Monographie hydrologique du Guil

affluent de la Durance

The Monography of the Guil River

PAR PIERRE WYART

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE ET DE L'ÉCOLE DES INGÉNIEURS HYDRAULIENS
CHEF DU GROUPE DE PRODUCTION HYDRAULIQUE « SAVOIE » D'ÉLECTRICITÉ DE FRANCE.

English synopsis p. 192

1. — LE CLIMAT.

1.1. — Généralités.

Les Alpes du nord et les Alpes du sud diffèrent profondément aux yeux de l'observateur le moins averti par le relief, par la limpidité du ciel et la végétation, par le régime et l'abondance des précipitations et des cours d'eau. Au nord, des torrents mieux nourris s'alimentant l'été aux nombreux glaciers créés par les abondantes précipitations des altitudes élevées, au sud des rivières plus irrégulières, qui tantôt se traînent sur des lits de galets presque à sec, et tantôt roulent des crues terrifiantes.

Ces deux régions sont séparées par une zone de transition à laquelle BENEVENT a donné le nom de zone de transition à tendance méditerranéenne, et qui englobe une large partie des Alpes, du Diois au Briançonnais et au Queyras. Elle est bordée au nord par une limite climatique, véritable ligne de discontinuité qui passe par les cols du Rousset, de Lus la Croix-Haute, les crêtes méridionales et orientales du Pelvoux, le col du Galibier.

BENEVENT, qui décrit ce phénomène dans sa thèse magistrale sur le *Climat des Alpes*, l'attribue à la présence d'une « dorsale barométrique » qui effectue le départ entre le domaine méditerranéen et le domaine atlantique pendant les périodes où de basses pressions envahissent l'Europe occidentale.

« Lorsqu'un régime de ce genre s'établit sur l'Océan, ou bien une pointe de hautes pressions émanée de l'anticyclone des Açores abrite la Pro-

vence et, le plus souvent, la plus grande partie des Alpes méridionales contre les influences de

FIG. 1. — ZONE LIMITE CLIMATIQUE.

(Bénévent)

LE BASSIN DU GUIL. (Carte générale.)

l'Ouest, ou bien ce barrage n'existe pas et un minimum barométrique plus puissant se forme d'ordinaire dans le bassin occidental de la Méditerranée. Dans les deux cas, une zone de pression plus élevée sépare la Méditerranée de l'Océan. Certes, cette dorsale anticyclonale, parfois à peine marquée, se déplace sur nos Alpes du nord au sud, suivant la force respective des deux centres cycloniques, mais il est une position moyenne sur laquelle elle paraît s'établir plus volontiers au nord de Gap et de Briançon, et c'est cette position qui détermine l'emplacement de la zone limite climatique ».

Au voisinage de la frontière italienne, deux éléments nouveaux interviennent :

- d'une part, l'abri qui aggrave la sécheresse;
- d'autre part, la Lombarde, qui accroît partout l'humidité des chaînes frontalières.

C'est la combinaison de ces éléments qui donne au bassin du Guil sa physionomie particulière.

Profondément enfoncé à l'intérieur du Massif Alpin, le Guil, entre Abriès et Guillestre, coule du nord-est au sud-ouest et sa vallée se prolonge en aval par celle de la Durance. Elle est donc ouverte au vent pluvieux dominant qui remonte cette dernière.

FIG. 2. — VENT DOMINANT DES JOURS DE PLUIE.

(Le grisé indique les secteurs d'où semblent provenir les vents associés à la pluie.)

(Bénévent)

Par contre, le haut Guil et les affluents sont orientés dans la direction perpendiculaire.

Ce sont :

- Sur la rive gauche : l'Aigue-Blanche, le Cris-tillan et le Chagne;
- Sur la rive droite, moins bien alimentée : la rivière d'Arvieux et quelque torrents de faible importance, qui ne sont en période d'étiage que de maigres filets d'eau s'asséchant parfois complètement.

L'altitude moyenne du bassin est supérieure à 2.000 mètres, les lignes de crête qui séparent les affluents entre eux et le bassin entier des bassins voisins sont à l'altitude de 3.000 mètres environ.

Ainsi le Queyras se présente comme un de ces massifs fermés et cloisonnés abrités par de hautes chaînes, dont la sécheresse relative est bien connue.

ANFOSSI a signalé que la plaine du Pô reçoit 1.000 à 1.200 mm de pluie par an, tandis que les vallées piémontaises qui se trouvent sur le versant italien, à peu près à la latitude du Guil voient la pluviosité diminuer malgré l'augmentation de l'altitude.

— Crissolo (Pô supérieur), à 1.390 m, ne reçoit que 857 mm;

— Casteldelfino (vallée de la Varaita), à 1.310 m, ne reçoit que 873 mm;

— Suse (vallée de la Doire Ripaire), ne reçoit que 613 mm.

En France, même, la Haute-Durance, mieux abritée encore par la puissante masse du Pelvoux, se trouve être une des régions les plus sèches des Alpes :

— Briançon, à 1.300 m, ne reçoit que 587 mm de pluie.

Nous parlerons plus loin des précipitations sur le bassin du Guil. Auparavant, nous allons dire quelques mots du régime des vents et des températures.

1.2. — Les vents.

Nous n'avons à ce sujet que des données qualitatives, mais qui ont fait l'objet d'une étude serrée de M. BENEVENT. En voici l'essentiel.

1.2.1. — LA LOMBARDE. — C'est dans le Queyras un vent qui vient du secteur sud-est à est. Il joue un rôle de premier plan, et il est fréquemment uni à la pluie ou à la neige. Le « vent d'Italie » déchaîne la neige sur Saint-Véran par le col de Saint-Véran, sur Molines et Fontguillarde par le col d'Agnel, dans la vallée supérieure du Guil par toutes les ouvertures qui conduisent au Val Pellice.

La Lombarde peut être extrêmement violente. Elle est plutôt tiède que froide, sauf cependant à la saison froide. Dans le cas de Lombarde généralisée, il peut y avoir effet de föhn, mais l'orientation des thalwegs du Guil, orientés perpendiculairement à la direction du vent, tend à s'y opposer.

Les vallées italiennes sont souvent emplies de nuées. Au printemps et en automne, ces nappes grises s'engouffrent par les cols frontières. Les couches inférieures se réchauffent en descendant et s'éloignent de leur point de saturation. Au sol, la Lombarde devient un vent sec. Les couches supérieures seules n'étant pas affectées de mouvements descendants notables, peuvent être saturées et continuer ainsi, chargées de nuages, leur route vers l'ouest et le nord-ouest.

On s'explique par là que si les brouillards sont à peu près inconnus dans les hautes vallées, la Lombarde puisse cependant y apporter des pluies notables.

La condition essentielle est que l'air italien soit au départ fortement saturé de vapeur d'eau : de grandes pluies inondent alors le flanc oriental des Alpes, s'abattent sur les crêtes frontières les mieux orientées pour faire obstacle à ce courant du sud-est et le forcer à amplifier son

FIG. 3. — VENT DOMINANT.

(Bénevent)

mouvement ascendant. Les hautes vallées françaises voisines ont aussi leur part de ce déluge. Telles ces trombes d'eau qui provoquèrent en septembre 1920 de si terribles inondations en Haute-Maurienne et, dans le Guil, la plus forte crue connue de mémoire d'homme (voir ci-après l'étude de la crue du 24 septembre 1920).

1.2.2. — LE VENT DU MIDI. — Malgré la fréquence de la Lombarde, le vent du Midi reste le vent pluvieux dominant. Quand il s'agit d'un courant humide homogène, on peut s'attendre à des pluies orographiques ou à des averses d'instabilité, mais les grandes pluies ne se produisent plus qu'aux discontinuités frontales, au contact du front froid et du front chaud du cyclone (théorie norvégienne).

Le vent du Midi peut donc souffler sans qu'il y ait de pluie, on lui donne alors le nom de « vent blanc ». A Gap, le vent du Midi est un vent blanc une fois sur trois en moyenne.

