

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. 96

PRÉFACE

En fondant un prix annuel pour la meilleure monographie fluviale, la Société Hydrotechnique de France a eu comme but essentiel de contribuer au développement de nos connaissances sur les lois de l'écoulement à la surface des continents et sur les combinaisons locales de phénomènes qui donnent à chaque cours d'eau son originalité.

Il a paru qu'on pouvait atteindre ou approcher ce but en invitant les ingénieurs, géographes ou autres savants que leur position met à même de réunir les observations nécessaires à rédiger une étude sur un bassin fluvial où ces observations aient été pratiquées régulièrement.

On a recommandé le choix d'un bassin de dimensions assez limitées pour que sa configuration géographique puisse être familière à l'auteur du travail, et que soient relativement simplifiés les rapports des éléments du problème : précipitations et écoulement.

Rien ne doit être négligé à cet égard. La critique des observations pluviométriques et hydro-métriques doit être sévère, ce qui exige la connaissance des lieux. Les variations de la température, de l'humidité atmosphérique, de l'enneigement s'il y a lieu, doivent être considérées, mais aussi le relief du sol, son altitude moyenne, les profils en long des différentes branches du réseau fluvial, les profils en travers, les ruptures de pente des versants et les étranglements des lits, dans leurs rapports avec la structure géologique observée sur le terrain.

Bien que d'importantes monographies de grands fleuves aient été publiées en France et à l'étranger, on a rarement pu y traiter à fond tous ces problèmes. Il est permis de penser qu'un travail apportant des données précises sur un bassin fluvial limité, suivi d'autres travaux sur des bassins voisins, conduise à une synthèse régionale d'un grand bassin dont l'utilité soit évidente pour l'utilisation judicieuse de l'énergie.

Cependant, la monographie fluviale sollicitée peut être envisagée à un autre point de vue : isoler un des problèmes que pose le bassin choisi, et arriver ainsi à une solution décisive. Un exemple en a été donné dès la première année de concours de monographie fluviale par le travail de l'ingénieur WYART sur le Guil, qui sera publié dans la Houille Blanche (N° spécial A 1950).

Le choix entre les deux conceptions dépendra en général des possibilités de documentation locale ou du tempérament du concurrent.

Quoiqu'il en soit, le concours aura toujours l'avantage d'enrichir nos connaissances hydrologiques. Des données numériques qui pouvaient risquer de dormir dans les cartons d'un service, seront utilement classées. Tel jeune ingénieur ayant l'occasion d'en tirer partie, aura le sentiment d'une activité dépassant le cadre des occupations journalières...

Les résultats obtenus par la première année du concours de monographie fluviale paraissent répondre suffisamment à cet espoir pour qu'un second concours soit institué en 1950.

Em. de MARTONNE,

Membre de l'Institut,
Président de la Section d'Hydrologie du Comité technique
de la Société Hydrotechnique de France.

SOMMAIRE

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I. — Description générale du cours de la Maronne et de ses principaux affluents.

I. La Maronne depuis sa source jusqu'au confluent avec la Bertrande à Espont. — II. La Bertrande et la Doire. — III. L'Etze. — IV. La Maronne entre Espont et le confluent avec la Dordogne.

CHAPITRE II. — Etude des facteurs conditionnels du régime de la Maronne.

I. Situation géographique. — II. Relief. — III. Esquisse géologique du bassin de la Maronne. — IV. La végétation. — V. Aperçu sur le climat.

CHAPITRE III. — Etude du facteur essentiel de l'écoulement : les précipitations.

I. Documents sur la pluviométrie de la région. — II. Répartition saisonnière des pluies. — III. Nature des précipitations : indice de niviosité. — IV. Variation des précipitations avec l'altitude. — V. Calcul de la hauteur moyenne théorique des précipitations annuelles sur le bassin versant de la Maronne.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE IV. — Etude des débits.

I. Mesure des débits. Stations de jaugeage. — II. Résultats généraux.

TROISIÈME PARTIE

CHAPITRE V. — Capacité de rétention. — Courbe de tarissement du bassin.

I. Régime propre ou non influencé de la Maronne à la station du Pont de l'Estouroc. — II. Capacité de rétention. — III. Capacité de rétention nivale.

CHAPITRE VI. — Coefficient de ruissellement. — Déficit d'écoulement.

I. Définitions. — II. Calcul du déficit d'écoulement moyen et du coefficient de ruissellement moyen pour la période 1921-1945 (Station du Pont de l'Estouroc). — III. Variation saisonnière des coefficients de ruissellement. — Coefficients moyens de ruissellement mensuels.

CHAPITRE VII. — Etude des crues.

I. Crues observées. — II. Application des formules mathématiques donnant les débits de crue.

CHAPITRE VIII. — Evolution du lit et transports solides.

CHAPITRE IX. — Données physiques, chimiques et biologiques.

I. Thermalisme et climatisme médicaux. — II. Pêche et ressources piscicoles du bassin.

CHAPITRE X. — Utilisations.

I. Utilisations agricoles. — II. Utilisations urbaines. — III. Utilisations industrielles : a) Usines hydroélectriques. b) Communications et transports fluviaux. — IV. Utilisations touristiques.

Conclusion.

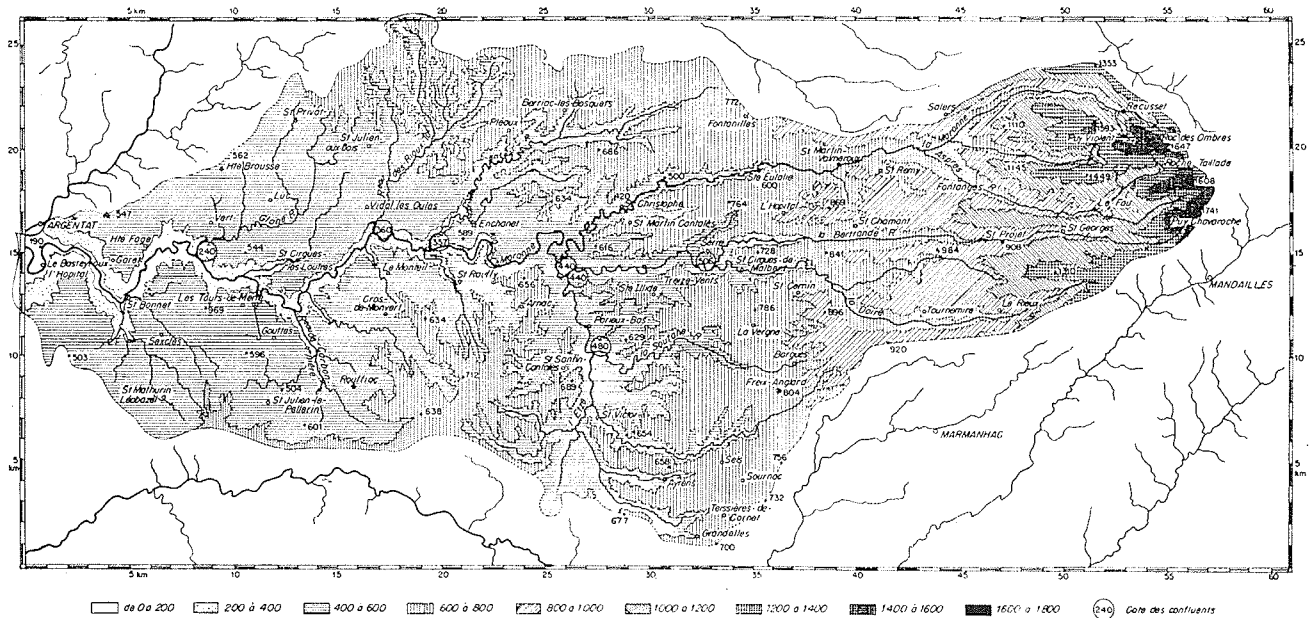


FIG. 1. — BASSIN DE LA MARONNE. — HYDROGRAPHIE ET RELIEF

(L'échelle est figurée en kilomètres sur les quatre côtés du cadre.)

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU COURS DE LA MARONNE ET DE SES PRINCIPAUX AFFLUENTS

I. — La Maronne depuis sa source jusqu'au confluent avec la Bertrande à Espont.

La Maronne prend sa source au pied du Roc des Ombres (altitude 1.647 m) à 4 km au nord-ouest du Puy Mary (1.786 m) dans le grand massif volcanique que domine le Plomb du Cantal (1.858 m) et d'où divergent vers tous les points de l'horizon de vives rivières telles que la Jordanne, la Cère, le Goul, le Seniq (principal af-

fluent de la Bromme), l'Épic, l'Alagnon, le Santoire, le Mars, etc... (Fig. 1 et 4.)

Le haut bassin de la Maronne est encadré par deux lignes de crêtes formant les côtés d'un angle droit orientés respectivement N.O.-S.E. et N.E.-S.O. et comprenant les sommets suivants : le Puy Chavaroche (1.496 m), la Vigie de la Bertrande (1.610 m), la Vigie de Cabrespin (1.446 m), sur la rive gauche; la Roche Taillade (1.609 m), le

Puy Violent (1.594 m), le Roc des Ombres (1.647 m), sur la rive droite.

La haute Maronne et ses affluents supérieurs : l'Aspres, la Bertrande (et son affluent la Doire), drainent ainsi une sorte de cirque très ouvert vers l'ouest et entouré par des crêtes qui s'élèvent progressivement de 1.000 m d'altitude au droit du méridien de Salers, à plus de 1.600 m vers le Puy Mary.

Cette disposition du relief doit favoriser la condensation des masses nuageuses venant de l'Atlantique, et, bien qu'il n'existe aucune station pluviométrique dans la région, on peut prévoir que les précipitations y sont très élevées.

Jusqu'aux abords de Salers, la Maronne est un petit torrent dont la pente moyenne est de l'ordre de 20 à 25 mètres par km. Près de Saint-Paul, une chute de 55 mètres environ (pour une longueur de rivière de 400 m) a été aménagée pour les besoins d'une usine hydro-électrique.

A l'aval de Salers, après avoir traversé la plaine alluviale de Fontange, la Maronne reçoit l'Aspres, ce qui porte son bassin versant de 40,5 à 76,17 km². La rivière coule alors jusqu'à Saint-Martin-Valmeroux dans une vallée large, couverte de prairies et dont la pente descend parfois jusqu'à 1,5 m par km, sans jamais dépasser 7,7 m par km. Un barrage, même de faible hauteur implanté dans cette région (1), formerait un beau réservoir saisonnier, mais les prairies qui seraient ainsi noyées sont indispensables à la vie agricole de la région, car elles fournissent le foin nécessaire à l'hivernage des troupeaux qui paissent l'été sur les montagnes voisines.

En aval de Saint-Martin-Valmeroux, la pente s'accroît (8 à 10 m par km); la vallée reste assez large jusqu'au pont du Cros, près de Sainte-Eulalie. Entre ce point et Espont, au confluent de la Bertrande où son bassin versant atteint 141,4 km², la Maronne coule dans une vallée très encaissée, peu accessible et ne reçoit aucun affluent important.

Le gros apport de la Bertrande (B.V. 286,25 km²) fait plus que tripler l'importance de la rivière (B.V. immédiatement à l'aval du confluent de la Bertrande : 427,6 km²) et il peut

(1) Un barrage de 25 m. de hauteur implanté aux abords du confluent du ruisseau de Saint-Rémy tendrait les eaux vers la cote 676 et donnerait un réservoir de 20 à 30 millions de m³ au minimum.

(2) Sur la Maronne comme sur la Bertrande, on observe un changement de pente bien net lorsque la rivière passe des terrains volcaniques (andésites) aux micaschistes sous-jacents; lorsque le profil en long d'une rivière a atteint son état d'équilibre, la pente est d'autant plus forte (pour un même débit moyen) que le terrain est plus résistant.

paraître singulier qu'elle continue à porter le nom de Maronne alors que la Bertrande, grossie de l'Etze et de la Doire, lui fournit les deux tiers de son débit.

II. — La Bertrande et la Doire.

La Bertrande prend sa source au pied du Puy de Chavaroche (altitude 1.496 m); son haut bassin est très légèrement moins alimenté que celui de la Maronne en raison de son étroitesse (B.V. à Saint-Projet : 17,35 km²) et de son altitude un peu plus faible (voir fig. 3, courbe hypsométrique des B.V. aux stations de Sainte-Ililde et de Sainte-Eulalie). La rivière coule en pente douce au milieu des prairies jusqu'à Saint-Chamant (dénivellation de 6 à 10 m par km). A l'aval, la pente s'accroît (2) et la vallée prend l'aspect d'une gorge boisée identique à celle de la Maronne sur les mêmes méridiens. A 2 km, à l'ouest de Saint-Cirgues-de-Malbert, l'apport de la Doire accroît le bassin versant de la Bertrande de 41,7 à 101,4 km². La Doire suit un cours sensiblement parallèle à celui de la Haute-Bertrande (mais de pente généralement plus faible) dans une vallée large, couverte de prairies bien irriguées.

