Monographie hydrologique du bassin de la Maronne

Hydrological Monography of the Maronne basin

Travail récompensé par l'attribution du Prix de Monographie Hydrologique de la Société Hydrotechnique de France, pour l'année 1949.

PAR Gaston RÉMÉNIÉRAS

ADJOINT AU CHEF DU SERVICE DES ETUDES ET RECHERCHES HYDRAULIQUES
D'ELECTRICITÉ DE FRANCE

ET Jean BOYER

INGÉNIEUR A LA SOCIÉTÉ HYDROTECHNIQUE DE FRANCE

English synopsis, p. 418.

DEUXIEME PARTIE ⁽¹⁾

CHAPITRE IV

ÉTUDE DES DÉBITS

I. — Mesure des débits. — Stations de jaugeage.

L'étude des débits de la Maronne a débuté en 1918 aux deux stations du Pont de l'Estouroc (532,7 km²) et de Basteyroux (820,6 km²) établies par les soins du Service des Grandes Forces Hydrauliques du Centre. La station du Pont de l'Estouroc n'est plus exploitée depuis 1945, date à laquelle elle a été submergée par la mise en eau du réservoir du Gour Noir qui alimente l'usine hydroélectrique de Saint-Geniez O Merle.

En 1932, à l'instigation de la Société des F. M. de la Maronne, ont été établies les stations de Sainte-Eulalie (111,2 km²) sur la Haute-Maronne et de Saint-Illide (114 km²) sur la Bertrande; ces stations sont encore exploitées par la 4^e Circonscription Electrique à Limoges.

Une station limnimétrique a fonctionné par les soins de M. AIZE, de juin 1927 à août 1929, sur le Riou-Tort, affluent rive droite de la Maronne, un peu à l'aval du moulin de Poupy près du hameau des Oules (47 km²). Une autre station fut aménagée vers 1927 sur la Glane de Malesse, au moulin de Lacombe, par M. GAUTHIER. Les observations faites sur ces deux affluents sont de peu de durée et assez irrégulières.

(1) La première partie de la « Monographie Hydrologique du bassin de la Maronne » a été publiée dans le n° 2 de « La Houille Blanche » en 1950.

Enfin, la Région d'Équipement Hydraulique Massif Central I, de l'Électricité de France (Chantier d'Enchanet) a mis en service les stations de Rodomont sur la Maronne (B.V. 420 km²) depuis janvier 1946 et de Parrieu-Bas sur l'Etze (B.V. 143 km²) depuis août 1947.

Nous donnons ci-après quelques renseignements sur les conditions d'établissement et d'exploitation de ces diverses stations.

A. — STATION DU PONT DE L'ESTOUROC (bassin versant : 532,7 km²)

L'échelle limnimétrique est placée sur l'une des piles du Pont de l'Estouroc (parement aval). Elle a été doublée en 1929 par un limnigraphe Richard; en mars 1932 cet appareil a été remplacé par un limnigraphe Ott. Les lectures ont été faites avec une grande régularité par le propriétaire de la ferme voisine de l'Estouroc.

Les indications de l'échelle et des appareils sont dans l'ensemble satisfaisantes, tout en présentant les inconvénients inhérents à leur installation sur un pont : fortes fluctuations locales du plan d'eau du fait des tourbillons créés par les piles, affouillement ou engrèvement possible de la section contrôlée par l'échelle, etc...

La section de jaugeage se trouve à une cinquantaine de mètres à l'aval du pont dans une zone large et à faible pente.

Il a été effectué 40 jaugeages entre 1918 et

FIG. 6 bis. — LA MARONNE AUX ESTOUROCS.

1931. Tous ces jaugeages correspondent à des débits compris entre 2 et 55 l/sec. par km², sauf un jaugeage vers 80 l/sec. par km² et un second vers 245 l/sec. par km². Ce dernier mis à part, tous les jaugeages ont été exécutés au moyen d'un moulinet Ott monté sur une barque halée sur un câble tendu au-dessus de la section de jaugeage.

La portion de l'échelle au-dessus de 55 l/sec. par km² (cote 0,90) est insuffisamment tarée puisqu'elle ne comporte qu'un seul jaugeage (à la cote 2,05 : environ 245 l/sec. par km²). Or, en année moyenne, le débit de 55 l/sec. est dépassé pendant deux mois et les débits supérieurs ne sont pas sans intérêt, notamment pour l'étude d'un réservoir saisonnier. Toutefois, l'erreur sur le débit moyen annuel résultant d'un mauvais tarage des parties hautes de l'échelle est faible.

La série des jaugeages a servi à l'établissement de 3 barèmes successifs pour la transformation en débit des hauteurs lues à l'échelle limnimétrique :

- le 1° a été utilisé de 1918 à 1927,
- le 2° de 1927 à 1931,
- le 3°, qui diffère très peu du précédent, a été appliqué depuis janvier 1932.

Les deux derniers barèmes diffèrent du premier par une augmentation de 3 % environ des débits correspondant aux cotes hautes de l'échelle. Les débits de hautes eaux relevés de 1918 à 1927 seraient donc approchés par défaut; rappelons toutefois que le tarage des cotes supérieures de l'échelle est bien incertain.

Dans sa partie moyenne, le barème actuel présente une allure légèrement parabolique, ainsi que le prévoient les théories classiques, mais pour les gros débits il a été extrapolé linéairement, ce qui doit conduire à une erreur par défaut.

La station du Pont de l'Estouroc est celle qui a fourni les éléments les plus sûrs pour l'étude du régime de la Maronne; ses relevés se recoupent exceptionnellement bien avec ceux des stations de la Cère qui coule parallèlement à la Maronne à une quinzaine de kilomètres au Sud.

B. — STATION DE BASTEYROUX (bassin versant : 820,6 km²)

L'exploitation de cette station a été assez irrégulière et les résultats obtenus sont incertains, au moins jusqu'en 1927. Une note en date du 9 août 1928, du Service des F.H., indique notamment : « On n'a pas hésité à modifier parfois systématiquement les lectures, autrement on aurait obtenu des résultats complètement incompatibles avec tout ce que l'on connaît par ailleurs sur l'alimentation de ces régions. »

Ceci a entraîné l'établissement de « feuilles fictives » par comparaison avec les résultats

obtenus à des stations voisines : Estouroc, Laroquebrou, Ribeyrès sur la Cère; la Roche Canillac, sur le Doustre; Lapeau, sur la Luzège, etc... Ces retouches ont porté notamment sur septembre 1919, avril, mai, juin, juillet, août, novembre, décembre 1920 et la majeure partie de 1921 à 1924.

Jusqu'en 1922, les études se rapportent à une échelle placée sur l'une des piles du pont de Basteyroux et lue par le Service d'Annonce des Crues; pour utiliser ces indications, une quinzaine de jaugeages furent effectués en 1917 et 1918 par le Service des Grandes Forces Hydrauliques. Les résultats furent si médiocres (surtout en basses eaux), qu'une deuxième échelle fut installée en 1922, à une centaine de mètres à l'aval de la première; cette échelle est encore en service actuellement. Il a été fait de 1922 à 1949, 102 jaugeages au moulinet à des hauteurs à l'échelle variant de 0 m 21 à 2 m. L'échelle a été bien tarée jusqu'à des débits de 100 l/sec. au km²; le plus fort débit jaugeé voisine 150 l/s/km². On a utilisé successivement 3 courbes de tarage jusqu'en 1922, et 10 courbes de 1923 à 1949; la crue du 8 décembre 1944 a notamment provoqué un important détarage, et il semble que, depuis, la section soit relativement stable.

Le grand nombre de jaugeages effectués a permis un contrôle suffisant du tarage de l'échelle compensant l'instabilité du lit pour qu'on puisse attribuer aux résultats de cette station depuis 1927 le crédit qu'on accorde à une station de valeur moyenne (le recoupement avec les Estourocs ayant d'ailleurs facilité l'étude critique des résultats).