1.2.3. — LA TRAVERSE. — Ce nom, qui désigne les vents du secteur ouest, n'est pas usité dans la zone intra-alpine. Cependant la Traverse s'y fait sentir. Elle est généralement accompagnée d'orage et de grêle; tandis que la pluie et la

neige accompagnent le plus souvent le vent du Midi. C'est un vent de grain, qui arrive en général avec la traine des systèmes nuageux.

1.2.4. — LE VENT DU NORD. — La bise est le vent dominant dans les Alpes, sauf dans la région frontière, domaine de la Lombarde. Le bassin du Guil semble être relativement à l'abri de ce vent froid qui est d'ailleurs généralement un vent sec.

1.2.5. — LES BRISES LOCALES. — Autres vents secs, ceux qui, pendant la belle saison, lorsque le gradient général est faible, remontent la vallée du Guil aux heures chaudes de la journée et la descendent pendant la nuit.

La brise montante est sensible à Aiguilles vers 12 ou 13 heures.

Au nord, dans la zone de transition à tendance continentale, l'été est une période de maximum secondaire pour les précipitations. C'est un minimum secondaire, plus au sud, dans la zone méditerranéenne sublittorale. Dans le bassin du Guil, intermédiaire entre ces deux zones, l'été est presque une saison de précipitations moyennes.

Le souffle tiède de la brise montante active sensiblement l'évaporation et diminue la part de ces pluies qui viennent augmenter les débits.

1.3. — Les températures.

Les températures sont mesurées depuis 1936 dans le bassin du Guil par la Commission Météorologique des Hautes-Alpes, à :

Guillestre.....	Altitude 1.000 m
Vars	— 1.800 m
Ceillac	— 1.640 m
Arvieux	— 1.550 m
Château-Queyras ..	— 1.385 m
Saint-Véran	— 2.040 m
Abriès	— 1.552 m

Il résulte de ces mesures que la température moyenne annuelle à Guillestre est de 8,6° et que la décroissance des températures par 100 m d'altitude est d'environ 0,7°. L'isotherme 0° doit, par conséquent, se trouver à 2.200 m d'altitude, c'est-à-dire à peu près à l'altitude moyenne du bassin versant. Cette faible température moyenne est de nature à diminuer l'évaporation.

1.4. — Les précipitations.

1.4.1. — MESURES. — Six postes de mesures des précipitations ont été créés par la Commission météorologique des Hautes-Alpes. Ils sont équipés d'un pluviomètre Association et d'une table à neige sur bascule de 1 m² imaginée par M. DUBOIS-CHABERT. Ce dernier donne les résultats suivants pour la période 1932-1941 :

Station	GUILLESTRE	VARS		CEILLAC		CHATEAU-QUEYRAS	ABRIÈS	
Altitude	1.000 m	1.738 m		1.640 m		1.385 m	1.522 m	
Précipitat. (mm). .	totales	totales	neige	totales	neige	totales	totales	neige
Janvier	42,3	46,6	38,7	51,0	48,2	46,2	48,1	43,8
Février	41,9	43,4	37,2	42,2	38,4	45,6	52,5	51,1
Mars	58,9	53,1	49,9	61,6	56,9	64,7	74,2	63
Avril	63,7	64,7	35,2	74,1	22,7	73,2	81,2	29,4
Mai	56	68,1	5,5	71,1	2,2	68,2	87,6	7,8
Juin	67,3	86,3		83,8		75,0	73,0	
Juillet	50,3	68,4		65,0		58,5	57,4	
Août	44,1	56,3		62,9		48,8	52,3	
Septembre	77,1	88,1		96,6		77,6	85,5	
Octobre	62,4	75,9	6,4	77,8	7,9	75,9	89,3	10,9
Novembre	85,4	79,2	56	74,5	44	89,7	84,5	55,6
Décembre	54,3	59,8	52	55,6	46,5	62,5	61,4	62,7
Totaux	704	790	281	816	267	786	847	324

Les données sur les stations d'Arvieux et de Saint-Véran (2.040 m) sont incomplètes.

1.4.2. — ANALYSE DES MESURES. — Par comparaison des stations de Vars, Ceillac, Château-Queyras et Abriès à celle de Guillestre, M. DUBOIS-CHABERT montre que, dans la limite des observations utilisées, l'accroissement des précipitations par 100 m d'altitude est d'environ 19,2 mm. L'accroissement est faible et stationnaire pendant les quatre mois d'hiver (décembre, janvier, février, mars), plus fort et stationnaire aussi pendant quatre mois d'été (juin, juillet, août et septembre); qu'il est maximum en mai, négatif en novembre; qu'il est plus accentué en direction est-ouest qu'en direction nord-sud. L'optimum des précipitations se trouverait vers 2.500 m d'altitude.

Les chiffres de la Commission météorologique des Hautes-Alpes sont probablement un peu faibles. Le pluviomètre Association ne possède pas de paravent et prend assez mal la neige. On a montré qu'il pouvait être déficitaire de 5 à 50 %, les plus grandes erreurs se produisent là où il y a le plus de vent et de chutes de neige. Une preuve de ce déficit se trouve dans l'étude même de M. DUBOIS-CHABERT :

Ces mesures nivométriques se font à la fois sur la table à neige et dans le pluviomètre. Pour une chute de neige fine et sèche, la table prend plus que le pluviomètre, à cause des remous qui empêchent la neige de pénétrer dans ce dernier. C'est le contraire quand la neige est humide, car une partie de ce qui tombe sur la table fond et échappe à la mesure. M. DUBOIS-CHABERT, pour la nivométrie, prenait à chaque chute de neige le chiffre le plus fort, tandis que la mesure des

précipitations totales se faisait uniquement avec le pluviomètre. C'est ainsi qu'à la station de Vars, en mars 1935, janvier et mars 1936, janvier, mars et avril 1938, etc., les précipitations mensuelles totales seraient plus faibles que l'équivalent en eau des chutes de neige. Il en est de même pour Ceillac et Abriès. Si l'on corrigeait ces anomalies dans les relevés journaliers, les différences seraient plus accentuées encore.

On augmenterait ainsi le chiffre donnant l'accroissement des précipitations par 100 m d'altitude, qui nous paraît ici particulièrement faible. BENEVENT a bien signalé que l'abondance des pluies croît de moins en moins vite avec l'altitude des Préalpes aux Massifs centraux, de ceux-ci à la zone intra-alpine, la progression des pluies fléchissant à mesure que s'usent les systèmes nuageux. Mais il cite les chiffres suivants :

- 1,5 mm par mètre d'élévation sur les chaînons occidentaux des Préalpes.
- 0,5 mm à 0,7 mm dans les chaînes cristallines de Belledonne et de Beaufortin.
- 0,5 mm en moyenne Maurienne. Toutefois, dit-il, sous l'influence des pluies de Lombardie, la progression se relève à nouveau dans les hautes vallées de l'Arc et de l'Isère.

Un phénomène du même ordre doit, à notre avis, se présenter dans la haute vallée du Guil et c'est pourquoi le chiffre de 0,19 mm de la Commission météorologique des Hautes-Alpes pour l'accroissement des précipitations par mètre d'altitude nous paraît anormalement faible.

C'est BENEVENT encore qui, dans un article de la *Revue de Géographie alpine*, XIV, 1926, pré-

tend que des précipitations maxima de 1.500 mm au niveau de l'optimum suffiraient à rendre compte des débits de la Cerveyrette et du Guil et même de celui de l'Ubaye.

D'après les mesures qui nous ont été communiquées par M. DUBOIS-CHABERT, il semble que l'on n'ait au niveau de l'optimum que 1.000 mm de précipitations totales pour l'année moyenne de la période 1932-1941.

Il est possible, à notre avis, que la détermination de l'accroissement des précipitations avec l'altitude ait été basée sur la comparaison d'un trop petit nombre de stations (celle de Vars, en particulier, semble devoir à sa situation géographique la faiblesse de ses précipitations) et que les précipitations aux hautes altitudes aient été sous-estimées.

Dans un chapitre ultérieur nous reviendrons sur ce sujet, en comparant les précipitations et les débits.