A l'aval du confluent de la Doire, la vallée de la Bertrande, toujours encaissée et sauvage, présente une notable diminution de pente corrélative à l'augmentation du débit moyen de la rivière (3) (de 15 à 17 m par km à l'amont du confluent de la Doire, la pente tombe à 8 à 10 m par km à l'aval; voir profil en long : fig. 2).

A 1,5 km à l'amont de son confluent avec la Maronne, la Bertrande reçoit l'Etze qui draine un bassin de 158,4 km².

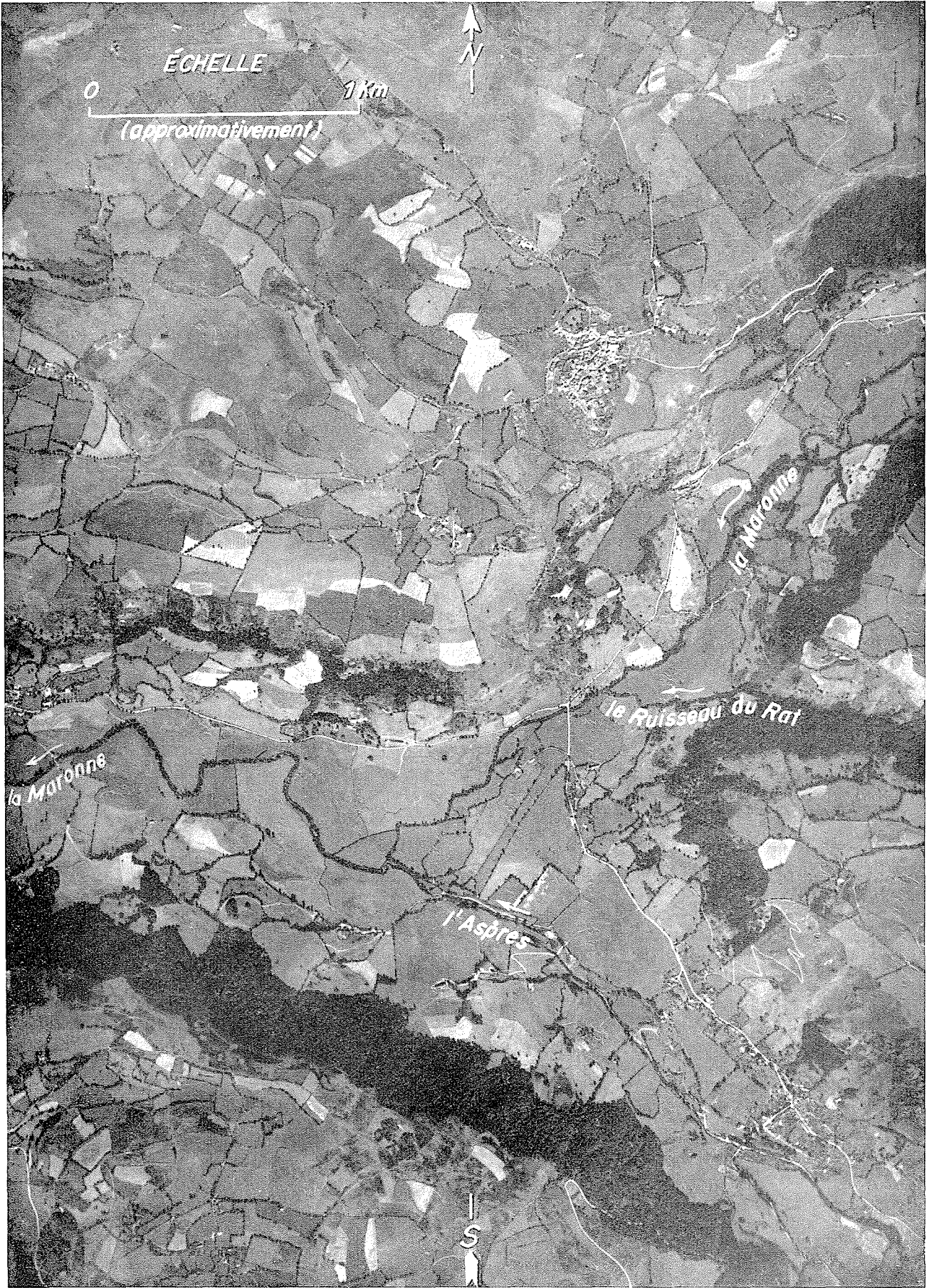
III. — L'Etze.

Cette rivière, qui coule suivant une direction sensiblement N.S. sur le plateau entre Maronne et Cère, a un caractère nettement différent des autres affluents supérieurs issus des Monts du Cantal. Moins bien alimentée que ces derniers, formée par des ruisseaux d'égale importance disposés en éventail, elle coule dans une vallée généralement large et à faible pente.

IV. — La Maronne entre Espont et le confluent avec la Dordogne.

Reprenons le cours de la Maronne aux abords d'Espont, carrefour vers lequel convergent la

(3) Dans un terrain homogène la pente diminue à mesure que le débit moyen augmente.



ÉCHELLE

0 1 Km

(approximativement)

N

la Maronne

le Ruisseau du Rmt

la Maronne

l'Aspres

S



PHOTO N° 1 bis

VUE AÉRIENNE DES CONFLUENTS DE LA MARONNE, DE LA BERTRANDE ET DE L'ETZE AUX ABORDS D'ESPONT.

A l'amont de leur confluent, la Bertrande et la Maronne coulent dans les gorges encaissées et boisées, creusées dans les micaschistes.

- L'Etze rejoint la Bertrande au pont de Rouffet.
- La voie ferrée de Paris à Aurillac suit en direction

générale N.S. la gorge de la Maronne qu'elle franchit par un grand viaduc avant de traverser en tunnel l'éperon entre Maronne et Bertrande pour rejoindre la vallée plus large de l'Etze.

(Cliché de l'Institut Géographique National.)

Bertrande et l'Etze. Le bassin versant de la Maronne est monté à 427,6 km²; cet accroissement considérable de débit, joint peut-être à une moindre résistance du terrain, produit une brusque diminution de la pente qui, jusqu'au pont de

l'Estouroc, reste comprise entre 1,5 et 5 mètres par kilomètre. C'est cette circonstance, jointe à l'existence d'un grand épanouissement de la vallée vers Languioux et Rodomont, qui a fait choisir cette section de la rivière comme emplacement d'un important réservoir saisonnier dans tous les projets d'aménagement hydro-électrique de la Maronne.

Un peu à l'amont du pont de l'Estouroc, la Maronne reçoit le ruisseau de Saint-Rauffy (B.V. 14,35 km²) et l'Encon (B.V. 65 km²) qui draine le plateau basaltique de 650 à 700 m d'altitude moyenne qui s'étend entre Pleaux et Drignac.

A l'aval du pont de l'Estouroc, la pente augmente progressivement à la traversée de la zone de contact micaschiste-granulite pour devenir

PHOTO N° 1
VUE AÉRIENNE DE LA VALLÉE
DE LA HAUTE MARONNE AU DROIT DE SALERS

La Maronne coule dans une petite plaine alluviale couverte de prairies (alt. 670 m) reposant sur les andésites. Le plateau basaltique sur lequel est bâti Salers se trouve à 900-1.000 m d'altitude.

(Cliché de l'Institut Géographique National.)

maximum entre le confluent du Riou-Tort et le pont de Chambon où elle atteint le chiffre remarquablement élevé — eu égard au débit moyen — de 13 m par kilomètre en moyenne.

Entre le pont du Chambon et le confluent du ruisseau de Saint-Cirgues, la gorge sauvage de la Maronne est creusée dans les granulites du plateau corrézien; des filons de microgranulites très dures forment des seuils rocheux qui divisent la rivière en une série de calmes et de rapides alternés. La pente moyenne reste élevée (7 m par km environ). Les affluents de la rive droite : Riou-Tort (B.V. 52,37 km²), Ruisseau de Saint-Cirgues (B.V. 13,47 km²), Glane (B.V. 37,10 km²) drainent le plateau de la Xaintrie, où les arènes granitiques s'étalent sur de larges vallonnements

depuis Saint-Julien-au-Bois (altitude 600 m) jusqu'aux rives de la Dordogne (alt. 500 m.). Leur alimentation est médiocre [22 à 25 lit./sec./km² (?)] mais leur haut bassin, souvent marécageux, présente peut-être une certaine capacité de rétention qui soutient les débits d'étiage. Sur la rive gauche, seul le ruisseau de Carbonnières, avec ses 42,75 km² de B.V., présente quelque importance.

Entre le confluent du ruisseau de Saint-Cirgues et la Glane s'étend une section à faible pente (4,5 ‰ sur 5 km) qui paraît en rapport avec une moindre résistance des granulites formant les flancs de la vallée; on peut soupçonner ici l'existence d'un ancien lac glaciaire dont la barre rocheuse apparaissant entre Lesturgie et le Carlat serait le « verrou ». En tout cas, on observe

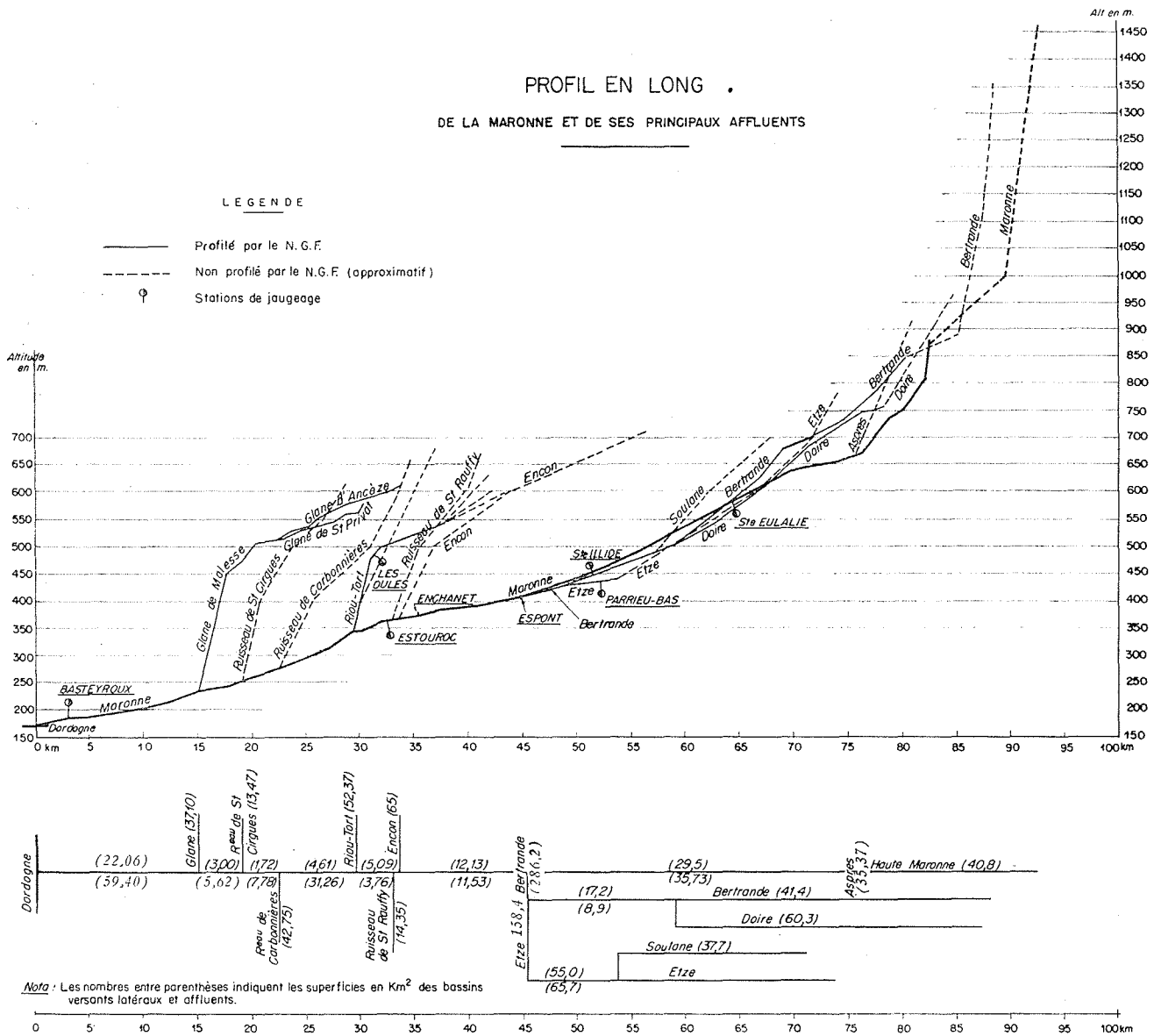


FIG. 2. — PROFIL EN LONG

dans cette région des terrasses atteignant une vingtaine de mètres au-dessus de la vallée et il semble que le lit de la rivière soit assez alluvionné.