Dans toute la région déterminée par les jaugeages, ces courbes sont d'allure nettement parabolique; pour les forts débits, elles ont été extrapolées linéairement, méthode qui appelle les réserves exposées plus haut pour la station du Pont de l'Estouroc.

A la suite de la mise hors service de la station du Pont de l'Estouroc, on s'est efforcé d'améliorer l'exactitude des relevés de la station de Basteyroux; un limnigraphe enregistreur Richard, hebdomadaire, au 1/20° y est en fonctionnement depuis le 30 juin 1945.

C. — STATION DE SAINTE-EULALIE

Cette station est exploitée depuis le 1^{er} mai 1931. L'échelle est placée au Pont du Cros (B.V. 111,2 km²). La section de jaugeage est placée au droit du pont, de façon à faciliter l'installation d'une passerelle de jaugeage aux moulinets. Un limnigraphe a été installé au Pont du Cros en avril 1932.

L'observation de l'échelle est assurée par un agent logé à Sainte-Eulalie, village un peu éloi-

gné pour assurer une surveillance aisée de l'échelle et du limnigraphe. L'exploitation de cette station a été assez médiocre durant les deux premières années : le voisinage immédiat

FIG. 7. — LA MARONNE A SAINTE-EULALIE.

du pont créait des remous qui inversaient le sens de rotation du moulinet au cours des jaugeages et le profil en travers de la rivière était assez irrégulier; au cours de 1932, une travée du pont est restée un certain temps embâclée par un arbre charrié par la Maronne. Toutefois, depuis 1935, la section de jaugeage s'est révélée bien moins mauvaise que l'avaient fait craindre les résultats des deux premières années.

Deux courbes de tarage ont été successivement appliquées à cette station (fig. 7) :

- la 1^{re} de juin 1931 à décembre 1934 (I),
- la 2^e depuis le 1^{er} janvier 1935 (II).

Il a été exécuté depuis juin 1931, 41 jaugeages couvrant une gamme de 2 à 200 l/s/km².

La courbe I a été déterminée par des jaugeages faits jusqu'à la cote $h = 0$ m 98;

La courbe II résulte des jaugeages faits jusqu'à la cote $h = 1$ m 13.

D. — STATION DE SAINT-ILLIDE, SUR LA BERTRANDE

La station de Saint-Illide, établie sur la Bertrande, un peu en aval du moulin des Treize-Vents, est exploitée depuis le 1^{er} juillet 1931. Le bassin versant est de 114,2 km².

La station se présentait au début dans des conditions plus favorables qu'à Sainte-Eulalie. Les observations y ont été effectuées tout d'abord par le meunier qui habite à proximité, puis par un chef cantonnier.

Malheureusement, d'autres difficultés sont venues compromettre les résultats de la station : tout d'abord, la section de jaugeage s'est révélée moins stable qu'on ne l'avait espéré au début; 3 courbes de tarage ont dû être successivement utilisées de 1932 à juillet 1944, date à laquelle l'échelle a été arrachée et la section au droit de celle-ci bouleversée par l'explosion qui a fait sauter le pont.

La figure 8 représente deux des courbes de tarage successivement utilisées : la première de 1932 à 1933, la seconde de janvier 1941 à juillet 1944.

En 1948, la station a été pourvue d'un limnigraphe enregistreur.

E. — STATION DE PARRIEU-BAS, SUR L'ETZE

Cette station est exploitée depuis le mois d'août 1947 (bassin versant : 143,2 km²); elle est située en aval du confluent de la Soulane; sa courbe de tarage a été établie d'après 8 jaugeages effectués en 1947 et 1948 par M. IVANOF, ingénieur, chef du contrôle E.D.F. à la Chute d'Enchanet (fig. 9), qui a d'ailleurs collaboré avec la 4^e Circonscription Electrique pour l'amélioration des autres stations du Haut-Bassin de la Maronne.

FIG. 8. — LA BERTRANDE A SAINT-ILLIDE.

F. — STATION DES OULES, SUR LE RIOU-TORT

Cette station, établie par les soins de M. AIZE, a été exploitée du 1^{er} juillet 1927 au 31 août 1929, soit pendant 27 mois. Le bassin versant à la station est de 47 km². La section de jaugeage paraît bien choisie.

Le tarage de l'échelle a été effectué par 9 jaugeages échelonnés entre 1,14 et 82 l/sec. par km².

DÉVERSEMENT D'UNE CRUE DE 150 m³/sec SUR LE BARRAGE DU GOUR NOIR,
SUR LA MARONNE

FIG. 9. — L'ETZE A PARRIEU-BAS. — Courbe de tarage.

II. — Résultats généraux.

Les relevés de débits effectués depuis une trentaine d'années aux diverses stations forment un ensemble important de chiffres qu'il convient de classer suivant une méthode qui facilite leur analyse et permette d'en tirer les éléments intéressants pour l'hydrologue et l'ingénieur.

Le mode de classement le plus simple et le plus naturel consiste à ranger les résultats par ordre chronologique; on obtient ainsi les tableaux et courbes de débits journaliers. Les chiffres figurant dans ces documents peuvent être eux-mêmes des moyennes journalières des débits instantanés relevés par un limnigraphe enregistreur. Pour préciser par un nombre moins important de caractéristiques le régime d'une rivière, on est amené à prendre comme unité de temps non plus le jour mais le mois ou l'année, d'où les tableaux et courbes de débits moyens mensuels ou annuels. Le débit relatif à une même période varie d'ailleurs d'une année à l'autre et pour résumer les résultats de plusieurs années d'observation, on considère quel-

quefois la courbe des débits (journaliers ou plus souvent mensuels) de « l'année moyenne »; pour celle-ci, on admet comme débit d'une période déterminée (jour, mois) la moyenne arithmétique des débits relevés durant cette même période pendant la durée d'observation. Cette méthode longtemps très employée, soulève pourtant quelques objections du fait qu'elle conduit à une régularisation artificielle du régime. Le débit moyen ainsi calculé d'un mois quelconque n'est pas forcément le débit le plus probable et peut même ne jamais survenir. Toutefois, on constate que la courbe des débits de l'année moyenne s'écarte en général assez peu de la courbe des débits dont la probabilité est de 50 %.

C'est pour échapper aux objections soulevées par la considération de l'année moyenne que l'on établit parfois des courbes de probabilité des débits mensuels ou journaliers. Durant une unité de temps déterminée (jour, mois) le débit Q aura une probabilité de x pour cent s'il a été

dépassé $\frac{x}{100} \times n$ fois au cours de la période de n unités de temps sur laquelle a porté l'obser-

FIG. 10. — LA MARONNE AUX ESTOUHOCs EN 1939. (Année humide.)

vation. On trace ainsi souvent les courbes de probabilité 0, 25, 50, 75, 100 pour cent; il est clair que les courbes de probabilité 0 et 100 pour cent représentent respectivement la courbe des maxima et des minima et forment l'enveloppe de toutes les courbes de débit observées. Bien que d'une conception théorique plus rigoureuse, ces courbes sont encore peu employées car elles se prêtent mal aux calculs de l'ingénieur.

Un autre mode de classement des observations consiste à les ranger par ordre de grandeur décroissante; on arrive ainsi à la notion de « courbe des débits classés » ou de « fréquence des débits » souvent utilisés pour l'étude d'une usine hydro-électrique au fil de l'eau. Les points remarquables de cette courbe constituent les « débits caractéristiques ».

- Débit caractéristique maximum : *débit dépassé 10 jours par an.*
- Débit moyen caractéristique ou de 6 mois : *débit dépassé 6 mois par an.*
- Débit caractéristique de 1,3 et 9 mois : *débit dépassé respectivement 1,3 et 9 mois par an.*
- Débit caractéristique d'étiage : *débit dépassé 355 jours par an.*

La période sur laquelle sont classés les débits journaliers est généralement l'année; mais comment calculer la courbe des débits classés relative à l'année moyenne? On peut, soit faire la moyenne arithmétique des ordonnées homologues (débits) des diverses années d'observations, soit faire la moyenne des abscisses (jours); le plus souvent les deux courbes ne coïncideront pas.