1.4.3. — LE RÉGIME DES PRÉCIPITATIONS. — Mais dès à présent on peut tirer des données en notre possession des renseignements utiles sur le régime des chutes de pluie et de neige.

C'est ainsi que nous avons déterminé les précipitations mensuelles sur le bassin versant à la Chapelue, en tenant compte des coefficients mensuels d'accroissement des précipitations avec l'altitude, la station de Guillestre étant prise comme base. Nous avons trouvé :

Mois	Précipitations	Coefficients mensuels
Janvier	55 mm	0,69
Février	52 mm	0,72
Mars	71 mm	0,89
Avril	86 mm	1,12
Mai	95 mm	1,19
Juin	92 mm	1,20
Juillet	75 mm	0,94
Août	66 mm	0,83
Septembre . . .	96 mm	1,25
Octobre	101 mm	1,27
Novembre . . .	80 mm	1,04
Décembre . . .	68 mm	0,85
Total	937 mm	

Le tableau ainsi obtenu montre que le maximum des précipitations se produit en octobre, le minimum en janvier.

Les coefficients pluviométriques saisonniers sont les suivants :

Automne (S. O. N.)	1,19
Hiver (D. J. F.)	0,75
Printemps (M. A. M.)	1,07
Été (J. J. A.)	0,99

Le maximum principal des précipitations a lieu en *automne*, le maximum secondaire au printemps, le minimum principal en *hiver*, le minimum secondaire en *été*; qui a un coefficient saisonnier voisin de 1.

Le régime est bien celui qui a été défini par BENEVENT comme représentant la zone de transition à tendance méditerranéenne.

1.5. — Conclusion.

Ce rapide exposé des principales données sur le climat de la vallée du Guil nous a montré que cette région est, dans les Alpes, relativement sèche pour les raisons suivantes :

1° Elle est profondément enfoncée à l'intérieur des Alpes, et à l'abri des hautes chaînes;

2° Elle se trouve à proximité de la zone limite climatique qui sépare nettement les Alpes du nord des Alpes du sud et qui est probablement l'emplacement le plus fréquent de la ligne des hautes pressions qui fait le départ, en période cyclonique, entre le domaine méditerranéen et le domaine atlantique.

Cependant, il faut noter que le bassin du Guil est soumis à la fois à l'influence atlantique, à l'influence méditerranéenne et à celle de la Lombardie venue de l'Est. Cette multiplicité des influences est de nature à accroître la régularité des précipitations.

Enfin, il convient de remarquer que la sécheresse dont nous parlons ici est toute relative. Elle n'est sensible que si on compare le bassin du Guil aux régions de même altitude des Alpes du nord, qui sont bien mieux arrosées.

Mais des précipitations de l'ordre de 900 à 1.000 mm constitueraient un chiffre honorable dans des régions moins élevées qui ne présenteraient pas les mêmes avantages en ce qui concerne les hauteurs de chute disponibles pour les aménagements hydroélectriques.

2. — L'HYDROMÉTRIE.

2.1. — L'organisation des stations de jaugeage du bassin du Guil.

Nous n'insisterons pas sur les difficultés que présentent les mesures de débit en rivière pendant une longue période. Le Service des Forces hydrauliques, avec des moyens financiers très faibles si on les compare à l'importance du champ d'action, s'est appliqué à résoudre au mieux ces problèmes. En particulier, M. l'Ingénieur en chef DE LA BROSSE a commencé à organiser en 1910 les stations de jaugeage du bassin du Guil. Des mesures ont été faites à :

Abriès, Villevieille, La Chapelue, Le Veyer, Pont-la-Pierre, Montdauphin, sur le Guil;

Ceillac, Maison-du-Roi, sur le Cristillan.

Notre but essentiel a été de nous rendre compte de la valeur de ces mesures, en dépouillant les archives de l'Administration et en procédant nous-mêmes à des jaugeages.

Ces derniers ne sauraient suffire, en définitive, à résoudre assez rapidement le problème de la productibilité des aménagements hydroélectriques projetés. En effet, le calcul doit être basé sur les débits d'une période assez longue pour donner une moyenne représentative. Le nombre d'années nécessaires à cet effet varie beaucoup d'un régime à un autre. Très grand lorsque les pluies jouent un rôle essentiel dans le régime, il peut être pris plus faible quand ce rôle appartient à la glace ou à la neige. Pour le Guil, torrent au régime nival de montagne, la période nécessaire est de l'ordre d'une quinzaine d'années. Il est en effet peu probable que la moyenne d'une très longue période s'écarte de plus de quelques pour cent de la moyenne de 15 à 20 ans.

Les documents des Forces hydrauliques du Sud-Est forment donc un ensemble précieux que nous avons étudié avec le plus grand soin.

2.2. — Examen critique des mesures du Service des Forces hydrauliques du Sud-Est.

2.2.1. — LE CRISTILLAN. — Les stations du Cristillan ne nous ont été d'aucune utilité.

Ce torrent, à pente extrêmement forte, n'est qu'une succession de cascades entre Ceillac et la Maison-du-Roi. Les mesures de débits faites à la station de la Maison-du-Roi sont complètement discordantes, d'une part à cause des mauvaises conditions hydrauliques de l'écoulement de l'eau, d'autre part à cause des variations du fond, le Cristillan charriant en grosses quantités des matières solides notamment en aval de son affluent de la rive gauche, la Réortie.

— A Ceillac, on avait établi un déversoir muni d'un limnigraphe. Cet ouvrage fut rapidement contourné par le torrent et la station abandonnée en 1919.

2.2.2. — LE GUIL :

2.2.2.1. — *La Station du Veyer* n'a été en service que pendant quelques mois (fin juin à fin septembre 1913).

2.2.2.2. — *Les Stations d'Abriès et Villevieille* ne nous ont été d'aucune utilité. — Leurs relevés ne concordent pas et les erreurs sont dues probablement à la difficulté de surveiller les observateurs, au gel qui empêche les lectures pendant une partie de l'hiver, à la mobilité des fonds. C'est probablement encore cette mobilité et aussi la difficulté d'exécuter des jaugeages précis qui ont nui au bon fonctionnement de la station de Montdauphin.

Restent les stations de Pont-la-Pierre et de la Chapelue qui sont la base de notre étude. Nous en avons suivi le fonctionnement en détail.

2.2.2.3. — *Station de Pont-la-Pierre.* — Cette station est située à 50 mètres en aval du Pont. Le bassin versant du Guil y est de 475 km². L'appareil enregistreur et l'échelle sont placés sur la rive droite et fixés au rocher. Malgré la présence d'un gros bloc à l'amont et l'élargissement rapide du lit au droit de l'échelle et de la passerelle de jaugeage, on peut dire que l'emplacement est assez favorable. C'est certainement le meilleur dans cette section du Guil.

Parlons d'abord des relevés de hauteurs d'eau. Nous avons pu constater, lors des jaugeages que nous avons faits nous-mêmes et par l'examen des enregistrements du limnigraphe, les variations sensibles de la hauteur d'eau pendant la journée, même lorsqu'il n'y a aucune précipitation sur le bassin. Cette variation est due à la fonte des neiges. Elle est systématique pendant certains mois de l'année. Prenons à titre d'exemple l'année 1938 pour laquelle les enregistrements du limnigraphe sont particulièrement bons.

La courbe, pendant le mois de janvier et la presque totalité du mois de février, est d'une régularité parfaite. Les débits décroissent lentement. Les précipitations se font sous forme de neige et n'ont aucune action immédiate sur le torrent. A partir du 22 février, cette régularité est troublée par quelques petites pointes qui durent deux heures environ. Le 5 mars, les variations périodiques commencent. La période est de 24 heures. L'amplitude, de 2 cm au début, croît rapidement malgré certains arrêts dus sans doute à un retour du froid. Elle atteint 10 cm en avril, 22 cm en juin, 10 à 15 cm en juillet.

Le 8 juillet, le niveau passe en 12 heures de 0,65 m à 1,25 m, retombe à 0,90 m en 12 heures, puis baisse lentement. C'est là probablement l'effet d'une pluie d'orage, crue très brève en raison de la pente élevée des versants et du torrent. Ensuite, les oscillations s'amortissent. A la fin juillet, elles tombent à 2 cm, disparaissent complètement pour revenir pendant quelques jours en août et septembre, sans doute quand les chaleurs les plus fortes liquéfient les derniers névés.