Entre la boucle du Carlat et le pont de la Broquerie (B.V. 766 km²), la Maronne coule dans un lit relativement large, bien que les flancs de la vallée taillée dans la granulite lardée de micaschistes soient parfois très abrupts. La pente décroît progressivement de 5,9 à 3,4 m par km. Il existe souvent une bande alluviale sur les berges; faut-il admettre que dans cette section le lit de la Maronne soit en période de remblaiement?

A l'aval du pont de la Broquerie, la vallée est creusée dans des micaschistes compacts; la pente s'abaisse peu à peu de 3,1 à 1,4 m par km; de petites plaines alluviales existent sur la rive droite, notamment au droit des hameaux des Taules et du Pradeau.

Enfin la Maronne arrive dans la plaine alluviale d'Argentat et va se jeter dans la Dordogne, après avoir décrit un grand méandre de près de 5 km de développement. Le bassin versant de la Maronne au confluent avec la Dordogne (altitude 167,7 m) est de 820,6 km².

★

On trouvera ci-après la répartition du bassin versant de la Maronne entre les principaux affluents et sous-affluents :

TABLEAU I. — BASSIN DE LA MARONNE
Superficie des bassins versants élémentaires (en km²)

	Bassins principaux	Bassins latéraux non dénommés	Totale cumulée
Haute-Maronne	40,8		
Aspres	35,37		76,17
R.D.		29,50	
R.G.		35,73	141,40
Bertrande	286,20		427,60
R.D.		12,13	
R.G.		11,53	451,26
Eneon	65		516,26
Ruisseau de Saint-Rauffy	14,35		530,61
R.D.		5,09	
R.G.		3,76	539,46
Rieu-Tort	52,37		591,83
R.D.		4,61	
R.G.		31,26	627,70
Ruisseau de Carbonnières	42,75		670,45
R.D.		1,72	
R.G.		7,78	679,95
Ruisseau de Saint-Cirgues	13,47		693,42
R.D.		3,00	
R.G.		5,62	702,04
Glane	37,10		739,14
R.D.		22,06	
R.G.		59,40	820,60
TOTAUX	587,91	233,19	

CHAPITRE II

ÉTUDE DES FACTEURS CONDITIONNELS DU RÉGIME DE LA MARONNE

I. — Situation géographique.

Le bassin de la Maronne forme une bande de près de 30 km de longueur et de 15 à 17 km de largeur moyenne orientée sensiblement est-ouest et comprise entre les latitudes de 45° et 45°10' (1) et les longitudes de + 0°20' et 0°25'.

Le méridien de Paris passe à Loupiac, à 6 km en amont du confluent de la Maronne et de la Bertrande.

II. — Relief.

Si l'on fait abstraction de la ligne de crêtes en

(1) La latitude est donc voisine de celles de : Clermont, 45°46'; Lyon, 45°41'. Nous utiliserons les relevés de température effectués aux observatoires de ces villes pour calculer la température moyenne en divers points du bassin.

forme de chevron qui aboutit au Puy de Chava-roche (altitude 1.496 m), et des puits volcaniques tels que le Puy Violent (1.594 m) et le Roc des Ombres (1.647 m), le bassin de la Maronne se présente comme un grand plateau assez vallonné s'inclinant progressivement vers l'ouest depuis la côte 1.000, au droit de Saint-Projet, jusqu'à la côte 500 en bordure de la Dordogne. (Voir figure 1.)

Les rivières ont creusé dans ce plateau des vallées d'autant plus larges, toutes choses égales d'ailleurs, que le terrain était moins résistant. Les plus grands épanouissements se rencontrent dans la haute vallée en raison de la moindre résistance des andésites et peut-être d'une érosion glaciaire plus prononcée. Le micaschiste s'est aussi laissé entamer, mais moins régulièrement et en général moins profondément que les roches volcaniques; la belle cuvette de Rodomont et

Languiroux est pourtant toute entière dans les micaschistes. Les rivières qui coulent sur les granulites ont en général des vallées étroites et sauvages en forme de gorge, véritables coups de hache dans le plateau environnant. Dans son cours moyen, le lit de la Maronne se trouve à environ 300 m au-dessous du plateau. Quant aux affluents, le Riou-Tort et la Glane coulent à fleur de terre dans des dépressions marécageuses entre Pléaux et Saint-Privat; le ruisseau de Saint-Cirgus et celui de Carbonnières coulent au contraire dans des vallées profondes et étroites.

On peut remarquer un certain parallélisme approximatif entre les affluents de la rive droite et certaines sections du cours de la Maronne; il semble que la direction générale de ces vallées coïncide avec celle de la schistosité des micaschistes, laquelle a été suivie souvent par les diaclases principales des granulites.

Afin de préciser l'influence du relief et de pouvoir l'incorporer dans les calculs hydrologiques, nous avons établi (voir fig. 3 et tableau II) les courbes hypsométriques du bassin versant aux stations de jaugeages de :

TABLEAU II. — BASSIN VERSANT DE LA MARONNE

Répartition de la superficie
(en km² par tranches d'altitudes)

Altitudes	La Maronne à :				
	Sainte-Eulalie	P ^t de l'Estouroc	Basteyroux (1)	La Bertrande à Sainte-Ilhde	L'Etze à Parrieu-Bas
De 200 à 300 m.			14		
De 300 à 400 m.		2,33	35		
De 400 à 500 m.		28,90	57	0,97	5,52
De 500 à 600 m.	0,36	113,10	275	7,90	38,62
De 600 à 700 m.	5,20	154,50	204	18,82	72,91
De 700 à 800 m.	21,46	82,16	82	25,98	18,46
De 800 à 900 m.	19,36	47,34	49	20,90	7,71
De 900 à 1000 m.	16,57	31,27	36	14,56	
De 1000 à 1100 m.	14,97	24,08	19	9,11	
Au-dess. de 1100 m.	33,24	48,98	50	16,02	
Totaux.....	111,16	532,66	821	114,26	143,22

(1) D'après M. BARRIÈRE, Ingénieur T.P.E., 4^e Circonscription électrique à Limoges.

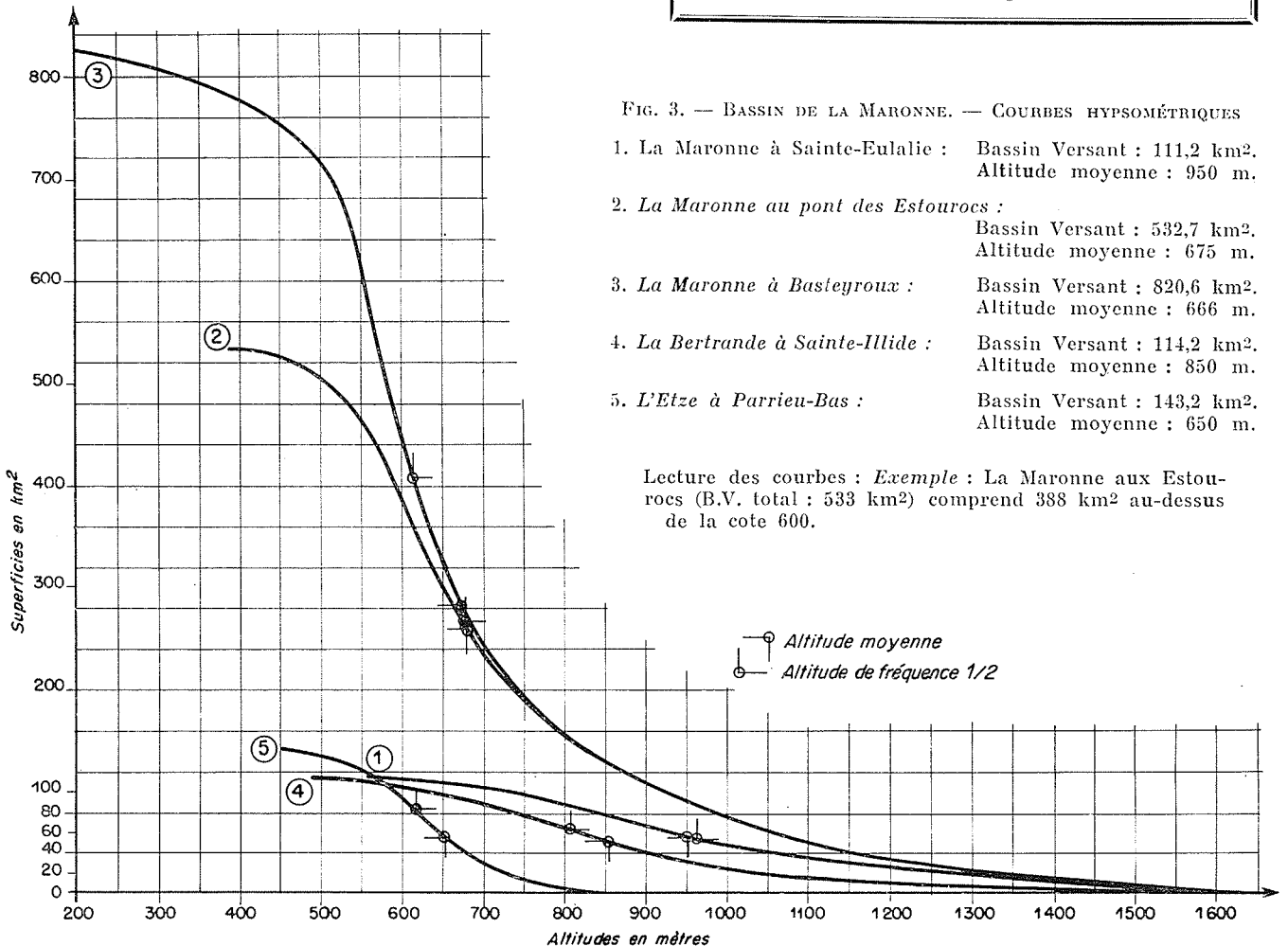


FIG. 3. — BASSIN DE LA MARONNE. — COURBES HYSOMÉTRIQUES

1. La Maronne à Sainte-Eulalie : Bassin Versant : 111,2 km².
Altitude moyenne : 950 m.
2. La Maronne au pont des Estourocs :
Bassin Versant : 532,7 km².
Altitude moyenne : 675 m.
3. La Maronne à Basteyroux : Bassin Versant : 820,6 km².
Altitude moyenne : 666 m.
4. La Bertrande à Sainte-Ilhde : Bassin Versant : 114,2 km².
Altitude moyenne : 850 m.
5. L'Etze à Parrieu-Bas : Bassin Versant : 143,2 km².
Altitude moyenne : 650 m.

Lecture des courbes : Exemple : La Maronne aux Estourocs (B.V. total : 533 km²) comprend 388 km² au-dessus de la cote 600.

- Sainte-Eulalie sur la Haute-Maronne :
B. V. = 111,2 km²
- Sainte-Ilhde sur la Bertrande :
B. V. = 114,2 km²
- Parrieu-Bas, sur l'Etze :
B. V. = 143,2 km²
- Pont de l'Estouroc, sur la Maronne :
B. V. = 532,7 km²
- Basteyroux, sur la Maronne :
B. V. = 820,6 km²

Les planimétrages ont été effectués par nous sur la carte en courbe au 1/40.000° du Service Géographique (minutes des cartes d.E.-M. au 1/80.000°). Le tracé des courbes de niveau figurant sur ces documents est assez approximatif, mais, outre qu'il n'existe pas de carte plus précise, les résultats nous ont paru suffisamment exacts pour notre étude.