Souvent, on fait la moyenne arithmétique des débits, ce qui régularise la courbe en intégrant les débits extrêmes. Il est plus correct au point de vue statistique de classer par ordre de grandeur décroissante tous les débits observés durant n années et de prendre comme abscisse du point d'ordonnée Q la valeur $\frac{x}{n}$ (x étant le nombre de jours durant lesquels le débit Q a été dépassé au cours des n années d'observation).

Signalons un troisième groupe de méthodes tendant à caractériser non plus la valeur absolue des débits, mais plutôt leur valeur relative les uns par rapport aux autres en donnant ainsi une mesure de l'irrégularité du régime. On a tenté de mesurer celle-ci de bien des façons :

1° Rapport du débit maximum au débit minimum ou au débit moyen.

2° Emploi des « coefficients de débits » mensuels que l'on peut définir comme étant la me-

sure des débits mensuels lorsque l'on prend le module annuel comme unité. On peut calculer à partir de ces coefficients de débit un coefficient de régularisation qui est proportionnel au cube d'eau nécessaire à la régularisation complète de la rivière supposé à un seul étiage annuel.

Nous avons établi pour la période 1918-1945, la plupart des tableaux ou courbes représentatifs du régime de la Maronne, rappelés ci-dessus. Nous les commentons brièvement ci-après :

A. — STATION DU PONT DE L'ESTOUROC (B.V. 532,8 km²)

a) *Valeur moyenne du module* : La moyenne des modules durant la période 1918-1945 (28 années) ressort à 31,9 l/sec./km². Ce chiffre est relativement très élevé pour un B.V. de 532 km² et constitue une sorte de record pour le Massif Central, ainsi que le montre le tableau suivant établi d'après l'*Annuaire Hydrologique de la France*, édité par la Société Hydrotechnique de France :

1° BASSIN DE LA GARONNE			
Rivières	Stations de jaugeage	Bassin versant en km ²	Débit moyen en lit/sec./km ² pour toute la période 1920-1945
La Dordogne. . .	Bort.	1.017	26,2
— . . .	Argentat.	4.418	25,2
— . . .	Domme.	8.705	22
La Maronne. . .	Estouroc.	533	31,39
— . . .	Basteyroux.	821	26,8
La Cère	Montvert.	764	29,87
La Vézère	Uzerche.	601	26,12
La Luzège	Lapleau.	402	25,93
Le Tarn	Pinet.	2.677	23,3
Le Viaur	Thuriés.	1.050	15,6
La Truyère . . .	Sarrans.	2.400	16,9
2° BASSIN DE LA LOIRE			
L'Allier	Vieille-Brioude.	2.262	14,3
La Loire	Bas-en-Basset.	3.300	13,4
Le Thaurion . . .	Pontarion.	389	19,4
La Creuse	Eguzon.	2.400	13,42
La Sioule	Pont-du-Bouchet.	1.198	15,9
La Dore	Giroux.	823	14,7

Nous pensons pourtant que le chiffre de 31,9 l/sec./km² peut être considéré comme un minimum. Toutes les considérations théoriques conduisent en effet à supposer des précipitations très élevées dans le bassin de la Maronne : les débits de hautes eaux semblent être évalués par défaut par suite d'une erreur systématique sur les courbes de tarage des échelles limnimétriques; les relevés de débit effectués sur la Cère, rivière voisine et de caractère identique, donnent des chiffres très comparables à ceux trouvés sur la Maronne.

Dans ses études sur l'hydrologie du Massif Central, M. COUTAGNE a trouvé que le débit en l/sec./km² en un point d'un cours d'eau était

relié à la précipitation moyenne sur l'ensemble du B.V. en ce point par la relation :

$$q = 16 H^2$$

H étant exprimé en mètres.

Dans le cas de la Maronne au pont de l'Estouroc, nous avons : $H = 1,420$ m d'où :

$$q = 16 (1,42)^2 = 32,26 \text{ l/s/km}^2$$

valeur qui concorde bien avec le chiffre de 31,9 l/sec./km² déduit des relevés de débits.

b) *Variations du module annuel* : Les modules ou débits moyens annuels de 1918 à 1945 sont donnés par le tableau suivant (en l/sec./km²) :

1918	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930
29,12	49,29	30,39	14,88	47,34	40,05	24,81	24,83	38,65	39,47	35,66	27,12	38,53

1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945
33,58	36,02	18,85	30,89	42,11	31,59	35,36	19,90	35,66	36,60	40,00	18,02	19,18	36,98	20,83

Les valeurs extrêmes du module sont de 14,88 l/sec./km² (année 1921) et 49,29 l/sec./km² (année 1919); ces chiffres représentent respectivement 46,6 et 154 % du module moyen de 31,9 l/sec./km².

Nous laissons au lecteur le soin de rechercher l'existence d'un hypothétique cycle de Bruckner (période de 30 à 35 ans dont 15 à 17 années chaudes). Peut-être peut-on discerner une série d'années sèches de 1918 à 1925 et de 1942 à 1945 et une série d'années humides de 1926 à 1941.

L'écart entre les modules extrêmes varie sui-

vant que l'on prend comme origine des temps tel ou tel mois de l'année. Ainsi que le montre le tableau IX, l'irrégularité est minimum lorsque l'on compte l'année hydrologique du 1^{er} mai au 30 avril, et maximum pour l'année hydrologique commençant le 1^{er} avril.

c) *Débits moyens mensuels* : On trouvera dans le tableau n° X les débits moyens mensuels de 1918 à 1945. Les débits de l'année moyenne calculée sur cette même période seraient les suivants en m³/sec. :

J	F	M	A	Mai	J	Jt	At	S	O	N	D
24,8	26,5	24,2	24,7	16,4	9,7	6,1	5	6,8	12	22,9	25,5

Le module étant de 17 m³/sec., on voit que l'année moyenne peut se diviser en deux saisons :

a) Saison sèche du 1^{er} mai au 31 octobre durant laquelle le débit moyen mensuel est inférieur au module : le débit minimum se trouve ici au mois d'août : 5 m³/sec.

b) Saison humide du 1^{er} novembre au 30 avril durant laquelle le débit moyen mensuel dépasse le module. Le débit maximum survient en février.

Le débit moyen du mois de mai est légèrement inférieur au module.

Si nous considérons non plus l'année moyenne

FIG. 11. — LA MARONNE AUX ESTOUROCS EN 1941. (Année humide.)