Les pluies d'automne sont aussi la cause de variations du niveau, mais celles-ci ne sont pas systématiques de sorte que, si l'étude porte sur une longue période, on peut admettre que les erreurs commises en supposant la hauteur d'eau constante dans une journée et égale à celle de la lecture, se compensent. Il n'en est évidemment pas de même des variations périodiques qui, dans certains cas, donnent à midi un débit de 40 % inférieur à la moyenne de la journée.

Dans ces conditions, on conçoit qu'un limnigraphe soit indispensable à la mesure exacte des débits journaliers. Partout où une seule lecture par jour a été faite, ces débits sont probablement entachés d'une erreur par défaut. En effet, les observations que nous avons eu l'occasion de faire nous-mêmes, et les renseignements que nous avons obtenus des riverains, nous ont appris que le minimum du débit se produit aux environs du milieu de la journée à l'heure où sont habituellement faites les lectures aux échelles.

Nous avons été ainsi amenés à rechercher les années où le fonctionnement de l'appareil enregistreur de Pont-la-Pierre n'a pas été satisfaisant.

Voici l'annotation de la main de M. DE LA BROUSSE que nous avons trouvée dans les bureaux de Grenoble :

« Le mauvais fonctionnement de l'enregistreur, de 1914 à 1917, la mobilisation, la difficulté de trouver du personnel dans cette vallée peu peuplée, ont occasionné de fréquentes interruptions dans les lectures d'échelle. Les résultats, bien qu'assez vraisemblables, sont donc donnés sous réserve. »

Voici ce qu'étaient ces résultats :

Années	Débit moyen en m ³ /sec.	Module en l/sec. par km ²
1914	13,35	28
1915	13,78	29
1916	12,60	26,5
1917	14,20	30

Les mesures de hauteurs d'eau de Pont-la-

Pierre ont été bonnes ou assez bonnes pendant les années :

— 1942, 1940, 1939, 1938, 1937, 1936, 1935, 1934;

probablement bonnes en :

— 1924, 1925, 1926, 1927.

Les autres années sont ou franchement mauvaises ou douteuses.

Est-il besoin de dire que des accidents de ce genre sont fréquents en la matière? La nécessité de faire surveiller et entretenir des appareils aussi délicats que des limnigraphes par des paysans qui, en général, ne s'intéressent pas à ce travail peu rémunéré, le froid qui règne dans ces vallées élevées gèle le flotteur ou coince le mouvement d'horlogerie, le sable qui envase le tube du flotteur, sont des inconvénients qu'on rencontre dès que l'on entreprend de mesurer les débits d'un cours d'eau.

Une bonne précaution, quand c'est possible, consiste à installer plusieurs stations en série. Pour le Guil, malheureusement, Pont-la-Pierre était la seule susceptible de nous donner des renseignements complets, la station de la Chapelue ayant perdu son limnigraphe dès 1914.

Pour déduire des mesures limnimétriques les débits, il faut effectuer des jaugeages.

La mesure des débits en rivière est basée sur l'hypothèse qu'à une cote lue à l'échelle correspond un seul débit. Ceci n'est exact que pour le mouvement permanent ou graduellement varié dans un cours d'eau dont le lit reste identique à lui-même non seulement au voisinage de l'échelle limnimétrique, mais encore assez loin à l'amont et à l'aval de cette échelle.

Cette condition est rarement tout à fait satisfaite. Aussi les points représentant les jaugeages d'une longue période sont-ils le plus souvent disposés dans une bande du plan des coordonnées dont l'étroitesse caractérise la valeur de la station de jaugeage.

On trouvera (fig. 4) le graphique des jaugeages effectués depuis 1913 par l'Administration (O) et par nous-mêmes (+) en 1942-1943. Les premiers forment un ensemble assez cohérent étant donné la longueur de la période sur laquelle ont porté les opérations.

Les jaugeages de l'Administration nous ont conduits à tracer la courbe caractéristique A pour la période où ils ont été effectués.

Nos jaugeages de 1942-1943 (+) sont situés sur la bordure externe du nuage des points de l'Administration. Ils sont assez nombreux pour que nous ayons été amenés à tracer pour cette période une courbe (B) un peu différente de la première, sur laquelle se trouve le dernier jaugeage des Forces hydrauliques du 7 octobre 1941. Nous avons utilisé le barème tiré de la courbe B à partir d'octobre 1941.

Les débits. — Nous avons déterminé les débits en litres-seconde par km² de bassin versant du Guil à Pont-la-Pierre pour la période 1924-1943 (fig. 5).

Rappelons que la précision de ces chiffres est :
— Bonne pour les années 1934, 1935, 1936, 1937, 1938, 1939, 1940 et 1942;

FIG. 4. — LE GUIL.

Courbe caractéristique de la station de Pont-la-Pierre

— Probablement bonne, sans que nous ayons pu nous en assurer pour les années 1924, 1925, 1926, 1927;

— Douteuse pour les autres années. Mentionnons en particulier les années :

1928. — Nous avons pour octobre, novembre, décembre, pris les débits spécifiques de la Chapelue auxquels nous avons ajouté 2 l/sec. par km², différence que nous avons décelée entre les débits en ce point et à Pont-la-Pierre.

1929. — Pour avoir une période continue de débits, nous avons attribué à Pont-la-Pierre les débits spécifiques de la Chapelue modifiés comme nous venons de le dire.

1930. — Nous avons complété de même l'année 1930 pour avril, mai, juin.

Le débit moyen de cette période est de :

20,7 litres/seconde par km².

Celui des années que nous avons mentionnées comme les plus sûres :

20,9 litres/seconde par km².

M. DE LA BROSE avait trouvé pour la période 1914-1917 :

28,4 litres/seconde par km².

2.2.2.4. — *Station de la Chapelue.* — La position de cette station ressemble beaucoup à celle de Pont-la-Pierre. Elle se trouve à environ 100 m en aval du pont de la route du Queyras dit *Pont-la-Tête*. Le profil de jaugeage se trouve sur une mouille au fond sableux; à quelques mètres en aval, se trouve un seuil constitué par des éléments plus grossiers. En amont, quelques gros blocs encombrant le lit et rendent l'écoulement assez turbulent, ce qui nuit à la précision des mesures de débit.

Le bassin versant à Pont-la-Tête est de 415 km² environ.

Le limnigraphe de la station, détruit en 1914, n'a jamais été remplacé. Les remarques faites au paragraphe 2.2.2.3 s'appliquent donc ici et nous ne pourrions pas établir d'une façon certaine les débits du Guil à la Chapelue.

En tout, 82 jaugeages ont été faits par l'Administration, probablement par l'ingénieur qui opérait à Pont-la-Pierre puisque de nombreuses opérations ont été faites le même jour.

Nous avons dressé le tableau qui nous a permis de nous rendre compte de la faiblesse anormale des débits mesurés à la Chapelue par rapport à ceux de Pont-la-Pierre.

Sur 46 jaugeages exécutés le même jour aux deux stations :

- 38 donnent des débits spécifiques plus forts à Pont-la-Pierre;
- 7 donnent des débits spécifiques plus faibles à Pont-la-Pierre;
- 1 donne des débits spécifiques égaux aux deux stations.

Les débits peuvent varier sensiblement dans une même journée, de sorte que la comparaison des débits aux deux stations résultant de jaugeages qui pouvaient ne pas être faits à des instants correspondants risque d'être faussée. Cependant, il serait peu probable, si les débits spécifiques étaient les mêmes aux deux stations, que dans plus de 80 % des cas on trouve plus à la station d'aval qu'à celle de la Chapelue.

FIG. 5. — LE GUIL A PONT-LA-PIERRE.
B. V. 475 km². — Période 1924-1942.