Nous aurons l'occasion de commenter plus loin

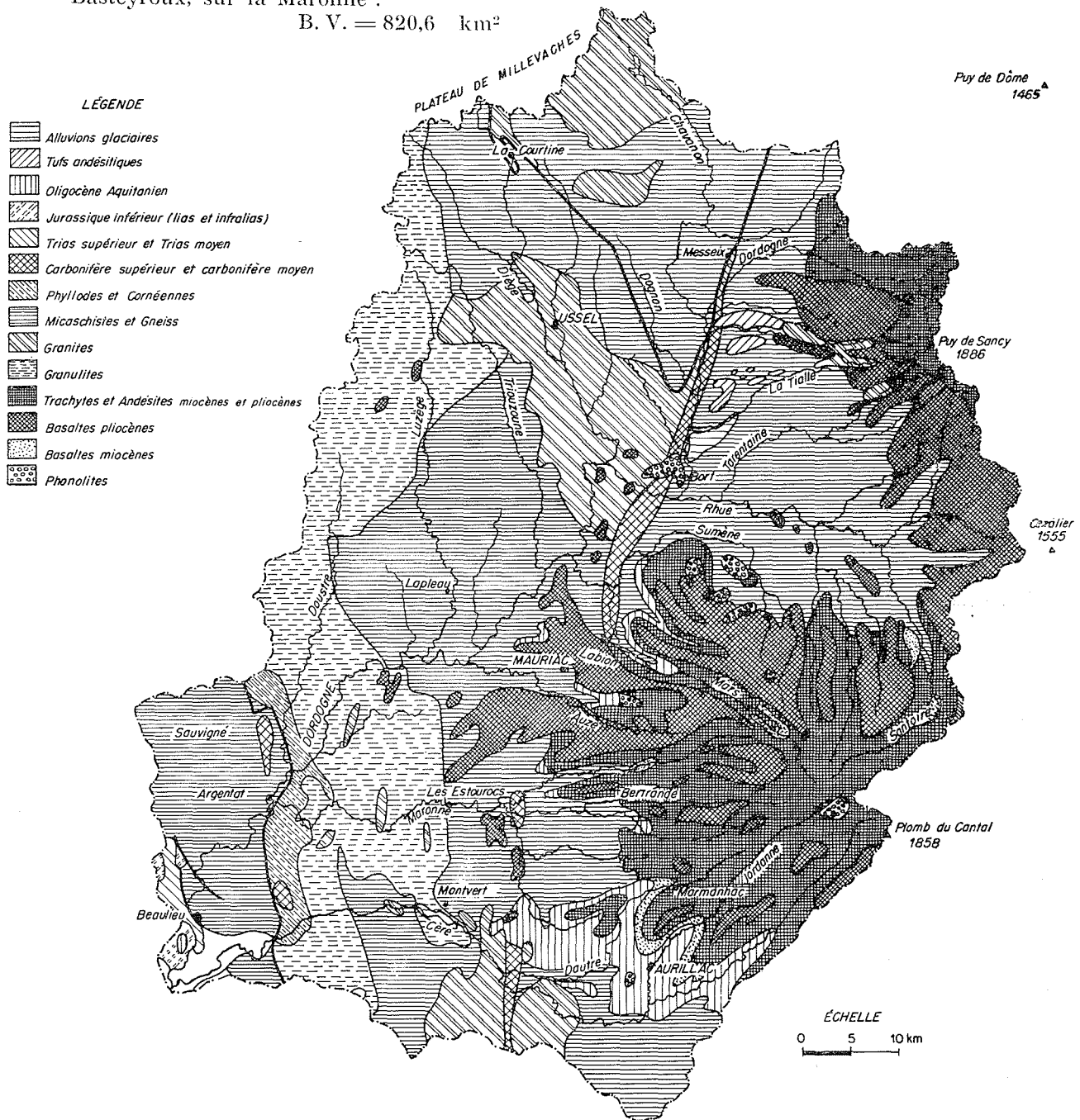


FIG. 4. — HAUTE-DORDOGNE. CARTE GÉOLOGIQUE extraite de la Monographie de la Haute-Dordogne, par MM. Tissier et Zaccagnino. (Annuaire Hydrologique de la France, 1944).

ces documents et de montrer leur utilité pratique; nous nous bornerons à donner ci-dessous les altitudes caractéristiques de ces bassins :

Altitude	Sainte-Eulalie (Maronne)	Sainte-Ilde (Bertrande)	Parrieu-Bas (Etze)	P ^r de l'Estouroc (Maronne)	Basteproux (Maronne)
Moyenne.....	950	850	650	675	666
La plus fréquente	750	750	650	650	590
De fréquence 1/2	960	810	632	675	610

III. — Esquisse géologique du bassin de la Maronne.

Au point de vue géologique, on peut diviser le bassin de la Maronne en trois zones. (Voir carte géologique, fig. 4.)

1° BASSIN SUPÉRIEUR : ZONE DES TERRAINS VOLCANIQUES. — Toute la région, comprise entre la source de la Maronne et le méridien de Saint-Christophe a été recouverte de puissantes assises volcaniques où domine la brèche andésitique, avec quelques dikes de phonolithe et quelques gisements de cinérites peu développés (haute vallée de l'Aspres). La brèche andésitique a été recouverte par un manteau de coulées basaltiques, mais celles-ci, découpées par l'érosion, n'ont laissé que quelques témoins sur les crêtes, sauf au nord de la Maronne où s'étend encore une immense nappe basaltique entre Pléaux et le Falgoux.

Ces roches sont en elles-mêmes imperméables mais le plus souvent très fissurées (1) de sorte qu'elles se comportent comme les calcaires et il n'est pas rare de voir la ligne de contact andésite-micaschiste ou basalte-micaschiste jalonnée par une ligne de sources plus ou moins intermittentes qui irriguent prairies ou pacages. L'érosion attaque ainsi assez facilement la roche et on ne saurait s'étonner que les pentes des versants soient relativement faibles et que les rivières aient pu traverser les couches volcaniques pour atteindre le micaschiste sous-jacent (vers la cote 630).

La succession : basalte, andésite, micaschiste, donne sur le profil transversal des vallées des changements de pente souvent très nets dus aux différences de résistance de ces roches.

(1) Au point de vue constructif, les rapports de travaux de chemins de fer dans la région signalent que l'andésite même très dure à l'abattage se décompose rapidement au contact de l'air et de l'eau.

2° BASSIN MOYEN : ZONE DES MICASCHISTES. — Le micaschiste, qui forme en descendant vers l'ouest le soubassement de tout le massif volcanique, se montre à l'amont dans les vallées au-dessous des andésites ou des basaltes; puis il constitue tout le plateau qui s'étend entre Maronne et Cère depuis Saint-Cernin jusqu'au pont de l'Estouroc. Sur la rive droite, l'érosion récente semble avoir moins travaillé, et les terrains cristallins sont encore recouverts par le basalte dont une coulée s'avance jusqu'au Riou-Tort. Le bassin de l'Encon et le bassin supérieur du Riou-Tort sont dans les micaschistes. Ces roches résistent plus ou moins à l'érosion suivant leur texture plus ou moins gneissique et l'importance des injections de quartz qui les traversent. D'une façon générale, leur résistance est intermédiaire entre celle des roches volcaniques et celle des granulites.

Elles sont généralement très imperméables et l'eau ruisselle en surface ou sous la mince couche de terre végétale qui couvre les pentes.

3° BASSIN INFÉRIEUR : ZONE DES GRANULITES. — Entre le Pont de l'Estouroc et le Pont de la Broquerie (1) s'étend un grand massif de granulite (granit à deux micas) d'un type bien connu sous le nom de granulite de Corrèze (2). Dans cette roche généralement très dure, la Maronne a creusé des gorges profondes à parois souvent abruptes et d'aspect ruiniforme. Le plateau est très arénisé et présente quelques zones tourbeuses dans le bassin du Riou-Tort et de la Glane. Nous avons cru observer entre le ruisseau de Saint-Cirgues et le Carlat une diminution de résistance des granulites due à une augmentation de leur teneur en feldspath.

Les granulites sont très peu imperméables et, sauf dans l'arène qui recouvre le plateau, on peut tenir pour nulle leur capacité de rétention.

A l'aval du Pont de la Broquerie, le bassin de la Maronne est en majeure partie constitué par des micaschistes très compacts, sans doute métamorphisés par le granit voisin.

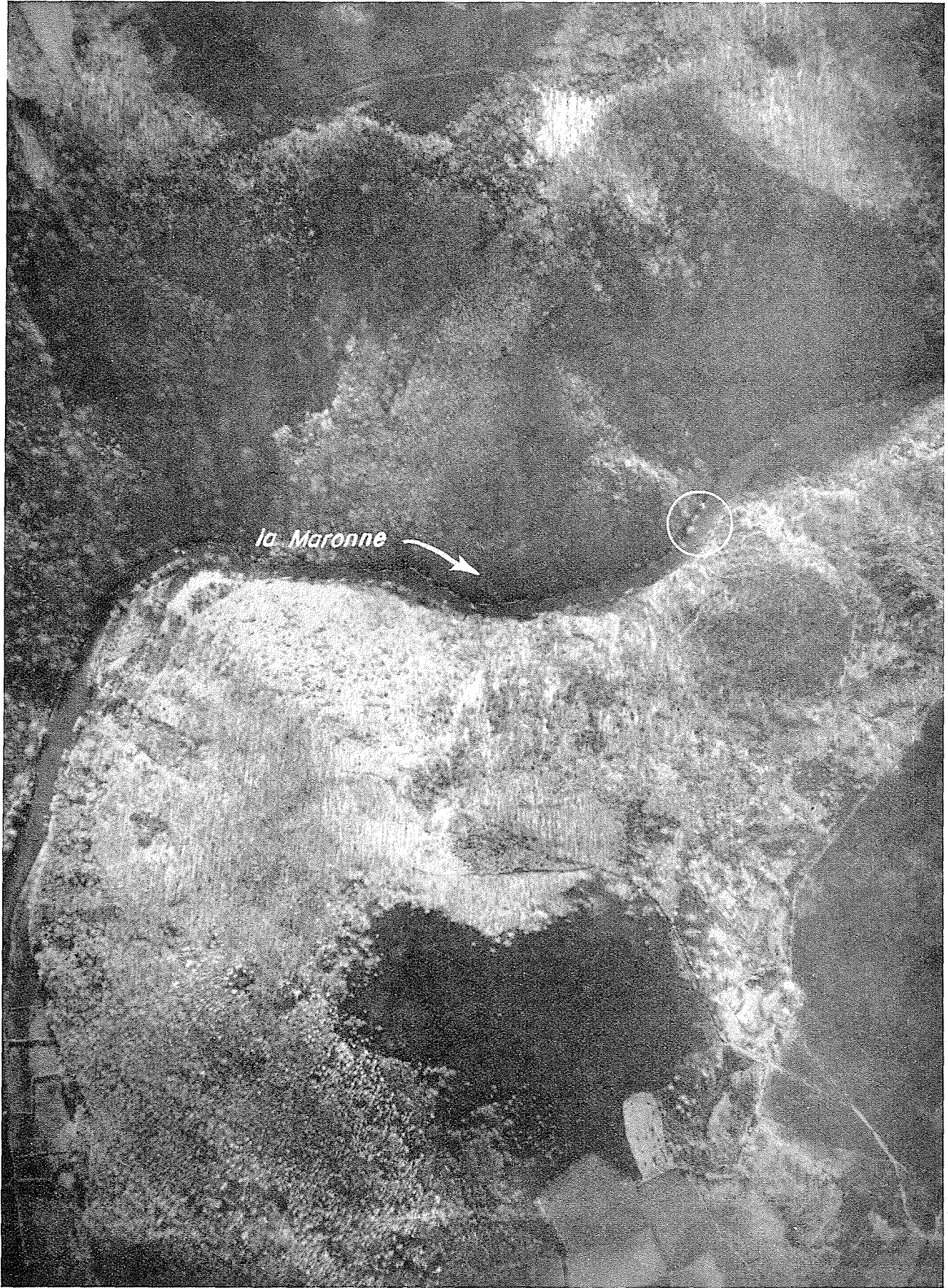
(1) Signalons pourtant la large bande de micaschiste qui, venant du N.-O., s'avance jusqu'à la boucle du Carlat.

(2) C'est par un processus de concentration et de différenciation des divers éléments de ce magma granitique que se seraient formés les nombreux filons que l'on rencontre dans cette région et notamment les veines quartzzeuses, les veines de pegmatite (granulite sans mica), les lamprophires (que l'on pourrait considérer comme des granulites sans quartz mais riches en mica noir), les microgranites, les porphyrites, etc...

PHOTO N° 2

VUE AÉRIENNE DE L'ENTRÉE DES GORGES D'ENCHANET
Le barrage d'Enchanet a été implanté au niveau du cercle blanc dessiné sur le cliché.

