans ou photographies). La mention Le Ministère de la jeunesse, de l'éducation nationale et de la recherche, Direction de l'enseignement supérieur, Sous-direction des bibliothèques et de la documentation sur chaque reproduction tirée du site est obligatoire ainsi que le nom de la revue et- lorsqu'ils sont indiqués - le nom de l'auteur et la référence du document reproduit.

Toute autre reproduction ou communication au public, intégrale ou substantielle du contenu de ce site, par quelque procédé que ce soit, de l'éditeur original de l'oeuvre, de l'auteur et de ses ayants droit.

La reproduction et l'exploitation des photographies et des plans, y compris à des fins commerciales, doivent être autorisés par l'éditeur du site, Le Ministère de la jeunesse, de l'éducation nationale et de la recherche, Direction de l'enseignement supérieur, Sous-direction des bibliothèques et de la documentation (voir <http://www.sup.adc.education.fr/bib/> ). La source et les crédits devront toujours être mentionnés.