Nous avons dit que la station de la Chapelue, dépourvue de limnigraphe, ne peut nous être utile pour la détermination des débits moyens journaliers du Guil en ce point. Les mesures qui y ont été faites nous ont cependant permis de confirmer l'idée que nous avions eue en comparant les jaugeages de cette station à ceux de Pont-la-Pierre. Le Service des Forces hydrauliques n'a jamais, à notre connaissance, calculé les débits

du Guil à la Chapelue, à partir des mesures qu'il y avait fait exécuter.

Nous avons nous-mêmes transformé l'ensemble de points de jaugeages en courbe caractéristique de la station et en barème. Les points de jaugeage, bien que moins cohérents que ceux du Guil, forment cependant un ensemble assez satisfaisant.

Nous avons calculé les débits à la Chapelue

pendant les mois où les variations journalières sont faibles et nous avons comparé ces débits à ceux de Pont-la-Pierre pour les années 1930 à 1938.

Voici les résultats de cette comparaison :

LE GUIL
*Comparaison des moyennes mensuelles
à Pont-la-Pierre et à La Chapelue*

Années	JANVIER		FÉVRIER		DÉCEMBRE	
	Station de Pont-la-Pierre	Station de la Chapelue	Station de Pont-la-Pierre	Station de la Chapelue	Station de Pont-la-Pierre	Station de la Chapelue
1930	6,6	4,6	6,8	4,7	9,2	5,9
1931	8,5	5,1	8,9	4,4	9,1	5,2
1932	9,0	5,2	8,0	4,6	7,5	6,1
1933	6,1	4,8	6,9	4,8	12,5	6,8
1934	10,1	5,6	9,3	6,3	9,1	5,2
1935	7,5	4,3	7,5	4,0	11,4	8,7
1936	11,3	7,6	13,0	6,8	8,8	4,7
1937	8,1	4,1	8,0	4,1	10,9	6,8
1938	8,6	4,9	8,1	4,3	8,1	5,1
	75,8	46,2	76,5	44,0	86,6	54,5
Moyenne . .	8,4	5,1	8,5	4,9	9,6	6,1
Ecarts	3,3 l/s/km ²		3,6 l/s/km ²		3,5 l/s/km ²	

On voit que les débits à la Chapelue sont constamment inférieurs à ceux de Pont-la-Pierre, et que la différence est en moyenne d'environ 3 litres/seconde par km², soit environ 1,3 m³/seconde en valeur absolue.

En septembre 1942, nous avons jaugé nous-mêmes le même jour :

— 9,3 l/sec./km² à Pont-la-Pierre,

— 7,35 — à la Chapelue;

soit en ce point un déficit de 800 l/sec. au minimum, si l'on admet que le bassin versant qui alimente le Guil entre ces deux stations n'est pas plus arrosé que le reste de la surface réceptrice, ce qui paraît à peu près sûr, puisqu'il n'y a apparemment aucun affluent notable entre la Chapelue et Pont-la-Pierre.

Cette anomalie présentant une grande importance pour l'aménagement hydroélectrique projeté du Guil, qui comportait un barrage de près de 100 m de hauteur en aval de la station de la Chapelue, des jaugeages comparatifs précis étaient nécessaires. Nous les avons exécutés en février 1943, période d'étiage d'hiver où nous avions toutes chances de ne pas avoir de variations journalières de débit et où la « fuite »

éventuelle aurait le maximum d'importance relative.

2.2.2.5. — *Comparaison des débits spécifiques à Pont-la-Pierre et à la Chapelue.* — Nous avons effectué les 12, 13, 14, 15 et 16 février 1943 des jaugeages qui présentent un intérêt tout particulier du fait qu'aucun de ceux du Service des Forces hydrauliques n'avait été fait pour des hauteurs à l'échelle aussi faibles, aussi bien à la Chapelue qu'à Pont-la-Pierre.

Le 12 février, le temps était relativement doux et les hauteurs aux échelles ont varié légèrement, probablement à la suite de la fonte d'une légère couche de neige tombée huit jours auparavant. Nous avons jaugé :

— 2,57 m³/sec. à Pont-la-Pierre,

soit 5,41 l/sec. par km²;

— 1,83 m³/sec. à Pont-la-Tête,

soit 4,39 l/sec. par km².

Le deuxième chiffre est bien inférieur au premier, mais aucune conclusion nette ne peut être tirée de ce résultat en raison de la variation des débits pendant nos mesures.

Par contre, le 13, les hauteurs d'eau sont restées pratiquement constantes et les jaugeages ont donné :

— 2,77 m³/sec. (5,84 l/sec. par km²),

à Pont-la-Pierre;

— 1,61 m³/sec. (3,90 l/sec. par km²),

à Pont-la-Tête.

Ces résultats ont été confirmés le 10 février où nous avons trouvé, pour des hauteurs légèrement supérieures :

— 6,26 l/sec. par km² à Pont-la-Pierre,

— 4,26 l/sec. par km² à Pont-la-Tête.

Le 16, un dernier jaugeage de contrôle effectué à Pont-la-Pierre a donné, pour 0,16 m à l'échelle, 2,962 m³, alors que nous avons trouvé le 15, pour une hauteur d'eau ayant varié de 0,16 m à 0,165 m : 2,97 m³/sec., excellente vérification de l'exactitude des mesures.

Nous avons pu dès lors affirmer notre conviction que le bassin versant géologique du Guil, soit à la Chapelue, soit à Pont-la-Pierre, ne correspond pas au bassin versant topographique. Une circulation d'eau souterraine obéit à des lois que l'étude de la carte géographique ne permet pas d'établir.

— Quelle est l'importance de cette circulation?

Un débit souterrain de 800 l/sec. environ suffirait à expliquer le déficit de 2 l/sec. par km² de bassin versant que nous avons décelé pour les 416 km² du bassin versant à Pont-la-Tête.

— D'où vient-elle?

Deux hypothèses sont à envisager :

1° Le Guil reçoit, en aval de la station de la Chapelue, des affluents qui n'apparaissent pas en surface et qui sont alimentés par des bassins versants topographiques voisins. Par exem-

ple, des infiltrations dans le bassin du Cristillan viendraient alimenter le Guil en amont de la Maison du Roi, et lui fournir :

$$2 \times 475 = 950 \text{ l/sec.}$$

(bassin versant du Guil
à Pont-la-Pierre = 475 km²).

Ceci impliquerait des précipitations sur le bassin du Cristillan qui nous paraissent incompatibles avec les mesures faites par la Commission météorologique des Hautes-Alpes et avec la simple vraisemblance.

2° Une partie du bassin versant du Guil à Pont-la-Tête alimente une circulation d'eau souterraine qui rejoint le Guil en aval de ce pont.

Nous pensons que cette hypothèse est la bonne. Mais il n'est pas exclu que la première soit cependant vraie en partie.

L'un des géologues consultés avait attiré l'attention sur la bande de trias moyen gypseux qui affleure largement de part et d'autre du rocher de l'Ange Gardien, mais il pensait qu'il était très peu probable qu'elle soit l'origine de fuites dans la retenue du barrage de la Chapelue.

Une autre était moins optimiste et disait dans un rapport du 10 juin 1943 :

« ... Sur la rive droite, le massif calcaire est longé à peu de distance par la bande de roches suspectes du trias moyen (schistes, cargneules, gypses) qui le sépare des quartzites et qui est masqué sous les grands éboulis blancs.

« On peut craindre que cette zone marginale de la masse calcaire ne soit faillée et fissurée et que quelques-unes de ces fissures, partant des berges de la retenue, ne permettent à des infiltrations de gagner rapidement cette zone suspecte. »

D'autre part, la source du Pont de la Chapelue, qui sort de la base du Grand Clapier, nous a toujours paru trop importante et trop régulière pour être une simple source d'éboulis. N'est-elle pas une résurgence d'une partie du débit qui ne passe pas à Pont-la-Tête?

Nous abordons ainsi une question de première importance pour l'avenir des études de l'aménagement hydroélectrique du Guil.

En quel point de la vallée l'eau souterraine est-elle réapparue?

Seuls des jaugeages au Veyer et en un certain nombre de points situés en aval pouvaient permettre de répondre à cette question.