(Cliché de la Compagnie Aérienne Française.)



la Maronne



En résumé, on peut esquisser schématiquement comme suit l'histoire de la formation géologique du bassin de la Maronne :

- 1° Erosion prolongée d'un massif cristallin poussée jusqu'à un quasi-aplanissement comme dans la plus grande partie du Massif Central (pénéplaine) faisant affleurer micaschistes et gneiss plus ou moins métamorphisés par les granites ou granulites comme on le reconnaît aux fragments de micaschistes imparfaitement digérés dans le plateau de la Xaintrie.
- 2° Mouvements tectoniques carbonifères qui ont laissé comme trace le chapelet de petits bassins connus sous le nom de « chenal houiller » rencontré entre Espont et Saint-Christophe.
- 3° Puissantes éruptions volcaniques formant au tertiaire le grand massif volcanique du Mont-Dore présentant deux phases très différentes : l'une miopliocène donnant un vaste manteau de brèches andésitiques l'autre apportant des coulées de basaltes dépassant les projections andésitiques à l'ouest.
- 4° Après l'arrêt des éruptions, le bassin de la Maronne n'a plus été affecté que par une érosion générale creusant plus ou moins profondément la vallée dans le socle cristallin et réduisant rapidement l'extension des roches volcaniques.

IV. — La végétation.

Nous venons de voir que le bassin de la Maronne est essentiellement constitué d'andésites, de basaltes, de micaschistes et de granulites, avec, çà et là, quelques bandes d'alluvions modernes et rarement glaciaires. La couche de terre végétale est en général d'assez faible épaisseur en dehors des bandes alluviales. Les versants des hauts sommets sont couverts de pâturages. Le haut plateau entre Maronne et Bertrand comprend aussi des pâturages et quelques cultures, notamment de pommes de terre et de sarrasin. Les terres les plus fertiles sont les arènes de roches volcaniques et de basalte, puis les terres de micaschistes; les arènes granitiques semblent peu propres à la culture et forment des pacages marécageux, notamment dans les bassins de la Glane et du Riou-Tort.

Dans tout le bassin on trouve de grandes landes couvertes de bruyères, de fougères ou de genêts (1). L'élevage est la principale ressource de cette région humide au climat sévère.

(1) Quelques efforts ont été faits pour défricher certaines landes — notamment les bruyères qui passent pour exiger de meilleurs terrains que les fougères et les genêts — au moyen de tracteurs mécaniques. A signaler aussi le lotissement de certains bien communaux très répandus dans la région.

Bien que l'on rencontre un peu partout des bosquets isolés (bois de pins et de hêtres) et que les gorges soient généralement boisées, il n'y a pas de grandes forêts dans le bassin de la Maronne. Signalons pourtant la forêt du Falgoux, dans la Haute Maronne, les bois du bassin de l'Encon et du ruisseau de Saint-Rauffy, les pinèdes des environs de Saint-Privat et de Haute-Fage. On peut observer une tendance au reboisement, surtout sur le plateau granitique d'accès facile de Saint-Privat. En tout cas, l'influence des forêts doit être à l'heure actuelle très faible, ce qui accentue encore le régime torrentiel dû à l'imperméabilité des terrains.



PHOTO n° 3. — VUE DES GORGES D'ENCHANET
— Les micaschistes affleurent sur les flancs de la gorge couverts de chênes et de bouleaux.
— En bas à droite entrée d'une galerie de reconnaissance des fondations du barrage d'Enchanet.

(Cliché de la Société Française de Stéréotopographie.)

V. — Aperçu sur le climat.

a) LA TEMPÉRATURE. — Dans l'étude hydrologique d'un bassin devrait figurer, en bonne place, celle de ses caractéristiques thermiques. Celles-ci ne se bornent pas aux fluctuations de la température de l'air — seul élément mesuré le plus souvent — mais comprennent les divers postes d'un bilan thermique, dans lequel intervient la chaleur apportée par l'insolation, par le terrain, par les nappes d'eau ou les masses glaciaires, etc.

Malheureusement, il n'existe dans le bassin de la Maronne aucune station météorologique relevant d'une façon suivie les températures. Seuls les relevés effectués par l'Office National Météorologique à la station de Marmanhac (alt. 650 m) dans le haut bassin de la Cère permettent de se faire une idée suffisamment précise du régime thermique de la région. Le tableau III donne les moyennes mensuelles des températures maxima, minima et moyennes enregistrées à cette station de 1927 à 1947 inclus.

TABLEAU III. — TEMPÉRATURES MENSUELLES MINIMA, MAXIMA ET MOYENNES EN DEGRÉS CENTIGRADES
 extraites des relevés à la station O.N.M. de Marmanhac (Altitude: 650 m)
 ANNÉES 1927 A 1947

ANNÉES	JANVIER			FÉVRIER			MARS			AVRIL		
	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
1927.....	1,29	8,7	5,00	1,8	13	7,4	5,38	12,35	8,87	6,97	17,70	12,34
1928.....	2,41	9,41	5,91	2,96	13,27	8,12	5,25	13,58	9,42	6,06	16,93	11,50
1929.....	— 1,96	7,32	2,68	— 2,32	9,85	3,77	2,06	19,61	10,84	4,13	14,46	9,30
1930.....	5,12	12,29	8,71	2,53	8,21	5,37	4,29	14,32	9,31	7,8	16,83	12,32
1931.....	1,83	7,45	4,64	0,17	7,57	3,87	5,16	15,67	10,42	5,43	17,03	11,23
1932.....	1,93	12,38	7,16	— 4,34	9,51	2,58	4,29	13,96	9,13	5,13	13,86	9,50
1933.....	— 2,48	8,22	2,87	1,32	11	6,16	4,77	11,90	8,34	4,8	20,8	12,85
1934.....	— 0,3	8,41	4,19	— 1,5	12,85	5,68	3,70	11,67	7,60	7,76	17,53	12,65
1935.....	— 2,77	6,19	1,71	1,6	8,25	4,43	1,64	12,87	7,26	4,63	15,46	10,05
1936.....	5,06	12,38	8,72	2,37	11,75	7,06	5,12	15,30	10,21	3,66	16,2	9,93
1937.....	3	12,45	7,73	4,35	10,96	7,66	3	10,25	6,63	5,66	15,83	10,75
1938.....	0	9,25	4,63	0,53	11,35	5,94	4,61	20,32	12,47	1,86	18,93	10,40
1939.....	3,54	9,77	6,89	1,11	12,46	6,79	2,87	9,54	6,20	7,17	17,47	12,32
1940.....	— 2,68	8,52	2,92	3,62	12,59	8,10	4,10	15,68	9,89	6,73	14,93	10,83
1941.....	— 0,41	6,55	3,06	1,68	8,79	5,23	3,97	15	9,48	4,37	15,77	10,07
1942.....	— 4,77	3	— 0,89	— 3,68	4,57	0,45	5,09	13,29		4,5	15,9	10,2
1943.....	1,8	7,1	4,5	— 1,3	8,9	3,7	2,2	13,7	7,9	4,3	16,9	10,6
1944.....	— 1,7	7,4	2,8	— 3,8	2,6	— 0,6	— 2,2	9,8	3,7	4,3	15,6	9,9
1945.....	— 7,26	1,6	— 2,9	— 0,2	9	4,3	1	11,9	6,5	6,2	17,7	11,9
1946.....	— 2,4	0,4	0,8	1,5	7	4,2	2,22	9,51	5,9	5,60	16,1	10,8
1947.....	— 3,41	3,16	— 0,1	— 0,5	4,4	2	4,25	10,25	7,3	4,40	16,33	10,3

ANNÉES	MAY			JUIN			JUILLET			AOÛT		
	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
1927.....	9,93	24,0	16,97	12,2	24,66	18,43	14,4	25,8	20,1	13,6	25,9	19,75
1928.....	7,41	19,93	13,67	12,73	27,46	20,10	14,83	33,12	23,98	15,7	31,51	23,61
1929.....	9,41	21,96	15,69	12,96	22,16	17,56	15,39	30,55	22,97	12,70	29,77	21,24
1930.....	9,64	18,96	14,30	6,53	29,06	17,80	14,25	25,48	19,87	14,58	27,48	21,03
1931.....	11,35	22	16,68	14,53	28,96	21,75	14,06	26,09	20,08	12,83	24,13	18,48
1932.....	9,38	19	14,19	11,8	25,96	18,88	13,61	24,41	19,01	16	30,29	18,15
1933.....	9,77	20,83	15,30	11,83	20,26	16,05	14,74	28,29	21,52	15,22	31,96	23,59
1934.....	8,87	24,54	16,71	12,23	25,23	18,73	14,64	29,32	21,98	12,32	24,35	18,34
1935.....	7,32	19,35	13,34	13,93	26,36	20,15	14,06	29,74	21,90	15,74	27,16	21,45
1936.....	9,45	21,87	15,66	11,9	23,26	17,58	13,74	22,09	17,92	13	17,22	15,11
1937.....	9,12	21,93	15,53	13,03	24,76	18,90	13,12	27,19	20,16	13,25	28,70	20,99
1938.....	4,56	17,93	11,25	12,9	25,80	19,35	12,90	24,61	18,75	12,90	25	18,95
1939.....	7,77	17,19	12,48	11,93	23,27	17,6	13	23,38	18,19	13,58	25,16	19,37
1940.....	9,68	20,81	15,24	12,27	22	17,13	13,13	22,45	17,79	12,19	25,29	18,74
1941.....	7,68	17,32	12,5	13,5	23,43	18,47	12,93	24,47	18,7	10,87	18,39	14,63
1942.....	6,5	18,5	12,5	8,1	21,9	15	9,9	22,6	16,2	10,2	24	17
1943.....	7	19,7	13,3	7,4	21,6	14,5	11,1	23,4	17,3	10,6	25,3	18
1944.....	4,1	20,8	12,5	7,9	22,5	15,2	10,7	23,1	16,9	12,6	25,9	19,3
1945.....	10,9	19,3	15,1	10,83	25,53	18,1	11,87	24,93	18,3	11,09	22,77	16,9
1946.....	8,87	16,74	12,8	10,86	16,7	8,78	13,8	23,8	18,8	11,6	22	16,8
1947.....	9,48	29,80	14,6	12,66	23,36	17,7	14,06	25,41	19,7	15,35	24,96	20,2

TABLEAU III (Suite et fin)

ANNÉES	SEPTEMBRE			OCTOBRE			NOVEMBRE			DÉCEMBRE		
	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
1927.....	12,6	21,6	17,1	7,5	21,64	14,57	4,23	13,5	8,87	4,16	10,3	12,23
1928.....	10,7	26,5	18,60	8	15	11,50	6,00	12,60	9,3	1,58	8,41	5,00
1929.....	13,66	29,46	21,56	4,80	17,96	11,38	6,03	13,76	9,88	4,51	11,77	8,14
1930.....	12,2	25,03	18,62	10,96	18,48	14,72	7,26	15,5	11,38	2,16	9,48	5,82
1931.....	7,56	22,66	15,11	7,54	19,54	13,54	7,36	14,7	11,03	1	8,64	3,82
1932.....	13,9	26,76	20,33	8	17,48	12,74	6,66	16,53	11,60	7,12	13,09	10,11
1933.....	13,37	25,6	19,49	9,58	18,41	14,00	3,63	10,96	7,30	0	7,29	3,65
1934.....	13,06	25,13	19,10	7,61	19,25	13,43	2,13	12,26	7,20	5,35	12,19	8,77
1935.....	11,83	24,46	18,15	6,54	15,77	11,16	5,23	13,16	9,20	2,03	8,51	5,27
1936.....	12,46	23,2	17,83	3,48	16,80	10,14	4,1	13,1	8,6	1,87	10,58	6,23
1937.....	10,43	23,46	16,95	8,38	19,96	14,17	2,86	14,23	8,55	-0,61	7,80	3,60
1938.....	11,83	21,63	16,73	8,48	18,74	13,61	7,3	16,03	11,66	2,10	8,13	5,11
1939.....	10,63	21,9	16,27	8,48	15,39	11,94	7,07	14,2	10,63	1,06	8,29	4,68
1940.....	11,83	22,53	17,18	7,94	15,94	11,94	5,27	12,93	9,1	-3,19	6,35	1,08
1941.....	6,57	20,6	13,58	4,35	13,48	9,02	2,1	8,9	5,5	-3,52	5,52	1
1942.....	8,7	20,5	14,6	6	18	12	-2,4	10	3,8	-0,5	7,6	3,5
1943.....	8,9	20,9	14,9	6,9	16,8	11,9	0,1	7,1	3,6	-0,6	6,8	3
1944.....	9,4	18,6	14	3,8	10,5	7,2	2,1	7,7	4,9	-1	5,2	2,1
1945.....	9,3	20,6	14,9	4,7	16,3	10,5	1,21	9	5,1	-0,4	4,8	2,2
1946.....	9,53	20,83	15,2	4,74	15,9	10	2,06	9,2	5,7	-2,32	1,80	-0,3
1947.....	11,1	24,3	17,7	5,93	17,16	11,5	3,43	10,56	7	-1,16	3,00	0,9