TABEAU IX. — BASSIN DE L.
Influence du changement d'origine de l'année

	1918- 1919	1919- 1920	1920- 1921	1921- 1922	1922- 1923	1923- 1924	1924- 1925	1925- 1926	1926- 1927	1927- 1928	1928- 1929	1929- 1930
Du 1 ^{er} janvier au 31 décembre.....	29,12	49,30	30,39	14,89	47,35	40,07	24,83	24,83	38,66	39,48	35,67	35,67
Du 1 ^{er} février au 31 janvier.....	31,79	49,39	27,32	16,61	46,96	41,20	21,06	28,78	36,57	40,21	34,19	34,19
Du 1 ^{er} mars au 28 ou 29 février.....	38,61	42,83	27,19	20,68	47,58	36,34	22,52	33,32	31,55	43,95	29,52	29,52
Du 1 ^{er} avril au 31 mars.....	44,11	38,85	24,17	22,31	51,85	31,87	21,69	34,02	38,67	38,24	27,03	27,03
Du 1 ^{er} mai au 30 avril.....	44,07	36,15	21,56	33,69	43,84	30,34	21,18	37,65	36,51	41,40	21,24	21,24
Du 1 ^{er} juin au 31 mai.....	43,31	34,41	23,37	34,52	42,29	29,53	22,18	39,92	32,93	44,10	22,13	22,13
Du 1 ^{er} juillet au 30 juin.....	43,02	34,83	23,47	34,12	42,66	29,02	22,97	43,96	28,68	44,40	23,00	23,00
Du 1 ^{er} août au 31 juillet.....	45,09	34,69	21,40	34,90	41,76	29,32	23,62	43,42	32,78	39,91	23,40	23,40
Du 1 ^{er} septembre au 31 août.....	45,04	35,24	21,47	34,94	40,95	31,41	22,80	42,23	34,92	37,74	23,65	23,65
Du 1 ^{er} octobre au 30 septembre.....	45,65	35,93	21,35	37,96	36,77	32,22	22,42	41,62	38,73	33,86	23,76	23,76
Du 1 ^{er} novembre au 31 octobre.....	45,22	40,33	16,44	39,57	35,48	33,34	21,14	40,65	39,75	32,97	25,68	25,68
Du 1 ^{er} décembre au 30 novembre.....	48,98	35,71	<i>15,75</i>	45,01	35,66	31,04	21,65	42,05	37,43	36,66	23,40	23,40

Les MINIMA sont en chiffres ITALIQUES. Les MAXIMA sont en chiffres GRAS.

FIG. 12. — LA MARONNE AUX ESTOUY EN 1943. (Année sèche.)

E. — STATION DES ESTOUY

que sur l'irrégularité du module (l/sec./km²)

1930-1931	1931-1932	1932-1933	1933-1934	1934-1935	1935-1936	1936-1937	1937-1938	1938-1939	1939-1940	1940-1941	1941-1942	1942-1943	1943-1944	1944-1945	Moyenne	α % (1)
3,54	33,59	36,18	18,85	30,90	42,18	31,59	35,37	19,79	35,60	36,52	39,88	18,05	19,25	37,01	32,41	96,4
9,13	31,92	33,29	21,50	30,27	46,58	27,04	37,90	21,80	30,30	42,00	34,75	21,32	15,28	38,29	32,41	105,2
9,83	28,76	35,84	19,08	35,10	47,42	29,90	31,90	20,64	33,82	44,83	28,56	22,04	14,53	43,72	32,63	101,3
8,98	26,07	36,15	23,57	33,08	44,27	34,32	26,28	21,87	33,86	48,02	27,87	17,93	14,76	44,51	32,61	113,7
8,09	30,83	30,13	26,64	35,70	41,54	36,62	20,84	24,49	35,23	47,05	25,46	16,93	14,88	44,67	32,41	91,9
8,63	32,25	26,20	27,61	35,77	41,13	38,22	18,94	26,61	36,93	46,33	23,55	16,33	14,20	45,42	32,31	99,4
6,24	35,24	25,49	23,80	36,80	41,58	36,81	19,01	27,22	37,20	49,22	21,05	14,97	13,91	45,64	32,27	109,1
5,64	36,28	24,73	23,23	36,82	42,76	35,66	19,22	27,88	37,90	47,96	20,99	14,94	14,26	45,03	32,28	104,4
6,66	34,55	24,43	23,80	36,41	43,60	34,46	19,33	28,25	37,56	49,27	19,50	15,04	16,09	43,25	32,27	106,1
8,42	32,93	24,20	24,03	36,32	43,54	34,61	20,08	27,69	38,59	48,33	19,18	15,10	18,43	41,01	32,29	102,9
5,61	37,31	21,03	23,82	37,14	41,57	31,50	20,93	29,36	37,28	46,86	19,16	16,28	22,87	35,38	32,10	95,3
4,46	35,27	21,21	25,39	39,36	39,90	35,37	21,73	33,03	36,62	43,76	18,58	17,78	30,88	25,32	32,35	102,7

(1) α %, coefficient d'irrégularité est défini par : $\alpha \% = \frac{p_{\max} - p_{\min}}{p_{\text{moy}}} \times 100$ (p = module)

TABLEAU X. — DÉBITS MOYENS MENSUELS, EN l/sec./km², DE LA MARONNE AUX ESTOUROCS
Années 1918 à 1945. — Surface du bassin versant : 532,7 km²

ANNÉE	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	MODULE
1918....	33,54	19,20	30,03	77,72	44,89	9,82	5,14	3,23	4,56	14,32	22,86	84,10	29,12
1919....	65,65	100,94	96,12	77,23	35,72	6,31	30,01	2,70	11,81	9,20	68,02	87,84	49,29
1920....	66,72	22,30	48,31	44,82	14,90	11,30	28,50	9,40	20,01	62,03	12,59	24,01	30,39
1921....	29,92	20,70	11,11	13,40	36,62	12,58	3,38	10,31	18,60	3,00	4,41	13,61	14,88
1922....	50,62	69,52	31,61	149,96	46,62	7,77	12,71	10,81	54,92	22,30	69,63	41,71	47,34
1923....	45,91	77,03	82,83	53,81	28,00	12,29	1,90	1,11	4,69	18,90	59,72	94,63	40,05
1924....	59,52	18,71	29,11	35,51	18,21	6,19	5,50	26,20	14,42	32,41	32,02	20,10	24,81
1925....	14,30	36,32	19,11	29,32	30,22	15,71	13,31	16,31	9,91	17,04	38,12	58,32	24,83
1926....	61,62	90,84	27,52	72,92	57,41	64,23	6,78	2,01	2,59	5,41	54,92	17,72	38,65
1927....	36,51	30,61	112,93	47,02	14,40	13,20	56,03	27,70	48,31	17,61	27,10	42,31	39,47
1928....	45,31	75,53	44,41	84,93	46,81	16,80	2,10	1,60	1,80	6,91	71,42	30,41	35,66
1929....	27,59	19,50	44,51	15,41	57,53	27,22	6,91	4,60	3,10	30,01	44,01	75,25	27,12
1930....	56,81	37,11	75,43	34,31	38,42	38,61	18,21	13,91	6,80	42,12	61,92	38,81	38,53
1931....	63,93	45,52	65,22	23,61	44,91	9,91	11,00	26,20	27,91	8,41	48,12	28,30	33,58
1932....	43,92	7,60	32,92	80,73	61,92	51,22	18,11	5,41	8,50	61,02	23,61	39,21	36,02
1933....	9,20	38,21	36,62	8,50	14,81	42,72	8,90	1,90	5,71	23,01	25,71	10,91	18,85
1934....	41,01	9,20	90,43	45,31	19,31	4,21	2,10	8,71	8,41	20,52	44,61	77,03	30,89
1935....	33,41	67,12	66,22	76,73	20,21	16,50	2,31	3,81	7,40	30,31	71,23	110,94	42,11
1936....	86,15	77,23	28,42	44,01	15,30	21,90	16,40	13,91	6,70	6,70	51,13	11,21	31,59
1937....	31,61	111,45	81,53	71,62	34,42	4,99	2,70	2,70	3,40	8,60	13,81	57,62	35,36
1938....	61,94	39,42	14,08	6,38	11,64	5,82	5,26	3,94	12,39	18,84	23,46	34,35	19,90
1939....	85,96	25,53	28,90	37,73	37,16	13,14	13,14	8,45	5,63	38,85	67,57	65,13	35,66
1940....	22,34	67,75	29,47	62,50	49,18	16,33	21,59	4,32	18,02	23,09	59,69	64,00	36,60
1941....	88,03	101,73	67,76	50,86	40,54	51,05	6,38	20,08	6,76	5,44	22,52	17,46	40,00
1942....	26,46	27,40	59,50	21,96	17,64	21,02	5,63	2,25	2,82	5,26	15,58	11,07	18,02
1943....	65,75	35,94	10,25	9,27	10,40	4,66	5,33	3,42	3,62	19,35	33,63	28,72	19,10
1944....	18,02	27,03	12,95	11,45	2,25	1,13	9,57	25,34	31,72	72,64	129,69	102,29	36,98
1945....	33,41	92,16	22,52	13,32	11,26	3,75	2,25	3,94	4,88	5,07	9,01	54,24	20,83

mais les diverses années successives, nous sommes frappés par le peu de stabilité des périodes de hautes eaux dans l'année.