Des mesures ont été faites au Veyer en août et septembre 1913. A cette époque, deux limni-graphes étaient en service à Pont-la-Tête et à Pont-la-Pierre. Des jaugeages ont été faits à ces deux stations à la même époque. Nous avons déterminé les corrélations existant entre les dé-

bits aux trois stations en établissant les nuages de points ayant respectivement (fig. 6) :

FIG. 6.

Pour abscisses	Pour ordonnées
Débits par km ² à la Chapelue;	Hauteur d'eau au Veyer (graphique n° I courbe A);
Débits par km ² à Pont-la-Pierre;	Hauteur d'eau au Veyer graphique n° II courbe A);
Débits par km ² à la Chapelue;	Hauteur d'eau à Pont-la-Pierre (graphique n° III courbe A);

pendant la période 3 août-28 septembre 1913.

Nous avons porté sur ces graphiques les points de jaugeages des Forces hydrauliques du Sud-Est au Veyer et à Pont-la-Pierre (B).

Le graphique I montre que l'on a environ 2 l/sec. par km² de plus au Veyer qu'à la Chapelue (différence approximative des abscisses des courbes A et B).

Le graphique II montre que le nuage de points de jaugeages au Veyer se trouve sur la lisière supérieure du nuage des points ayant pour abscisses les débits à Pont-la-Pierre.

Le graphique III montre nettement le décalage de 2 à 3 l/sec. par km² qui existe entre les débits à la Chapelue et à Pont-la-Pierre.

Les jaugeages du Veyer étaient faits un peu en aval du confluent du Riou-Vert en un point assez peu favorable aux mesures.

Avant de poursuivre les études de l'aménagement du Guil, il importait de trouver, en aval de la Chapelue, le point où les débits infiltrés sont entièrement réapparus. Nous venons de voir qu'on pouvait penser qu'au Veyer ces débits avaient déjà rejoint le cours apparent du Guil.

Les jaugeages continus du Guil par la méthode chimique, dont M. GOGUEL a fait le compte rendu dans *la Houille Blanche* de mai 1946, permirent de vérifier ces conclusions.

3. — COMPARAISON DES RÉSULTATS DES MESURES PLUVIOMÉTRIQUES ET DES MESURES HYDROMÉTRIQUES

Les mesures pluviométriques dans un bassin aussi élevé et accidenté que celui du Guil sont certainement peu précises. Admettre que les précipitations augmentent linéairement avec l'altitude n'est qu'une approximation grossière. On a pu constater, dans certains cas, que l'augmentation, faible ou nulle aux altitudes moyennes, devient brusquement très forte dans les parties les plus élevées du bassin. Pour le Guil, situé dans une zone limite entre deux climats différents et, de plus, soumis dans sa partie orientale à l'influence de la Lombarde, cinq stations météorologiques sont certainement impuissantes à nous donner la répartition exacte des précipitations.

Il est couramment admis, pour de telles régions, que la connaissance des débits permet de donner une idée des précipitations, mais que l'inverse n'est pas possible.

Il est intéressant cependant de comparer les résultats de deux ensembles de mesures aussi nettement distinctes.

Nous avons calculé, pour chaque année, les précipitations sur l'ensemble du bassin à partir des mesures faites à la station de Guillestre en admettant que l'augmentation des précipitations par 100 m d'altitude était de 20 mm. Nous avons fait commencer chaque période annuelle au 1^{er} septembre, date où l'on peut admettre que toute la neige tombée au cours de l'hiver précédent est fondue.

La répartition des altitudes du bassin versant à Pont-la-Pierre est la suivante :

Superficie (km ²)	Altitude	Altitude moyenne
69	entre 1.040 et 1.500 m	1.270 m
100	— 1.500 et 2.000 m	1.750 m
205	— 2.000 et 2.500 m	2.250 m
99	— 2.500 et 3.000 m	2.750 m
2	au-dessus de 3.000 m	3.050 m

Les débits moyens en litres-seconde par km² multipliés par 31,5 donnent la lame d'eau écoulée en mm. Les résultats de nos calculs sont résumés dans le tableau suivant :

Périodes	Précipitations (mm)		Débits spécifiques en l/sec.	Eau écoulée en mm	Déficit d'écoulement
	à Guil- lestre	sur tout le bassin			
1932-1933	555,3	777	14,3	451	326
1933-1934	882	1.104	29,5	929	175
1934-1935	665,6	888	16,5	520	368
1935-1936	972,5	1.195	33,2	1.045	150
1936-1937	624,6	847	22,2	699	148
1937-1938	618,9	841	17,2	542	299
1938-1939	673,1	895	16,6	523	372
1939-1940	621,5	844	16,2	511	333
1940-1941	814,1	1.036	24,4	769	267
1941-1942	439,7	662	18,5	583	79
Moyenne...		910 mm		657 mm	253 mm

On voit que les précipitations moyennes sont de l'ordre de 900 mm et le déficit d'écoulement de l'ordre de 250 mm.

Nous avons déjà dit que la température moyenne annuelle du bassin du Guil devait être voisine de 0°. Dans ces conditions, le déficit d'écoulement devait être, d'après WUNDT, 275 mm environ.

Remarquons que les abaques de WUNDT sont faites pour l'Europe Centrale, zone continentale où le maximum des précipitations a lieu en été, et qu'elles doivent exagérer un peu les déficits d'écoulement.

On peut dire, par conséquent, que pour la période 1932-1933, les mesures des débits et des précipitations concordent assez bien.

4. — LES CRUES.

Nous allons essayer, dans ce chapitre, de donner une idée des plus gros débits dont il faudra prévoir l'évacuation par les différents ouvrages projetés dans la vallée du Guil.

Cette question est toujours délicate. On prend généralement pour base les grandes crues du passé et, s'il est parfois possible de connaître les cotes maxima de ces crues, l'évaluation des débits correspondants n'est, en général, que grossièrement approchée.

Pour le Guil, vallée peu peuplée, encaissée et à pente très forte de sorte que le champ d'inondation est toujours à peu près inexistant, les grandes crues du passé semblent n'avoir pas causé de dégâts assez importants pour être mentionnés par les historiens.

Nous n'avons trouvé que quelques indications dans l'ouvrage de M. E. IMBEAUX, « La Durance. — Régime, Crues et Inondations » (*Annales des Ponts et Chaussées*, janvier 1892). Cette rivière a la réputation d'un torrent devastateur (*Druentia* = la mauvaise). L'histoire parle à peine de ses affluents supérieurs. N'est-ce pas seulement à cause de l'éloignement des grandes voies de communication de ces hautes vallées peu peuplées?

4.1. — Crues anciennes (1352 à 1776).

Maurice CHAMPION, dans son ouvrage sur les inondations, a signalé 39 crues importantes de la Durance entre 1226 et 1829. Voici celles qui pourraient avoir été notables dans le haut bassin de cette rivière :

- 1352. — Crue de printemps due à la fonte des neiges;
- 1409 (nov.). — Ravages signalés dans la Haute-Durance;
- 1651 (8-12 sept.). — Ponts emportés, grands dégâts sur le Verdon;
- 1651 (29 nov.). — Année dite du déluge; crue générale sur le Rhône et l'Isère;
- 1776 (12-13 mars). — Fonte des neiges.

4.2. — Crues de 1832 à 1890.

De 1832 à 1890, 188 crues importantes de la Durance sont signalées par IMBEAUX. Voici leur répartition dans les différents mois de l'année :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	9	6	19	12	20	9	0	4	9	44	41	15
Fréquence en %.	5	3	10	6	11	5	0	2	5	23	22	8

Les grandes crues de la Durance se produisent surtout du 15 septembre au 15 décembre, mais les crues de printemps doivent augmenter en

puissance vers l'amont, car une part importante des débits est alors due à la fonte rapide des neiges dont la masse se trouve pénétrée et désagrégée par les pluies. En automne ou en hiver, au contraire, les parties les plus élevées du bassin doivent recevoir une partie des précipitations sous forme solide.

Voici quelques détails sur les plus remarquables de ces crues :

CRUES DES 26-27 AOUT, 8 ET 10-11 NOVEMBRE 1886. — Trois crues successives. La deuxième dépasse dans la Basse Durance toutes les crues connues.