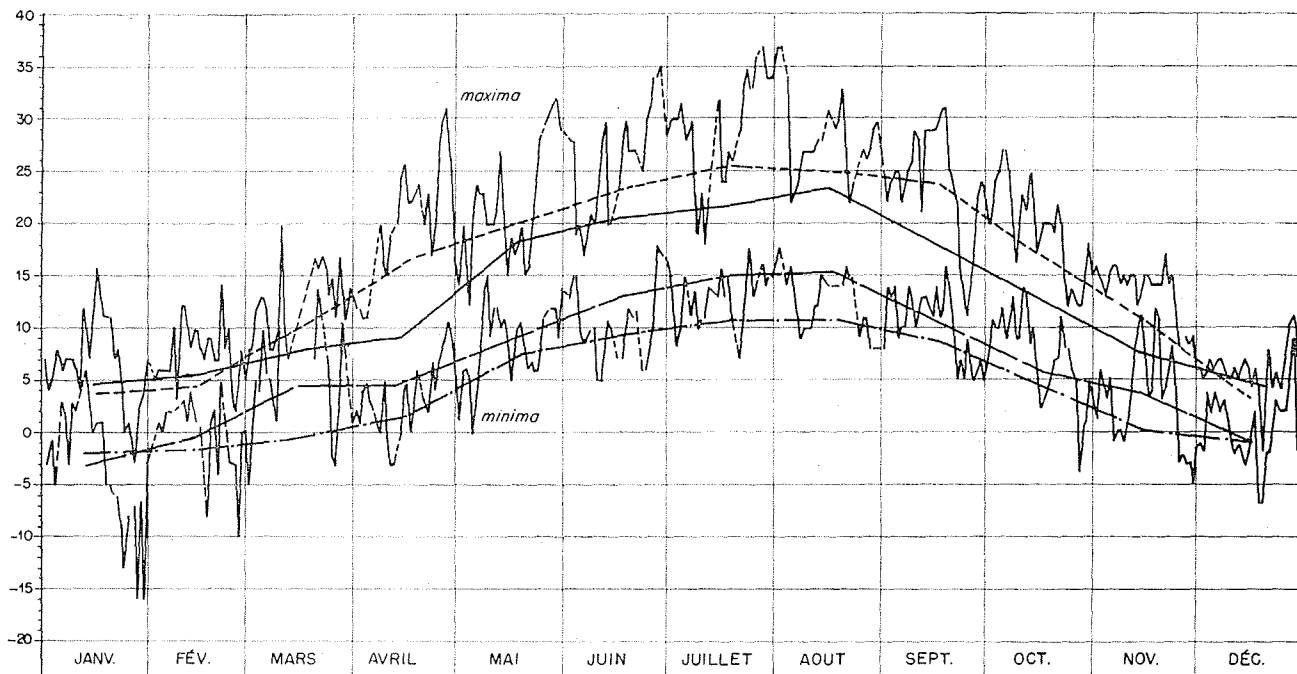


FIG. 5. — QUELQUES GRAPHIQUES DE TEMPÉRATURE

LEGENDE

- Températures journalières à ENCHANET (altitude: 400m) année 1947
- Températures mensuelles minima à MARMANHAC (altitude 650m) année 1947
- " " " à PLEAUX (altitude 640m) moyenne 1916-1922
- " " " maxima à MARMANHAC (altitude 650m) année 1947
- " " " à PLEAUX (altitude 640m) moyenne 1916-1922

Utilisant les relevés effectués de 1916 à 1922 à la station de Nasbinal (altitude 1.187 m), nous avons calculé pour cette période les températures maxima, minima et moyennes à Pleaux, bourgade qui se trouve dans le bassin moyen de la Maronne à l'altitude de 640 m. Le tableau IV résume les résultats obtenus qui sont reportés, en outre, dans le graphique de la figure 5, qui donne les températures journalières enregistrées sur le chantier du barrage d'Enchanet (altitude 400 m) en 1947.

Ces quelques données suffisent à mettre en évidence le climat de type « montagnard » auquel est soumis le bassin de la Maronne. Pendant les trois mois de décembre, janvier et février, la température à Pleaux reste voisine de zéro : c'est-à-dire que dans le haut bassin les neiges peuvent subsister malgré certaines périodes de fusion relativement courtes, pendant trois ou quatre mois, pour peu que l'hiver soit rigoureux. Les mois d'été sont chauds et engendrent une évaporation intense dont nous verrons plus loin l'influence sur les coefficients d'écoulement toujours faibles de cette période. L'amplitude de l'oscillation journalière de la température est relativement élevée et voisine une quinzaine de degrés en été (valeur moyenne à Chamonix : 11°5).

Pour le calcul du tableau IV, nous avons admis que sur le parallèle de 45°, au voisinage duquel se trouvent les deux stations de Pleaux et de Nasbinal, la température de l'air s'abaisse de 0,59° C lorsqu'on s'élève de 100 m. En réalité, ce « gradient vertical de température » subit des variations saisonnières et locales; il peut s'abaisser vers 0,4° C au cours des mois froids; pour s'élever vers 0,7° C au printemps ou en été (1);

il peut présenter diverses anomalies et même, exceptionnellement, « s'inverser » (2).

La notion de gradient de température n'en présente pas moins un grand intérêt pour certaines études hydrologiques. Elle permet, en particulier, de tracer approximativement à une époque déterminée, à partir des températures relevées en un point, le réseau des isothermes sur l'ensemble du bassin et notamment l'isotherme 0° qui délimite les zones dans lesquelles les précipitations se font respectivement sous forme de neige et sous forme de pluie, ou encore les zones de fusion de la neige et celles où se maintiennent les réserves nivo-glaciaires. M. COUTAGNE a montré toute la fécondité des méthodes d'analyse de l'écoulement basées sur les caractéristiques hypso-thermiques de la région intéressée.

L'ingénieur chargé de l'exploitation d'usines hydro-électriques à réservoir saisonnier pourra trouver en elles une base rationnelle pour l'établissement de ses programmes.

b) LE RÉGIME DES VENTS. — Nous n'avons pu nous procurer de relevés suivis des vents dans le bassin de la Maronne. Des observations et enquêtes que nous avons pu faire au cours de quelques années de séjour, il résulte que les vents dominants viennent du secteur ouest et amènent les grandes pluies océaniques. Durant une période d'une année d'observations faites à Salers, dans le haut bassin de la Maronne, nous avons pu constater que plusieurs forts orages d'été étaient précédés par des vents soufflant du Sud-Est, ce qui pourrait être interprété comme l'indice d'une faible influence méditerranéenne sur les pluies de cette région.

TABLEAU IV. — TEMPÉRATURES MENSUELLES MOYENNES A PLEAUX DE 1916 A 1922 (Altitude : 640 m) calculées d'après celles relevées au cours de la même période à Nasbinal (Alt. 1187 m) en degrés centigrades

TEMPÉRATURE	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D
Maxima . . .	4,67	5,32	7,82	8,22	17,72	20,72	22,22	22,82	18,22	12,42	7,22	4,82
Minima . . .	-2,80	-2,51	-0,78	1,62	7,12	8,72	10,22	10,22	8,22	4,02	0	-1,78
Moyenne . . .	0,98	1,40	3,5	5,4	12,4	14,7	16,2	16,5	13,2	8,2	3,6	1,5

(1) Voir A. COUTAGNE. — *Hydrométéorologie des bassins de haute montagne*. (Société Hydrotechnique de France, 1942.)

(2) Dans la vallée de Chamonix, la température moyenne au village du Tour (1.400 m) est supérieure, pendant trois mois (décembre, janvier, février), à celle de Chamonix (1.040 m).

Sur le haut plateau peu accidenté qui s'étend des abords d'Argentat à Salers, les vents sont généralement soutenus et parfois violents; ils

ajoutent à la rudesse des mois d'hiver et à la fraîcheur que les touristes viennent chercher à la belle saison dans ce coin de la Haute Auvergne.

CHAPITRE III

ÉTUDE DU FACTEUR ESSENTIEL DE L'ÉCOULEMENT : LES PRÉCIPITATIONS

I. — Documents sur la pluviométrie de la région.

De par sa disposition topographique, le bassin de la Maronne présente une répartition des précipitations très variables suivant l'altitude et l'orientation des vallées.

Nous allons tout d'abord tenter de préciser cette répartition en examinant les résultats des études poursuivies par M. ANGOT, de 1851 à 1900, sur la pluviométrie de la France (1).

Voici les résultats (2) donnés par cet auteur pour les stations de la région :

Les seules stations à considérer pour l'étude des pluies dans le bassin de la Maronne sont celles dont le nom est en capitales. Les autres stations se trouvent dans des positions particulières qui expliquent les différences de pluviosité avec des stations de même altitude. Murat, le Falgoux se trouvent sur le revers d'une ligne de crêtes, sous le vent — par rapport aux vents pluvieux, ce qui explique leur faible alimentation. Vic-sur-Cère est très arrosé malgré son altitude relativement faible du fait de sa situation à proximité de deux lignes de crêtes de plus de

TABLEAU V. — MOYENNES PLUVIOMÉTRIQUES
Période 1851-1900 (d'après M. Angot)

STATIONS	Altitude m	Hauteur de pluie en mm												Année
		J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	
Riom-ès-Montagne	840	80	73	88	95	119	109	90	92	105	111	97	85	1144
MAURIAC	700	90	86	89	104	118	101	92	83	104	115	99	102	1783
PLÉAUX	640	93	85	9	101	114	97	90	78	103	115	103	103	1771
Le Falgoux (Col de Néronne)	1244	89	85	94	101	126	110	92	192	110	123	104	95	1221
Murat	917	59	49	60	60	89	79	63	76	83	94	77	63	852
MANDAILLES	920	136	124	135	153	178	144	129	118	148	177	148	150	1741
BÈNECH (Mandailles)	1020	162	148	160	182	207	166	156	141	170	207	174	176	2049
Saint-Jacques-des-Blats	991	122	112	123	138	161	133	115	114	135	160	135	135	1583
SAINT-CERNIN	800	110	103	107	118	135	119	100	96	117	133	114	121	1373
MARMANHAC	650	95	86	92	105	122	97	95	84	102	116	99	104	1797
Vic-sur-Cère	675	114	107	113	130	140	113	105	98	114	134	124	134	1426
ARGENTAT	188	61	61	62	69	89	82	64	59	83	87	74	63	854
BEAULIEU-SUR-MÉNOIRE	149	60	58	61	76	80	81	68	62	85	88	75	61	855
Saint-Flour	870	62	66	76	84	106	106	91	99	109	113	84	69	1065
Saignes	500	72	70	71	80	102	93	84	77	94	105	88	79	1015
AURILLAC :														
Ecole normale	630	71	67	79	81	103	98	78	81	94	110	90	79	1031
Ponts et Chaussées	630	90	83	87	99	114	97	89	79	97	111	95	100	1141

(1) Voir *Annales de P.O.N.M.* 1912, Tome I. Librairie Blondel-La Rougerie, à Paris.

(2) Les chiffres de ce tableau ne sont pas les moyennes de relevés effectués réellement pendant 50 ans; les relevés ont été poursuivis pendant 15 à 20 ans par des observateurs bénévoles (cantonniers, instituteurs...); M. ANGOT en a déduit par des calculs de probabilités la moyenne pluviométrique sur la période 1851-1900. Voici la durée

d'observation réelle qui a servi de bases aux études de M. ANGOT pour quelques stations qui nous intéressent :

Stations	Période d'observation	Nombre d'années
Marmanhac :	1894 - 1910	17 ans.
Mandailles :	1896 - 1909	14 ans.
Pléaux :	1894 - 1909	16 ans.
Aurillac :	1893 - 1910	18 ans.

TABLEAU VI. — RELEVÉ DES PRÉCIPITATIONS MENSUELLES (en mm)
Station : ARGENTAT (Altitude : 188 m). — ANNÉES 1926 à 1948

Année	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
1926.....	76	132	33	183	51	91	20	14	29	71	182	6	888
1927.....	55	15	160	23	8	81	70	60	126	65	28	51	742
1928.....	35	62	38	166	38	82	0	79	62	88	155	40	845
1929.....	9	4	5	44	71	53	91	56	28	149	48	159	717
1930.....	55	24	128	33	40	48	24	9	29	65	107	53	615
1931.....	53	85	59	97	100	12	68	200	15	103	138	27	957
1932.....	90	0	118	175	257	143	75	45	81	289	48	118	1.439
1933.....	6	21	26	45	60	150	27	17	147	123	34	57	713
1934.....	77	17	229	115	24	89	60	186	124	98	79	200	1.298
1935.....	45	138	133	176	62	82	35	121	104	122	233	233	1.484
1936.....	224	139	65	100	63	149	164	37	114	56	142	191	1.444
1937.....	99	217	169	158	134	176	25	51	86	142	42	158	1.457
1938.....	164	33	3	4	110	35	53	75	95	76	105	92	845
1939.....	192	55	62	120	70	123	87	89	(*)	117	125	125	1.165
1940.....	47	107	74	181	91	170	140	12	136	91	154	170	1.373
1941.....	139	146	127	59	137	115	71	161	35	27	100	43	1.160
1942.....	138	41	82	82	93	162	33	67	58	63	20	66	905
1943.....	167	73	7	28	67	49	148	63	94	96	133	46	971
1944.....	57	66	9	64	32	82	101	146	95	212	267	236	1.367
1945.....	168	89	29	64	117	52	64	88	44	66	64	175	1.020
1946.....	49	105	29	37	224	75	26	114	40	78	117	143	1.037
1947.....	104	143	175	64	101	74	30	85	35	54	94	94	1.053
1948.....	218	18	18	117	97	128	28	126	81	37	56	75	999
Moyenne.	98,6	75,2	77,1	92,8	89	96,6	62,6	82,6	75,4	99,5	107,4	111,2	1.065

(*) Manque septembre 1939.