Le mois de février est souvent sec en raison des gelées (étiage d'hiver), mais son débit oscille entre une dizaine et une centaine de l/sec./km² d'une année à l'autre. Le mois de mai présente des débits qui varient entre 2,25 et 61,92 l/sec./

km² au cours des 28 années d'observations suivant l'importance des réserves nivales et de la température moyenne. Alimenté par des pluies d'automne tombant sur un terrain généralement desséché par l'été, octobre donne des débits extrêmes de 3,59 et 72,64 l/sec./km².

Ces quelques exemples montrent que si l'on peut situer grossièrement dans l'année la pé-

riode de hautes eaux, il est par contre difficile de prévoir le débit d'un mois quelconque — élément pourtant essentiel pour la manœuvre rationnelle des réservoirs. C'est là la consé-

d'eau à alimentation nivo-glaciaire des Alpes présentent une « régularité » plus grande.

d) *Débits journaliers* : Les courbes de débits journaliers (fig. 10, 11 et 12) et les relevés de crue (fig. 18 et 19) (1) montrent le caractère très torrentiel de la Maronne. Les crues sont très brusques; les décrues, toujours un peu plus lentes, manquent pourtant d'ampleur en raison de la faible capacité de rétention du bassin. Nous reviendrons sur ces points à l'occasion de l'étude des crues et de la courbe de tarissement.

e) *Courbes de débits classés — Débits caractéristiques* : La figure 13 donne la courbe des débits classés pour l'année moyenne 1918-1945 (moyenne des jours), et la même courbe respectivement pour les années sèches 1921, 1933, 1942, et pour les années humides 1919, 1922 et 1935.

Pour la période 1918-1945, les débits caracté-

Fig. 13. — LA MARONNE AUX ESTOUROCS. — Courbe des débits classés.

quence de l'alimentation presque exclusivement pluviale du bassin de la Maronne. Les cours

ristiques en l/sec./km² ressortent aux chiffres suivants :

Débits caractéristiques	DC _{max.}	DC ₁	DC ₃	DC ₆	DC ₉	DC ₁₁	DC E
Débits en l/s/km ²	141,5	92,0	38,0	17,2	7,4	2,8	1,7

FIG. 14. — AJUSTEMENT DE LA COURBE DES DÉBITS CLASSÉS DE LA MARONNE AUX ESTOUY.
SUIVANT LA FORMULE DE M. COUTAGNE.

Le débit caractéristique d'étiage est descendu à 1,02 l/sec./km² en 1923, à 1,1 en 1928 et à 0,7 en 1944. Le débit caractéristique maximum a atteint 227,2 l/sec./km² en 1919, 200 l/sec./km² en 1944 et 192,8 l/sec./km² en 1922 et 1923. Rappelons, toutefois, que les débits très petits et très élevés sont connus avec une approximation assez faible.

Le débit journalier le plus fort observé a été de 424 l/sec./km² le 4 novembre 1922. Ce chiffre

correspond à la cote 3,40 de l'échelle et nous avons fait remarquer que dans cette région le barème extrapolé linéairement devait donner des résultats approchés par défaut.

Ajustement mathématique de la courbe des débits classés : Divers auteurs ont essayé de trouver une formule simple représentant la courbe des débits classés avec une approximation suffisante.

M. COUTAGNE propose de donner à l'équation de la courbe des débits classés la forme :

$$y = m + k(T - t)^n$$

y est l'ordonnée de la courbe des débits classés et représente le débit qui est atteint ou dépassé pendant t jours par an,

m est le débit minimum supposé être le plus fréquent.

On démontre facilement que :

$$k = \frac{(Q - m)(1 + n)}{T^n}$$

(Année moyenne 1918-1945)

formule dans laquelle Q est le débit moyen durant la période de T jours considérés ;

n est dit coefficient d'irrégularité du cours d'eau : on peut le calculer par la formule :

$$\frac{S - m}{Q - m} = \frac{(n + 1)}{2^n}$$

S étant le débit semi-permanent ou de 6 mois.

La méthode revient en définitive à substituer à la courbe de régime réelle une courbe parabolique de degré n donnant le même débit moyen Q , le même débit minimum m et le même débit semi-permanent S . Appliquée à la Maronne au pont des Estourocs, elle conduit à assigner à la courbe des débits classés de l'année moyenne 1918-1945, l'équation (1) :

$$y = 2 + 3,5 (347 - t)^{2,96} \times 10^{-6}$$

La figure 14 montre que l'ajustement donné par la parabole correspondant à la formule ci-dessus est assez imparfait.

Selon la méthode d'ajustement proposée par M. GIBRAT la loi de distribution statistique des débits journaliers serait définie par les deux relations suivantes :

$$P = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-z^2} dz \quad (1)$$

$$z = a \log (x - x_0) + b \quad (2)$$

Ces formules, dans lesquelles x représente un débit journalier en l/sec./km² (ou mieux en valeur relative, le module annuel étant pris comme unité) et P la probabilité d'un débit inférieur à x , expriment que le logarithme de la variable x compté à partir d'une certaine origine x_0 , suit la loi des erreurs accidentelles suivant la formule de Gauss.

Le régime d'un cours d'eau se trouve ainsi caractérisé par 3 paramètres indépendants a , b ,

(1) Dans cette équation, on a pris $T = 347$ jours au lieu de $T = 365$ jours afin d'éliminer, suivant la suggestion de M. Coutagne, les débits d'extrême étiage qui sont souvent sujets à caution.

et x_0 que l'on déterminera graphiquement en traçant la courbe $(z, \log x)$ à partir des données expérimentales; on obtiendra une ligne plus ou moins incurvée qu'on redressera par tâtonnements successifs en substituant aux valeurs $\log x$ des valeurs $\log (x - x_0)$ en faisant varier x_0 . Les coefficients a et b seront ceux de la droite donnant le meilleur groupement des points expérimentaux.

Pour la Maronne au pont de l'Estouroc, l'année moyenne 1918-1945 donnerait, pour l'équation (2) :

$$z = 1,368 \log (x + 0,021) + 0,345,$$

ou :

$$z = 1,368 \log (Q + 0,6699) - 1,712,$$

suivant que l'on considère le débit relatif x , rapporté au module, ou le débit spécifique Q en litres secondes par km².

Nous avons tracé dans la figure 14 bis la droite théorique z suivant l'équation ci-dessus et le polygone $z = f(\log Q + 0,6699)$ déduit de la courbe expérimentale des débits classés.

FIG. 14 bis. — AJUSTEMENT, SELON LA MÉTHODE DE M. GIBRAT, DE LA COURBE DES DÉBITS CLASSÉS DE LA MARONNE AUX ESTOUROCS.

FIG. 15. — LA MARONNE A BASTEYROUX. — B.V. = 821 km². — Période 1918-1947.