Averses inouïes du 16 octobre au 13 novembre 1886. En 29 jours, il tombe 464 mm de pluie supposés uniformément répartis sur tout le bassin. Le vent venait du sud et du sud-est (marin). On voit apparaître la neige sur les plus hauts sommets. La station du Lautaret signale une fonte de neige en 210 mm d'eau du 8 au 13 novembre dont 137 mm du 12 au 13, c'est-à-dire deux jours après la pluie. Cette formation de neige, bien que rapidement fondue, a certainement eu une action modératrice sur la crue, qui doit son importance à la simultanéité complète des pluies sur les différentes parties du bassin.

Voici la hauteur des pluies tombées dans les journées les plus humides à Aiguilles, seul poste pluviométrique du bassin du Guil.

	Date	Hauteur en mm
Octobre 1886.....	25	50
	26	65
	27	65
Novembre 1886.....	7	0
	8	0
	10	0
	11	20
	12	0

Retenons seulement de ces mesures que des pluies de 65 mm en 24 heures sont possibles dans le bassin du Guil. Venant après des pluies préparatoires ayant saturé le sol et en automne où l'évaporation peut être très faible, le rapport entre l'intensité des pluies et les débits maxima des crues peut atteindre l'unité (1). Or, 65 mm de pluie en 24 heures correspondent à un débit de :

$$\frac{0,65 \times 10^8}{24 \times 3.600} = 750 \text{ l/sec. par km}^2.$$

(1) Cf. *Revue pour l'Etude des Calamités*, tome II, n° 6, mai-juin 1936. Rapport entre l'intensité des pluies et les débits maxima des crues par M. PARDE.

Si à une telle pluie venait s'ajouter l'eau de fusion de la neige, par exemple 137 mm comme au Lautaret les 12 et 13 novembre 1886, des crues de 1.000 à 1.500 l/sec. par km² sont possibles. Une telle conjonction de ces deux phénomènes doit être d'ailleurs extrêmement peu probable en raison de la haute altitude d'une partie du bassin du Guil où la fusion brutale des neiges doit être impossible.

Il convient aussi de noter que lors des crues exceptionnelles de la Durance, le Guil, comme les affluents voisins du haut bassin de cette rivière, semble avoir été relativement épargné. Il faut probablement attribuer ce phénomène aux facteurs suivants :

1° Usure des systèmes nuageux dans leur course vers l'intérieur des Alpes;

2° Abri des hautes chaînes qui entourent le bassin;

3° Précipitation sous forme solide sur les parties les plus élevées de celui-ci.

Par contre, lors de la crue du *31 mai 1856*, ce dernier facteur semble avoir joué en sens inverse. Cette crue, qui resta modérée sur la Basse Durance, survint après une période de hautes eaux qui durait depuis le 20 mars et avait déjà donné lieu à 4 crues antérieures. Elle fut provoquée par la fonte des neiges activée par la chute d'une pluie fine et chaude pendant les journées des 29 et 30 mai 1856. Les affluents supérieurs ont seuls donné et les dégâts furent considérables dans les Hautes-Alpes où plusieurs digues et ponts furent emportés et la plupart des communications interrompues. La Haute-Durance à Saint-Clément, immédiatement à l'aval du confluent du Guil, eut alors la plus forte crue connue et s'éleva à 3,85 m au-dessus de l'étiage avec un débit maximum estimé à 1.200 m³/sec. L'Ubaye eut aussi une très forte montée : 2,15 m au-dessus de l'étiage, débit évalué à 1.300 m³/sec.

IMBEAUX ne donne aucun renseignement particulier sur le Guil.

4.3. — Crues récentes.

Il convient de ne pas oublier d'autre part que des bassins restreints, surtout ceux qui sont sujets aux averses méditerranéennes, peuvent être l'objet de crues terribles par refroidissement brusque des masses nuageuses sur le front froid du cyclone. Ce phénomène a été souvent enregistré sur le rebord oriental du Massif Central, mais on ne pensait pas qu'il fût possible dans les Pyrénées-Orientales. Or, le cataclysme d'octobre 1940 a démenti cet optimisme. On a alors enregistré, par exemple, dans le Tech à Cantayres, en aval d'Amélie-les-Bains, un débit de 3.500 m³/

sec. pour un bassin versant de 382 km², soit environ 9.000 l/sec par km² de bassin versant. Cette crue fut localisée aux cours d'eau de Catalogne et dans les Pyrénées-Orientales. Elle peut réellement, dans cette région, être qualifiée de millénaire. Un phénomène analogue est-il possible dans le Queyras? On conçoit que, localisé à une région restreinte, il puisse ne pas laisser de trace dans l'histoire, surtout s'il se produit dans une vallée peu peuplée comme celle du Guil.

CRUE DU 24 SEPTEMBRE 1920. — C'est ainsi que dans son article sur « Les inondations du 24 septembre 1920 en Maurienne et dans les Alpes Occidentales » (1), V.-F. GEX ne fait aucune allusion au Guil. Or, la genèse de cette crue, due aux pluies amenées par la Lombarde, nous a conduits à penser que le Guil n'avait pas dû être à l'abri du cataclysme. Les renseignements en notre possession sur les relevés de hauteurs d'eau des Forces hydrauliques ne confirmaient en rien cette idée. Mais une enquête auprès des habitants de la région et l'étude à Grenoble des dossiers de l'Administration nous ont prouvé que la crue du 24 septembre 1920 fut probablement pour le Guil une des plus fortes crues connues. Nous l'avons donc étudiée tout spécialement.

Nous tenons les renseignements qui vont suivre de M. BÉRARD qui habite à proximité de la station, à la Maison-du-Roi. La crue atteignit le limnigraphe qui se trouvait à cette époque au-dessus de la partie de la gaine actuelle qui a le plus gros diamètre. Ceci nous a été confirmé par la lecture des documents de l'Administration à Grenoble, qui mentionnent que le limnigraphe fut emporté par la crue du 24 septembre. Mais celui-ci a peut-être été arraché par un corps flottant, de sorte que le niveau maximum de la crue ne peut être estimé qu'à 0,50 m près environ, soit 2,60 m à 3,10 m à l'échelle de la station.

Le débit correspondant ne peut être calculé que par extrapolation de la courbe caractéristique de la station.

Le profil de jaugeage se trouve dans une partie élargie du lit. L'élargissement étant assez brusque, des décollements se produisent le long de chaque rive, formant des zones de tourbillons qui, pratiquement, ne participent pas à l'écoulement général. Il convient de les éliminer. Pour cela, nous avons tenu compte :

1° De la forme des rives, en prolongeant vers l'aval la partie sensiblement rectiligne des lignes de niveau en amont de l'élargissement brusque;

2° Les zones d'eau morte déterminées lors de nos jaugeages et limitées par l'isodrome $v = 0,1$ m/sec.

(1) *Revue de Géographie alpine*, VIII, 1920, p. 487-533.

Nous avons ainsi obtenu un profil en travers, naturellement assez peu précis, mais il convient de remarquer que les erreurs par défaut ou par excès sur la section participant à l'écoulement seront compensées en partie par les erreurs qu'elles détermineront en sens inverse dans le calcul des vitesses de l'eau.

Soit R le rayon hydraulique correspondant à une cote h à l'échelle;

i la pente superficielle;

S la surface de la partie du profil en travers participant à l'écoulement;

u la vitesse moyenne.

On a :

$$Q = u S$$

$$u = C\sqrt{Ri} = C\sqrt{i} \sqrt{R}$$

$C\sqrt{i}$ uniquement fonction de h , donc de R , doit avoir un terme principal, fonction monôme de cette grandeur. Dans ce cas, $\log C\sqrt{i}$ sera une fonction linéaire de $\log R$.

Cette hypothèse se vérifie bien pour la partie de la courbe caractéristique de la station que nous avons déterminée par des jaugeages en 1942-1943.