TABLEAU VII. — RELEVÉ DES PRÉCIPITATIONS MENSUELLES (en mm)
Station : MARMANHAC (Altitude : 650 m). — ANNÉES 1926 à 1948

Année	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
1926.....	179	179	107	210	176	192	38	18	57	125	216	24	1.521
1927.....	144	79	336	82	32	166	189	178	207	22	55	122	1.612
1928.....	104	170	195	246	115	69	23	69	52	134	259	106	1.542
1929.....	40	57	19	121	248	94	102	63	101	220	136	218	1.419
1930.....	208	80	199	143	132	183	124	71	76	198	152	176	1.742
1931.....	162	112	120	115	152	76	145	143	79	61	193	64	1.422
1932.....	153	1	202	198	176	196	117	54	191	233	56	127	1.704
1933.....	43	128	123	61	99	181	27	31	189	153	63	58	1.156
1934.....	87	38	267	153	38	84	51	199	76	139	152	260	1.544
1935.....	95	211	117	208	88	92	19	157	169	111	262	259	1.788
1936.....	240	160	89	140	94	80	174	42	142	71	147	30	1.409
1937.....	161	262	241	165	156	116	30	55	107	136	64	213	1.706
1938.....	230	50	5	9	120	33	74	163	160	83	110	137	1.174
1939.....	188	54	71	82	103	148	122	101	57	180	180	177	1.463
1940.....	71	43	114	197	153	180	143	14	200	93	145	218	1.571
1941.....	187	191	141	101	150	142	99	159	57	57	138	44	1.466
1942.....	167	75	114	61	152	116	34	75	99	99	54	81	1.127
1943.....	211	91	17	58	90	88	149	62	187	159	149	91	1.352
1944.....	72	90	22	59	28	82	144	206	143	239	261	225	1.571
1945.....	172	103	43	76	94	13	50	129	77	57	64	172	1.050
1946.....	48	146	51	86	168	91	39	78	58	78	133	138	1.114
1947.....	135	122	163	75	67	123	90	94	58	67	160	129	1.283
1948.....	282	38	35	126	181	64	35	151	40	40	44	107	1.143
Moyenne.	146,9	107,8	121,3	126	126,6	113,4	96	100,5	112,2	119,7	138,8	138	1.429,5

1.000 mètres d'altitude rejoignant le Plomb du Cantal (1.858 m).

Parmi ces stations, seules sont exploitées à l'heure actuelle, sous le contrôle de l'O.N.M. :

Dans le Cantal : Marmanhac, Saignes, Saint-Flour.

Dans la Corrèze : Argentat.

Il existe une station non officielle à l'Ecole Normale d'Aurillac.

Quelques observations ont été faites ces dernières années par les Services des Chantiers d'Electricité de France à Saint-Cirgues-la-Loutre

et à Enchanet, mais la durée des observations est encore trop faible pour en tirer des conclusions suffisamment sûres.

Pour l'étude des précipitations sur la Maronne, les stations de Marmanhac et d'Argentat sont les mieux placées; la première représente assez bien la partie moyenne du bassin et la deuxième la partie inférieure. Les tableaux VI et VII donnent les hauteurs mensuelles des précipitations à ces deux stations durant la période 1926-1948 inclus, période commune des relevés en notre possession. Pour ces vingt années, la moyenne des précipitations mensuelles ressort aux chiffres suivants, en millimètres :

MOYENNES PLUVIOMÉTRIQUES POUR LA PÉRIODE 1926-1948

STATIONS	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Hauteur pluie annuelle	Nombre jours pluie par an
Marmanhac...	146,9	107,8	121,3	126	126,6	113,4	96	100,5	112,2	119,7	133,8	138	1.429,5	164
Argentat.....	98,6	75,2	77,1	92,8	89	96,6	62,6	82,6	75,4 (*)	99,5	107,4	111,2	1.065	128

(*) Manque septembre 1939.

On notera que la moyenne des hauteurs des précipitations annuelles pour la période de 1926-1948 est plus élevée que pour la période 1851-1900 à Marmanhac (1.429,5 contre 1.197) et à Argentat (1.065 contre 854). M. ANGOT avait fait observer que la plupart des stations du Cantal fournissaient des chiffres inférieurs à la pluviosité réelle. D'autre part, la période qui a servi de base à ses études serait une période d'années sèches du cycle hypothétique de BRUCKNER (35 années). Si l'on remarque en outre que les pluviomètres donnent toujours des chiffres inférieurs à la réalité en raison de l'erreur systématique due à l'évaporation sur le cône collecteur, aux pertes pendant le transvasement pour jaugeage, aux remous provoqués par l'appareil par temps de vent, etc., on voit que, pour les études hydrologiques, les chiffres de M. ANGOT doivent être considérés comme des minima.

L'observation des relevés pluviométriques montre que le bassin de la Maronne est très arrosé. Voici, à titre de comparaison, les moyennes pluviométriques calculées par ANGOT — période de 1851-1900, — pour quelques villes de France :

Stations	Hauteur de pluie annuelle en mm
Paris.....	504
Nantes.....	639
Cahors.....	746
Bayonne.....	1.178
Montpellier..	786
Marseille....	574
Perpignan...	554

Pour définir le régime pluviométrique avec plus de précision, on indique quelquefois le nombre de jours pluvieux par an. On trouve ainsi 160 jours pluvieux à Paris, 80 à Marseille, 164 à Marmanhac, 128 à Argentat, etc...

II. — Répartition saisonnière des pluies.

Les tableaux précédents montrent que l'irrégularité des pluies au cours des différents mois de l'année est moindre que celle des débits de la Maronne. Les grandes pluies surviennent en automne, en hiver et au printemps. D'après les

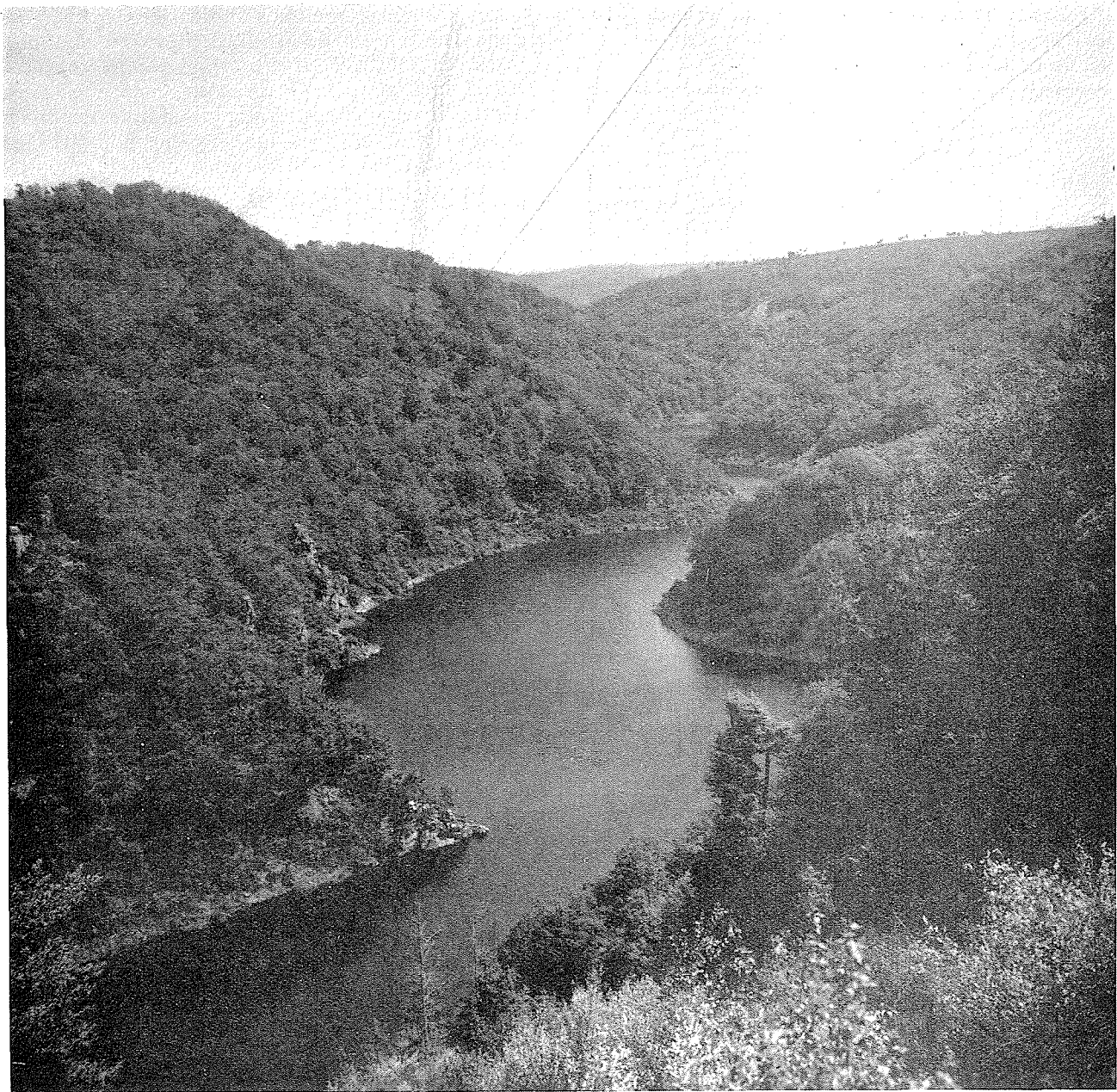


PHOTO N° 4. — LA GORGE DE LA MARONNE A L'AMONT DU CONFLUENT DU RIOU-TORT. (Retenue du Gour Noir.)
La rivière a creusé, dans le plateau de granulite, à l'altitude de 550-600 m que l'on voit à l'horizon, une gorge étroite et boisée dont le thalweg se trouve vers la cote 330.

(Cliché H. Baranger.)

moyennes d'ANGOT, les mois les plus pluvieux seraient mai et octobre; les moyennes de 1926 à 1948 donneraient la priorité à janvier, décembre et novembre pour Marmanhac, et décembre, novembre et octobre pour Argentat. La grande pluviosité du mois d'octobre semble en contradiction avec les relevés de débits, lesquels sont généralement faibles durant ce mois. Il faut voir dans ce fait l'influence de l'abaissement du coefficient d'écoulement consécutif aux chaleurs es-

tivales et à l'épuisement corrélatif des maigres réserves souterraines du bassin.

Les hauteurs de pluies des mois d'hiver sont beaucoup plus voisines de celles des mois d'été que les débits de hautes eaux de ceux d'été.

On admet souvent que, dans le Massif Central, les rapports des modules pluviométriques extrêmes au cours d'une longue série d'année sont dans le rapport 2, tandis que les modules de débits sont dans le rapport 4.

Dans le bassin de la Maronne, de 1926 à 1945, les rapports des modules extrêmes sont donnés par le tableau ci-après :

	Précipitations à Marmanhac		Débit Maronne à l'Estouroc	
	année	hauteur mm	année	module l/s/km ²
Maxima (M).	1935	1.788	1935	42,11
Minima (m).	1945	1.050	1942	18,02
Rapport $\frac{M}{m}$	1,703		2,337	

INTENSITÉ DES PLUIES. — Les mesures de l'O.N.M. ne donnent pas de renseignements sur ce point : voici quelques observations personnelles.