TABLEAU XI. — COMPARAISON DES DÉBITS MOYENS MENSUELS DE LA MARONNE AUX ESTOUROCS ET A BASTEYROUX
(Moyenne des relevés effectués de 1918 à 1945 inclus)

DÉSIGNATION	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Module
<i>A) Débits moyens mensuels en m³/sec</i>													
Station du pont de Basteyroux ... (B.V. 820,6 km ²)	32,8	33,2	31,6	31,9	22,2	13,5	8,9	6,9	9,0	14,8	29,1	33,6	22,3
Station du pont des Estourocs (B.V. 532,7 km ²)	24,8	26,5	24,2	24,7	16,4	9,7	6,1	5,0	6,8	12,0	22,9	25,5	17
B.V. intermédiaire ... (287,9 km ²)	8,0	6,7	7,4	7,2	5,8	3,8	2,8	1,9	2,2	2,8	6,2	8,1	5,3
<i>B) Débits moyens mensuels en l/sec.km²</i>													
Pont de Basteyroux..	39,91	40,47	38,50	38,81	27,05	16,46	10,79	8,35	10,98	18,00	35,51	40,89	27,18
Pont des Estourocs..	46,53	49,72	45,40	46,34	30,77	18,20	11,44	9,38	12,76	22,51	42,96	47,84	31,99
B.V. intermédiaire ..	27,80	23,28	25,71	25,02	20,15	13,20	9,73	6,60	7,74	9,72	21,54	28,14	18,41
<i>C) Rapport des débits moyens mensuels au module</i>													
Pont de Basteyroux..	1,471	1,489	1,417	1,430	0,996	0,605	0,399	0,309	0,404	0,664	1,305	1,507	1
Pont des Estourocs..	1,459	1,559	1,424	1,453	0,965	0,571	0,359	0,294	0,400	0,706	1,347	1,500	1
B.V. intermédiaire ..	1,509	1,264	1,396	1,358	1,094	0,717	0,528	0,358	0,415	0,528	1,170	1,528	1

TABLEAU XII. — COMPARAISON DES DÉBITS CARACTÉRISTIQUES DE LA MARONNE AUX ESTOUROCS ET A BASTEYROUX

B. V. km ²	MODULE		DÉBITS CARACTÉRISTIQUES EN m ³ /sec							DÉBITS CARACTÉRISTIQUES EN l/sec./km ²					
	m ³ /sec.	l./sec.	DC _{max}	DC ₁	DC ₃	DC ₆	DC ₉	DC _E		DC _{max}	DC ₁	DC ₃	DC ₆	DC ₉	DC _E
<i>Pont des Estourocs (période 1918 à 1945)</i>															
532,7	17	31,9	75,39	49,02	20,3	9,15	3,94	0,90		141,5	92,0	38,0	17,2	7,4	1,7
<i>Pont de Basteyroux (période 1918 à 1947)</i>															
820,6	21,8	26,5	92,2	58,0	28,0	13,5	5,6	1,0		112,3	70,6	34,1	16,4	6,8	1,2

On voit que la répartition statistique des débits relevés coïncide d'une façon assez satisfaisante avec celle donnée par l'équation ci-dessus pour les débits dont la probabilité est comprise entre 5 % et 92 %; la concordance est beaucoup moins bonne pour les débits très faibles ou très élevés.

B. — STATION DE BASTEYROUX, SUR LA MARONNE (B.V. = 820,6 km²)

Nous examinerons sommairement, en raison de leur précision quelque peu douteuse, les relevés de débit à cette station.

La figure 15 rassemble les courbes suivantes

FIG. 16. — LA MARONNE A BASTEYROUX EN 1948.

qui caractérisent suffisamment le régime des débits de la Maronne à Basteyroux :

1° Débits moyens mensuels de l'année moyenne 1918-1947;

2° Courbe des débits moyens mensuels de 1918 à 1947 inclus;

3° Courbe de fréquence moyenne des débits durant la période 1918-1947;

4° Courbe des débits classés des périodes 1918-1942 et 1918-1947.

Les tableaux XI et XII montrent la comparaison des débits moyens mensuels et des débits caractéristiques aux stations de Basteyroux et des Estoueroes.

Les « coefficients de débits » mensuels (définis comme le rapport du débit du mois au module annuel donnés au paragraphe C) du tableau XI semblent montrer que les étiages sont un peu plus soutenus et les hautes eaux un peu moins fortes à la première station. Ce résultat entièrement conforme aux prévisions théoriques est peut-être moins net lorsqu'on considère, non plus l'année moyenne, mais les années successives.

Le point le plus intéressant à noter nous paraît être la faible valeur du débit spécifique moyen que la comparaison des deux stations fait ressortir pour le débit du B.V. intermédiaire. Tandis que le module est de 31,39 l/sec./km² au pont de l'Estouroc, il n'est que de 18,41 l/sec./km² pour les 287,9 km² du bassin versant compris entre cette station et celle de Basteyroux. La considération des moyennes pluviométriques et la nature des terrains très arénisés permet de prévoir une forte diminution du module spécifique; nous pensons pourtant que le chiffre ci-dessus est approché par défaut, car le chiffre de 287,9 km² admis dans les documents officiels comme superficie du bassin versant intermédiaire nous semble trop fort d'une dizaine de kilomètres carrés.

C. — STATIONS DE SAINTE-EULALIE, SUR LA MARONNE (B.V. = 111,2 km²)

et de SAINT-ILLIDE, SUR LA BERTRANDE
(B.V. = 114,2 km²), période 1932-1937

Nous ne possédons pour ces deux stations que des relevés pendant la période 1932 à 1937 inclus d'une part, et pour Sainte-Eulalie l'année 1948 d'autre part; c'est évidemment une base statistique insuffisante pour caractériser le régime de ces stations.

1° *Valeur moyenne du module.* — Sur la période 1932-1937, la moyenne des modules ressort à :

40,5 l/sec./km², pour la Maronne à Sainte-Eulalie,

33,61 l/sec./km², pour la Bertrande à Saint-Illide.

La formule de M. COUTAGNE $q = 16 H^2$ reliant les modules aux précipitations annuelles (voir page 34) donne :

Pour Sainte-Eulalie :

$$q = 16 \times \frac{1}{1,914} = 58,6 \text{ l/sec./km}^2$$

Pour Saint-Illide :

$$q = 16 \times \frac{1}{1,619} = 41,9 \text{ l/sec./km}^2$$

Ces chiffres sont très supérieurs aux modules observés : il faut en chercher la raison dans une surestimation des précipitations très mal connues dans le haut bassin de la Maronne et peut-être aussi dans une évaluation par défaut des débits de crue. Pour les années postérieures à 1937, par suite de divers incidents d'exploitation, on ne dispose pas de données utilisables.

2° *Variation du module annuel.* — Les modules ou débits moyens annuels sont donnés par le tableau suivant (en l/sec./km²) :

STATIONS	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1948
Sainte-Eulalie	48,6	28	38,2	49,4	38,3	40,6	24,3
Saint-Illide	41,26	24,76	33,0	41,51	28,48	32,66	

Bien que de courte durée, la période 1932-1937 peut, semble-t-il donner une idée satisfaisante du régime, car :

a) Le module moyen durant cette période aux Estoueroes est de 32,4 contre 32,5, pour la période 1918-1942.

b) La période 1932-1937 comprend deux années humides : 1932 et 1935, et une année sèche : 1933; les quatre autres années pouvant être considérées comme des années moyennes.

3° *Débits moyens mensuels.* — Les tableaux nos XIII et XIV donnent respectivement les

TABLEAU XIII. — DÉBITS MOYENS MENSUELS, EN l/sec. par km², DE LA MARONNE, à SAINTE-EULALIE
Années 1932 à 1937. — Bassin versant : 111,2 km²

ANNÉE	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	MODULE
1932....	54,8	16,1	46,9	102,9	87,0	62,8	20,7	6,6	13,7	91,7	33,2	45,9	48,6
1933....	13,4	51,7	46,5	11,8	25,4	69,7	12,2	2,9	9,9	38,6	40,6	13,3	28,0
1934....	49,2	13,3	89,7	63,2	28,4	3,9	2,8	11,7	13,0	37,8	55,6	89,9	38,2
1935....	36,5	67,3	61,1	93,1	32,5	25,0	3,7	8,3	12,8	45,1	92,5	115,6	49,4
1936....	96,1	81,0	35,2	56,5	20,7	25,9	31,4	25,2	8,6	12,2	61,0	14,3	38,3
1937....	38,4	120,3	73,6	81,2	48,9	7,6	4,6	3,1	8,1	17,0	22,5	62,7	40,6
Moyennes.	48,06	58,26	58,82	68,10	40,48	32,48	12,56	9,62	11,01	40,40	50,96	56,94	40,5