En supposant qu'elle se vérifie encore pour les hauteurs d'eau plus grandes, on obtient les débits suivants.

pour $h =$	$Q =$	soit :
2,60 m	228 m ³ /sec.	480 l/sec./km ²
2,85 m	284 m ³ /sec.	595 l/sec./km ²
3,10 m	352 m ³ /sec.	740 l/sec./km ²

Les calculs que nous avons faits ne sont naturellement que des estimations, assez grossières, du débit de crue réel. Leurs bases sont fragiles. Il semble cependant que la crue du 24 septembre 1920 a pu atteindre un débit de 500 à 750 l/sec. par km² de bassin versant.

Insistons encore. Il ne s'agit ici que d'un ordre de grandeur. On pourrait essayer d'améliorer la précision du calcul par des jaugeages de crues, mais étant donné l'importance des vitesses atteintes, on ne pourrait faire qu'un jaugeage par flotteur forcément peu précis puisqu'il faudrait : d'une part, estimer le rapport des vitesses superficielles à la vitesse moyenne, et, d'autre part, supposer que le fond du lit n'a subi aucune modification pendant la crue. En outre, en raison de l'éloignement de la région et de la brièveté des crues, il est peu probable que les opérateurs puissent effectuer à temps leurs opérations.

CRUE DU 15 MAI 1948. — Selon P. VEYRET (*Revue de Géographie alpine*, t. XXXVI, 1948), cette crue a été beaucoup plus forte que toutes celles dont on conserve le souvenir.

Sur 34 km de routes nationales, 7 au moins

ont été détruites. Le pont par lequel la Nationale 94 franchit le Guil à Montdauphin fut emporté.

Le Queyras fut isolé du reste de la France tant que le col d'Izoard ne fut pas déneigé.

La crue fut provoquée par les averses inouïes amenées par la Lombarde et tombant sur un sol saturé par les pluies d'avril supérieures de 113 % à la normale.

En outre la température élevée (minimum + 3, maximum + 18 le 10 mai) provoqua une rapide fusion de la neige.

L'observateur d'Abriès a noté qu'une couche de neige épaisse de 1 mètre sur le versant face au nord de la Colette de Jilly, a fondu du 10 au 17 mai.

La pluie resta modérée sur l'aval du bassin, à Château-Queyras, à Guillestre et même à Ceillac, mais on nota à Abriès :

— 38 mm d'eau le 13 mai
— 72 — 14 —
— 132 — 15 —

soit deux fois plus que la pluie enregistrée à Aiguilles lors des crues d'octobre 1886.

Le Service des Forces hydrauliques nous a communiqué les hauteurs d'eau suivantes pour la station de Pont-la-Pierre :

— 11 mai.....	0,90 m
— 12 —	0,97 m
— 13 —	1,20 m
— 14 —	2,10 m
— 15 —	2,70 m
— 16 —	2,45 m
— 17 —	2,05 m

Si notre extrapolation précédente était encore valable, on aurait atteint le 15 mai près de 600 l/sec./km².

Mais le limnigraphe n'étant plus en service, il est peu probable que la hauteur maximum fût enregistrée.

4.4. — Conclusion de l'étude des crues.

Les quelques éléments que nous venons d'analyser nous portent à croire qu'il n'est pas impossible que le Guil subisse un jour des crues de l'ordre de 1.000 à 1.500 l/sec. par km². Les plus violentes pourraient se produire à la suite d'une pluie de printemps par température élevée activant la fonte des neiges, ou bien au cours d'un orage d'été accompagné de trombes de plusieurs dizaines de mm d'eau tombant en quelques heures et donnant des crues extrêmement rapides en raison des pentes très fortes des versants et du thalweg.

5. — CONCLUSIONS.

En résumé, le bassin du Guil, profondément enfoncé à l'intérieur des Alpes, est relativement sec. Il reçoit annuellement des précipitations qui sont en moyenne de l'ordre de 900 à 1.000 mm d'eau. Les saisons les plus humides sont :

L'automne (S.O.N.) (maximum principal);
et

Le printemps (A.M.J.) (maximum secondaire).

Les précipitations du mois de septembre sont absorbées en partie par l'évaporation; une partie de celles des mois d'octobre et de novembre est mise en réserve sous forme solide, de sorte que la montée des eaux en automne est peu accentuée; le Guil n'a qu'une période de hautes eaux importante, celle du printemps. La crue commence à la fin du mois d'avril et dure jusqu'à la fin juillet. Elle est surtout forte, en moyenne, du 15 mai au 15 juillet.

Les débits caractéristiques de l'année moyenne de la période 1924-1942 sont les suivants :

Débit caractéristique :

d'étiage...	7,3 l/s par km ² de bassin versant		
de 9 mois.	9,6	—	—
6 mois.	12,5	—	—
3 mois.	22,2	—	—
10 jours.	82,1	—	—

Le débit moyen (21 l/sec par km² environ) n'est dépassé que 100 jours par an (printemps). Le débit d'étiage est de l'ordre du tiers du débit moyen.

Comparant les autres débits caractéristiques au module, on trouve les rapports suivants :

pour le D.C. 9 : 0,46,
— D.C. 6 : 0,60.

Or, pour les cours d'eau ayant, comme le Guil, un régime nival de montagne, on trouve d'une manière générale :

pour D.C. 9 : 0,20 à 0,30,
— D.C. 6 : 0,40 à 0,55.

Ainsi le régime du Guil est *particulièrement régulier*. Il s'apparente à celui de l'Isère à Moûtiers (D.C. 9 = 0,47, D.C. 6 = 0,67) dont on connaît le caractère remarquable de régularité.

Mais on risquerait des surprises désagréables en admettant que les débits en amont de Pont-la-Pierre sont, avec ceux de cette station de jaugeage, dans le rapport des bassins versants. En particulier, il semble bien que le verrou de quartzites qui va de la Chapelue au Veyer est court-

circuité en permanence par un débit d'environ 800 l/sec., et le site du barrage d'une centaine de mètres de hauteur que contient ce verrou, bien que topographiquement et géologiquement favorable en apparence, ne pourra être retenu définitivement que lorsque l'origine de cette fuite aura été reconnue d'une façon sûre.

En ce qui concerne les plus grandes crues dont il faut prévoir l'évacuation par les ouvrages des aménagements hydroélectriques projetés, nous pensons qu'il faut prendre 1.500 l/sec. par km².

Le lecteur averti comprendra sans doute, malgré les nombreuses faiblesses que nous avons signalées à leur sujet, combien les mesures effectuées par le Service des Forces hydrauliques nous ont été précieuses au cours de cette étude. On mésestime souvent la valeur des observations de ce Service, menées sans crédits suffisants, et nous avouons que le premier examen que nous en avons fait nous laissait peu d'espoir. Sans nous laisser décourager par cette première impression, nous avons fouillé avec patience cette mine de documents, comparé entre eux les résultats des diverses mesures, éliminé le mauvais, pour nous apercevoir finalement, qu'avec quelques mesures de contrôle, nous avons rassemblé assez de résultats suffisamment sûrs pour qu'on puisse poursuivre les études de l'aménagement du Guil avec assez de chances de succès.

Nous serions encore satisfaits si l'on ne trouvait, à cette étude, que le mérite de la patiente compilation à laquelle nous nous sommes livrés. La science de l'hydrologie n'en est pas encore aux solutions plus brillantes peut-être, plus faciles sans doute.

REMARQUE DE M. PÉGUY

sur la Communication de M. Wyart au Comité Technique
du 7 décembre 1949

L'étude, par ailleurs brillante de notre collègue M. WYART, a dû être définitivement mise au point avant une crue de fin mai 1948 dont il s'est trouvé ainsi ne pouvoir tenir compte. L'étude de cette crue, très importante, a été faite par P. VEYRET dans la *Revue de Géographie alpine*, tome XXXVI, 1948, fasc. IV, pages 611-614. Cette étude de VEYRET permet en quelque sorte de mettre à jour le gros travail de WYART. C'est en l'utilisant que j'ai pu faire une allusion à cette crue exceptionnelle du Guil dans mes *Caractéristiques hydrologiques* de 1948.

Note de la rédaction : Il a été tenu compte de la remarque de M. PÉGUY, dans le mémoire publié.