De février à décembre 1932, les plus grandes intensités de pluie observées à Pléaux (alt. 640) sont les suivantes :

Date	Hauteur d'eau en mm	Durée de la pluie
30 mars 1932.....	17	12 heures
5 avril 1932.....	43	24 —
29 avril 1932.....	40	18 —
1 ^{er} juin 1932.....	37	3 —
5 juin 1932.....	39	3 —
22 juin 1932.....	22	2 —
26 août 1932.....	41,5	5 —
1 ^{er} décembre 1932.....	74	24 —

Les relevés effectués à Pléaux indiquent le commencement et la fin de la pluie; il est donc probable que l'intensité de la pluie, considérée sur une partie seulement de la durée de l'averse, est notablement plus forte. Cette notion d'intensité de pluie a une grosse importance pour la détermination de la cote maximum atteinte par une crue.

De telles trombes tombant sur un terrain peu perméable et souvent saturé d'eau produisent des crues extrêmement subites. Lors de la crue du 1^{er} décembre 1932, le débit au Pont de l'Estouroc est passé, en moins de 10 heures, de 17,6 à 132 m³/sec., soit un accroissement de débit de 11,4 m³/sec. par heure (1).

III. — Nature des précipitations : indice de nivrosité.

Nous ne possédons aucune indication sur l'indice de nivrosité (fraction des précipitations tombant à l'état de neige) dans le bassin de la Maronne.

(1) La montée de la crue a été accélérée ce jour-là par la fusion de la neige sur le haut du bassin.

On trouvera quelques indications à ce sujet dans les relevés de la station de Marmanhac, mais les mesures nivométriques sont toujours incertaines et, pour les calculs de prévision de débits, il sera en général plus simple d'estimer la nivrosité d'après les données thermométriques, ainsi que nous l'avons exposé dans le chapitre précédent.

IV. — Variation des précipitations avec l'altitude.

Au moyen des observations de M. ANGOT, nous avons établi la courbe de la variation des précipitations avec l'altitude dans le bassin de la Maronne (voir figure 6).

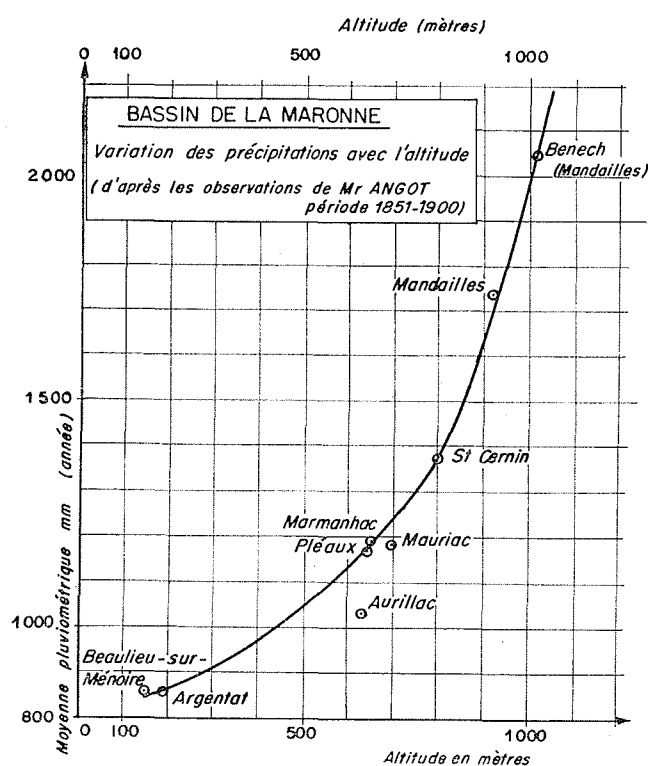


FIG. 6

On sait que les précipitations croissent avec l'altitude suivant une loi que l'on a proposé de représenter par diverses formules algébriques manquant le plus souvent de bases et de généralité.

La formule de MATHIAS résultant de l'examen des relevés de 1.400 stations françaises est de la forme :

$$P = P_0 + KA - \frac{1}{2} \left(\frac{A}{100} \right)^2$$

A différence d'altitude en mètres entre une station inférieure, où la précipitation est P_0 , et la station considérée, où la précipitation est P (en mm).

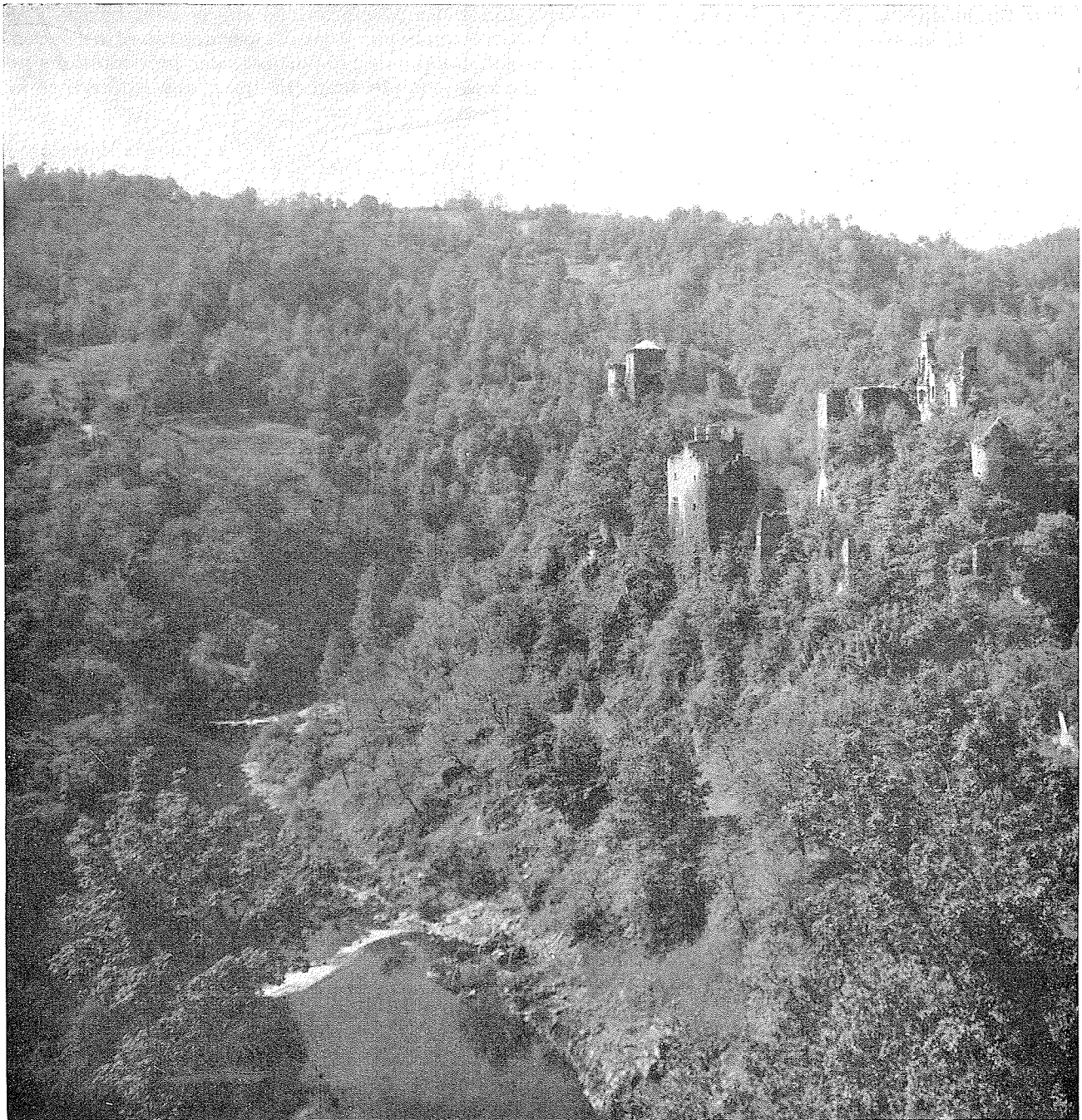


PHOTO N° 5. — LA VALLÉE DE LA MARONNE AU DROIT DES TOURS DE MERLE. (Cliché H. Baranger.)
(Type des vallées creusées par l'érosion dans les granulites de Corrèze)

K est une constante qui varie de 0,6 à 0,9 en France.

D'un schéma fort théorique basé sur l'évaporation progressive d'une goutte de pluie au cours de sa chute, on a tiré la formule suivante :

$$P = P_m e^{-k(A - A_m)^2}$$

e est la base des logarithmes népériens 2,7182...

P_m est la plus forte pluviosité probable à l'altitude A_m .

La courbe tracée d'après les observations d'ANGOT montre un accroissement des précipitations beaucoup plus rapide que celui résultant de ces formules, mais elle semble concorder assez bien avec les débits observés au Pont de l'Estouroc. D'autre part, dans ses études sur le bassin de la Cère, M. COUTAGNE a été conduit à admettre une loi sensiblement identique.

Il faut voir d'ailleurs dans la courbe de la

figure 6 non une loi générale — sans doute pratiquement impossible à établir en raison de la complexité des paramètres qui conditionnent la variation des précipitations d'un point à un autre (altitude, orientation, pente des versants, etc.) — mais un abaque permettant à l'ingénieur d'évaluer — assez grossièrement en raison du peu de données disponibles — la quantité d'eau tombée sur telle partie du bassin et d'en déduire, moyennant de nouvelles hypothèses, le débit du cours d'eau correspondant.

V. — Calcul de la hauteur moyenne théorique des précipitations annuelles sur le bassin versant de la Maronne.

Nous désignons par « hauteur moyenne théorique des précipitations » la hauteur d'eau annuelle qui, tombant uniformément sur tout le bassin, donnerait le même volume d'eau que les précipitations supposées réparties en fonction de l'altitude, comme l'indique la courbe de la figure 6.

Ce paramètre permet, sous les réserves exposées plus haut, de prévoir le rapport des modules annuels de débit en divers points du cours de la Maronne et de calculer le coefficient d'écoulement moyen annuel (rapport du volume d'eau roulé par la rivière à celui tombé sur le bassin alimentaire).

A partir des courbes hypsométriques établies pour chacune des stations de jaugeage de Basteyroux, du Pont de l'Estouroc, de Saint-Illide, de Sainte-Eulalie et de Parrieu-Bas (fig. 3) et de la courbe de la figure 6, nous avons calculé les valeurs suivantes :

<i>Hauteur moyenne théorique des précipitations annuelles sur le B.V. de la Maronne aux stations de :</i>	
Basteyroux	1.300 mm
Pont de l'Estouroc....	1.420 mm
Saint-Illide	1.619 mm
Sainte-Eulalie	1.914 mm
Parrieu-Bas	1.195 mm

A titre d'exemple, le tableau VIII donne le détail du calcul pour la station du Pont de l'Estouroc.

L'examen de ces tableaux montre l'import-

tance des précipitations sur le haut bassin. Calculés mois par mois, ils permettraient de se rendre compte de l'importance des précipitations nivales, compte tenu du tracé des isothermes au

TABLEAU VIII. — CALCUL DE LA HAUTEUR MOYENNE THÉORIQUE DES PRÉCIPITATIONS ANNUELLES SUR LE B.V. DE LA MARONNE AU PONT DE L'ESTOUROC

Altitudes m	Bassin versant partiel en km ²	Hauteur des précipitations annuelles mm	Volume total apporté annuellement en milliers de m ³
Au-dessous de 400..	2,328	980	2.281,44
400- 500..	28,896	1.020	29.473,92
500- 600..	113,104	1.100	124.414,40
600- 700..	154,504	1.200	185.404,80
700- 800..	82,158	1.310	107.626,98
800- 900..	47,338	1.490	70.533,62
900-1.000..	31,272	1.800	56.289,60
1.000-1.100..	24,080	2.200	52.976,00
Au-dessus de 1.100..	48,977	2.600	127.340,20
Total.....	532,657		756.340,96

Hauteur moyenne théorique des précipitations :

$$\frac{756.340}{532,6} = 1.420 \text{ mm}$$

moment des précipitations.

Ainsi le B.V. de Sainte-Eulalie reçoit 1,34 fois plus d'eau que celui du Pont de l'Estouroc, tandis que celui de Saint-Illide n'est que 1,14 fois plus arrosé que ce dernier.

On admet généralement que le rapport des modules de débit est égal au carré de celui des modules pluviométriques. Les modules en lit./sec. par km² devraient donc être :

pour la station de Sainte-Eulalie, 1,79 fois ceux du Pont de l'Estouroc,

pour la station de Saint-Illide, 1,3 fois ceux du Pont de l'Estouroc.

Nous verrons, dans le chapitre IV, dans quelles mesures ces hypothèses sont vérifiées, et, dans le chapitre VI, les conclusions que l'on peut en tirer en ce qui concerne le coefficient d'écoulement moyen annuel.

(A suivre.)

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE

Les deuxième et troisième parties de la MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE DE LA MARONNE seront publiées dans les N^{os} 4 et 6 de la *Houille Blanche* en 1950.