TABLEAU XIV. — DÉBITS MOYENS MENSUELS, EN l/sec. par km², DE LA BERTRANDE A SAINT-ILLIDE
Années 1932 à 1937. — Bassin versant : 114,2 km²

ANNÉE	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	MODULE
1932....	47,9	12,6	37,1	82,2	69,8	54,3	22,2	7,6	11,5	69,9	32,2	44,9	41,26
1933....	16,5	49,2	50,1	13,0	21,3	42,9	13,5	2,1	8,1	31,9	34,9	16,4	24,76
1934....	35,8	14,2	77,5	46,5	23,7	4,5	2,5	17,4	12,0	28,3	50,4	80,6	33,00
1935....	33,2	66,5	62,7	72,3	21,5	19,9	3,2	4,1	11,8	38,7	70,6	16,1	41,51
1936....	75,4	62,7	23,5	38,6	13,7	21,6	15,5	16,2	7,6	8,4	48,5	12,4	28,48
1937....	30,8	103,0	71,4	64,7	32,1	7,7	3,8	2,5	4,5	11,6	14,0	51,2	32,66
Moyennes.	39,9	51,3	53,7	52,8	30,3	25,1	9,9	8,3	9,2	31,4	41,7	50,2	33,61

débites moyens mensuels de la Maronne et de la Bertrande de 1932 à 1937 inclus. Les débits de

l'année moyenne 1932-1937 ressortent aux chiffres suivants en l/sec./km²) :

STATIONS	J	F	M	A	Mai	J	Jt	At	S	O	N	D	Module
Sainte-Eulalie.....	48,06	58,18	58,82	68,10	40,48	32,48	12,56	9,62	11,0	40,40	50,90	56,94	40,5
Saint-Illide.....	39,9	51,3	53,7	52,8	30,3	25,1	9,9	8,3	9,2	31,4	41,7	50,2	33,6

L'alimentation meilleure de la Maronne (+ 20 % en moyenne) s'explique par l'altitude plus élevée de son bassin et peut-être accessoirement par une moins grande extension des prairies irriguées et à faible pente que l'on rencontre le long du cours moyen de ces rivières.

4° Courbe des débits classés. — Débits caracté-

ristiques. — La figure 17 donne les courbes des débits classés pour l'année moyenne 1932-1937, respectivement aux stations de Sainte-Eulalie et de Saint-Illide.

Les débits caractéristiques ressortent aux chiffres suivants (en l/sec./km²) :

STATIONS et PÉRIODES	DC _{max.} (10 jours)	DC ₁	DC ₃	DC ₆	DC ₉	DC ₁₁	DC E
<i>Sainte-Eulalie :</i>							
Années 1932-1937	200	115	57,5	22,5	8,5	4	3
Année 1948	100	70	29	14	7,5	4,5	3,2
<i>Saint-Ilhde :</i>							
Années 1932-1937	131	94	48	20	10	4	2

Les débits d'étiage sont descendus, pendant plusieurs jours des étés 1933 et 1934, à 2,1 l/sec./km² à Sainte-Eulalie, sur la Maronne, à 1 l/sec./km² à Saint-Ilhde, sur la Bertrande. Le plus fort débit journalier a été observé le 9 janvier 1932 (362 l/sec./km²) à Sainte-Eulalie, et le 4 janvier 1936 à Saint-Ilhde (273,9 l/sec./km²). Comparés à ceux relatifs à la station des Estourocs, durant la même période, ces chiffres montrent comme on pouvait s'y attendre, le caractère torrentiel plus marqué du haut bassin.

D. — STATION DE PARRIEU-BAS, SUR L'ETZE

Bien que cette station soit encore de création trop récente pour pouvoir fournir des résultats valables, nous analyserons succinctement les relevés effectués au cours de l'année 1948, sur cette rivière si différente des autres affluents de la haute-Maronne, par son orientation, sa topographie et sa géologie.

Les débits moyens mensuels (en l/sec./km²) pour l'année 1948, exceptionnellement sèche, sont donnés ci-après :

J	F	M	A	Mai	J	Jt	At	S	O	N	D	Module
63,56	19,72	6,85	14,12	26,98	17,41	1,39	6,15	3,84	2,02	5,03	5,73	14,40

Pour la même année, le module de la Maronne ressort à 15,1 l/sec./km² à Basteyroux et à 24,3 l/sec./km² à Sainte-Eulalie.

La figure 17 donne la courbe des débits classés de l'Etze à Parrieu-Bas pour l'année 1948; on en déduit les débits caractéristiques suivants en l/sec./km² :

D.C. max. (10 jours)	DC ₁	DC ₃	DC ₆	DC ₉	DC ₁₁	DC E
80	46	14,2	7,1	3,2	1,3	1

Le plus fort débit journalier a été observé le 7 janvier 1948 (223,7 l/sec./km²). Le débit d'étiage est descendu à moins de 1 l/sec./km² pendant plusieurs jours des mois de juillet et août.

Ainsi, la première année d'observations montre l'Etze comme une rivière dont l'alimentation est relativement faible par rapport aux autres affluents de la haute-Maronne, dont il partage l'irrégularité et les faibles étiages. Son régime semble comparable à celui de la Maronne à Basteyroux.

E. — COMPARAISON DES DÉBITS RELEVÉS AUX CINQ STATIONS ÉTUDIÉES CI-DESSUS

Pour contrôler dans une certaine mesure la valeur des observations faites aux différentes stations et se rendre compte si leur ensemble est bien cohérent, il conviendrait de rechercher les coefficients de corrélation existant entre les relevés correspondants. Plus simplement — et moins rigoureusement — nous avons calculé le rapport des débits homologues à deux stations différentes, et comparé ses variations au cours des années.

Ainsi le tableau n° XV donne, pour la période évidemment trop courte 1932-1937, les valeurs du rapport η des modules aux stations :

- 1° De St-Ilhde et des Estourocs : $\eta = 1,034$
- 2° De Ste-Eulalie et des Estourocs : $\eta = 1,246$
- 3° De Basteyroux et des Estourocs : $\eta = 0,873$

Ce tableau donne également le rapport γ des précipitations moyennes théoriques (1) sur les bassins correspondants et la valeur du carré de

(1) Calculées par la méthode exposée au chapitre III, voir *La Houille Blanche*, n° 2, 1950, page 124.

Fig. 17. — BASSIN DE LA HAUTE MARONNE. — Courbes des débits classés.

TABLEAU XV. — COMPARAISON ENTRE LES MODULES, en l/sec. par km², AUX QUATRE STATIONS ESTOUROCS, SAINT-ILLIDE, SAINTE-EULALIE, BASTEYROUX

PENDANT LA PÉRIODE 1932-1937

ANNÉES	MODULE, EN l/sec./km ² , AUX STATIONS DE :				RAPPORTS		
	Estourocs	St-Illide	Ste-Eulalie	Basteyroux	St-Illide	Ste-Eulalie	Basteyroux
					Estourocs	Estourocs	Estourocs
1932	36,02	41,26	48,6	32,38	1,145	1,349	0,898
1933	18,99	24,76	28,0	16,7	1,304	1,474	0,879
1934	30,89	33,00	38,2	25,9	1,068	1,236	0,838
1935	42,11	41,51	49,4	34,84	0,985	1,173	0,827
1936	31,59	28,48	38,3	29,08	0,903	1,212	0,925
1937	35,36	32,66	40,6	31,26	0,923	1,148	0,884
Moyenne des débits ($\bar{Q}$)	32,5	33,61	40,5	28,36	$\eta=1,034$	$\eta=1,246$	$\eta=0,873$
Moyenne des précipi- tations ($\bar{H}$), en mm.	1,420	1,619	1,914	1,300	$\gamma=1,140$	$\gamma=1,34$	$\gamma=0,9$
Rapport d'alimentation théorique : $\frac{\bar{Q}a}{\bar{Q}b} = \left(\frac{\bar{H}a}{\bar{H}b} \right)^2$					$\gamma^2=1,3$	$\gamma^2=1,79$	$\gamma^2=0,81$

ce rapport qui devrait être égal à celui des débits correspondants, de sorte que :

$$\eta = \gamma^2$$

Pour les stations de Basteyroux et des Estourocs cette relation serait assez bien vérifiée puisque $\eta = 0,873$ et $\gamma^2 = 0,81$ mais il est loin d'en être de même pour :

le couple Sainte-Eulalie-Estourocs :

$$\eta = 1,246 \text{ et } \gamma^2 = 1,79$$

et le couple Saint-Illide-Estourocs :

$$\eta = 1,034 \text{ et } \gamma^2 = 1,3$$

Sans doute les précipitations du haut bassin sont-elles surestimées, mais il est aussi probable que les stations correspondantes et notamment celles de Saint-Illide ne sont pas très sûres (forte dispersion des valeurs de η).

On peut poursuivre le calcul des rapports d'alimentation en prenant une « base de temps » plus courte mais la dispersion des valeurs de η croîtra corrélativement. A titre d'exemple, le tableau XVI donne mois par mois les valeurs du rapport d'alimentation des 3 couples de stations étudiés ci-dessus pour la période du 1^{er} juillet 1931 au 31 décembre 1932.

F. — STATION DES OULES, SUR LE RIOU-TORT (B.V. = 49,6 km²) (2)

Les débits moyens mensuels (en m³/sec.) durant la période d'observation de la station des Oules sont rassemblés dans le tableau suivant :

(2) Tous les calculs effectués par M. Aize sont basés sur un bassin versant de 47 km². Il en résulte que les débits en l/s/km², reproduits dans ce paragraphe, sont inférieurs à ceux indiqués par M. Aize dans le rapport $\frac{49,6}{47} = 1,055$.

ANNÉES	J	F	M	A	Mai	J	Jt	At	S	O	N	D	Moyenne annuelle
1927						0,356	1,505	0,972	1,748	0,883	1,016	1,490	
1928	1,650	2,687	1,352	2,770	1,553	0,750	0,129	0,052	0,077	0,317	1,854	1,170	1,180
1929	1,026	0,812	0,591	0,482	1,426	0,714	0,303	0,151					

TABLEAU XVI. — COMPARAISON ENTRE LES DÉBITS MOYENS MENSUELS, en l/sec. par km²,
AUX QUATRE STATIONS LIMNIMÉTRIQUES DU BASSIN DE LA MARONNE
DU 1^{er} JUILLET 1931 AU 31 DÉCEMBRE 1932

MOIS	DÉBITS MOYENS MENSUELS en l/sec. par km ² AUX STATIONS DE :				RAPPORTS D'ALIMENTATION η		
	Estourocs	St-Ilhde	Ste-Eulalie	Basteyroux	St-Ilhde	Ste-Eulalie	Basteyroux
					Estourocs	Estourocs	Estourocs
1931							
Juillet	11,02	13,56	21,70	8,54	1,230	1,970	0,775
Août	26,18	29,89	45,00	20,90	1,145	1,720	0,800
Septembre	27,91	34,10	42,50	21,50	1,222	1,522	0,771
Octobre	8,40	12,33	15,80	7,63	1,468	1,880	0,907
Novembre	48,00	59,10	64,00	39,60	1,232	1,335	0,826
Décembre	28,32	35,59	54,60	25,95	1,259	1,930	0,917
1932							
Janvier	43,91	50,80	56,40	37,95	1,160	1,287	0,865
Février	7,65	12,40	16,55	7,60	1,620	2,162	0,995
Mars	33,00	39,10	48,20	25,30	1,185	1,460	0,766
Avril	80,90	91,10	105,70	71,90	1,125	1,307	0,889
Mai	63,73	76,70	89,50	57,60	1,205	1,405	0,905
Juin	51,38	61,30	64,60	50,30	1,193	1,260	0,980
Juillet	18,91	26,10	21,30	18,20	1,380	1,125	0,962
Août	5,79	7,80	6,78	5,70	1,350	1,172	0,985
Septembre	9,03	11,60	14,09	7,80	1,284	1,559	0,864
Octobre	61,88	77,60	93,40	47,50	1,257	1,510	0,769
Novembre	24,53	33,40	34,10	21,95	1,362	1,390	0,895
Décembre	40,46	47,20	47,20	32,60	1,170	1,170	0,691

Si l'on calcule le rapport du volume par km² de bassin versant écoulé par le Riou-Tort aux Oules (B.V. = 49,6 km²) à celui roulé pendant cette même période par la Maronne aux stations des Estourocs et de Basteyroux, on arrive aux chiffres suivants :

$$\text{Rapport d'alimentation} \frac{\text{Oules}}{\text{Estourocs}} : 0,661$$

$$\text{Rapport d'alimentation} \frac{\text{Oules}}{\text{Basteyroux}} : 0,795$$

En admettant que ce rapport d'alimentation reste constant d'une année à l'autre, le module spécifique du Riou-Tort aux Oules pour la période 1918-1945 doit être compris entre :

$$31,9 \times 0,661 = 21,08 \text{ l/sec./km}^2$$

et

$$27,18 \times 0,795 = 21,60 \text{ l/sec./km}^2$$

En réalité, la période d'observation a été assez sèche et le rapport d'alimentation réel doit être un peu plus élevé en année moyenne.

Voici d'autre part, les débits caractéristiques de l'année 1928 pour les trois stations considérées :

	DC ₃	DC ₆	DC ₉	DCE
<i>Débits en l/s/km²</i>				
Estourocs	42,7	19,93	3,8	1,12
Basteyroux	38,7	19,1	2,4	1,2
Oules	33,74	17,25	4,74	0,947
<i>Rapports d'alimentation</i>				
Oules	0,79	0,86	1,25	0,845
Estourocs				
Oules	0,87	0,90	1,97	0,79
Basteyroux				

On peut interpréter ce tableau de la façon suivante : les débits de hautes eaux sont plus élevés sur la Maronne que sur le Riou-Tort; les débits caractéristiques moyens sont du même ordre de grandeur; le débit de 9 mois sur le Riou-Tort se révèle très supérieur à celui de la Maronne; cette dernière particularité peut être attribuée au laminage des crues par la cuvette marécageuse du Jaladis et, plus généralement, à la capacité de rétention du bassin versant fortement arénisé. Le débit d'étiage est du même ordre — et assez incertain — sur les deux cours d'eau.

G. — STATION DE RODOMONT, SUR LA MARONNE (B.V. = 420 km²)

Cette station est encore de création trop récente pour pouvoir fournir des résultats statistiquement valables; elle va d'ailleurs être submergée par la mise en eau du réservoir d'Enchanet en 1950.

Nous nous bornerons à comparer dans le tableau ci-après les valeurs des modules annuels en l/sec./km² relevés de 1946 à 1948 inclus aux stations de Rodomont et de Basteyroux :

	1946	1947	1948
1. Basteyroux	16,4	18,8	12,8
2. Rodomont	22,7	29,0	18,8
Rapport d'alimentation (1) : (2).	0,728	0,645	0,680

Le rapport d'alimentation calculé ci-dessus est sensiblement plus faible que celui du couple Basteyroux-Estourocs (égal à 0,87 en moyenne); cela confirme l'excellente alimentation de la haute-Maronne par rapport à celle des affluents compris entre Rodomont et le Pont des Estourocs (Encon, Ruisseau de Saint-Rauffy).

(A suivre.)

FIN DE LA DEUXIÈME PARTIE

La troisième partie de la MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE DU BASSIN DE LA MARONNE sera publiée dans le n° 6 de *La Houille Blanche*, en 1950.