

Régimes hydrologiques en pays Bamiléké (Cameroun)

J.C. OLIVRY
Chargé de Recherches ORSTOM

RÉSUMÉ

Les études effectuées de 1969 à 1972 sur les bassins versants de la Mifi-Sud, dans la province ouest du Cameroun, ont permis de mettre en évidence le particularisme des régimes hydrologiques en pays Bamiléké.

L'originalité de cette région tient pour une part à son altitude élevée, mais surtout à sa couverture basaltique qui, en permettant une très grande fertilité des sols, en fait l'une des régions agricoles les plus riches du Cameroun.

L'importance de la mise en cultures et la relative perméabilité des sols ont un rôle déterminant dans la faiblesse de l'écoulement annuel, la modération des coefficients d'écoulement de crues et des pointes de crues, nettement inférieurs à ce que l'on observe dans tout le reste du Cameroun.

ABSTRACT

The studies carried out from 1969 to 1972 on the hydrological basins of Southern Mifi in the West province of Cameroon pointed out the particularity of hydrological regime in Bamileke area.

The originality of that country which is one of the most rich in agriculture of the Cameroon is given in a little part by high altitude and mainly by the soil fertility of the basaltic cover.

The great cultures development and soil permeability have a leading part in the seakness of annual runoff and moderation of floods with peaks flow remaining fairly low for the Cameroon.

INTRODUCTION

La province de l'ouest couvre une superficie de 13 700 km² environ soit 3% de la superficie totale de la République unie du Cameroun. Elle est limitée au nord-ouest et au nord par les sommets qui la séparent de la province du nord-ouest, à l'est par les rivières Mape et Mbam, au sud par la rivière Ndé et à l'ouest par le Nkam.

La province de l'ouest est principalement constituée par une zone de plateaux ondulés dont l'altitude varie de 800 à 1 600 m comprenant quelques massifs volcaniques tels que les monts Bamboutos, le Nkogam, le Nbam. L'altitude généralement élevée qui a tempéré le climat tropical, associée à une fertilité des sols due à l'extension du volcanisme, expliquent l'importance du peuplement (15% de la population du Cameroun) et du développement agricole de la région.

Le Noun sépare la province de l'ouest en deux zones homogènes bien distinctes :

- à l'ouest, le pays Bamiléké (6 000 km², densité 110 habitants/km²) ;
- à l'est, le pays Bamoun (7 300 km², densité 20 habitants/km²).

Le plateau Bamiléké est une des régions agricoles les plus riches du Cameroun. Les études hydrologiques entreprises sur le bassin de la Mifi-Sud, et que nous résumons ici, présentent un double intérêt :

- intérêt pratique lié aux problèmes de développement d'une région dont l'importance des populations rurales et les cultures extensives sont la principale caractéristique.
- intérêt scientifique lié au particularisme des régimes hydrologiques dont l'originalité tient à la fois à l'altitude élevée et à la couverture volcanique du pays.

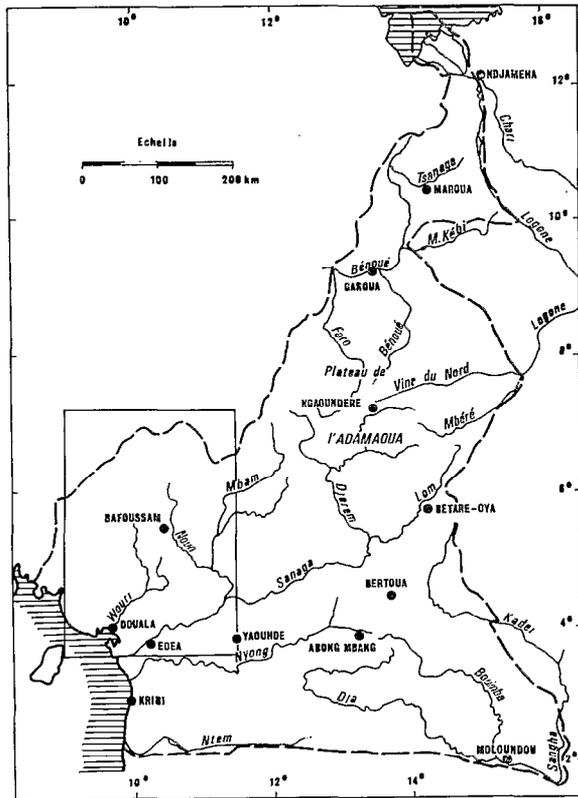


Fig. 1. — Cameroun. Carte de situation

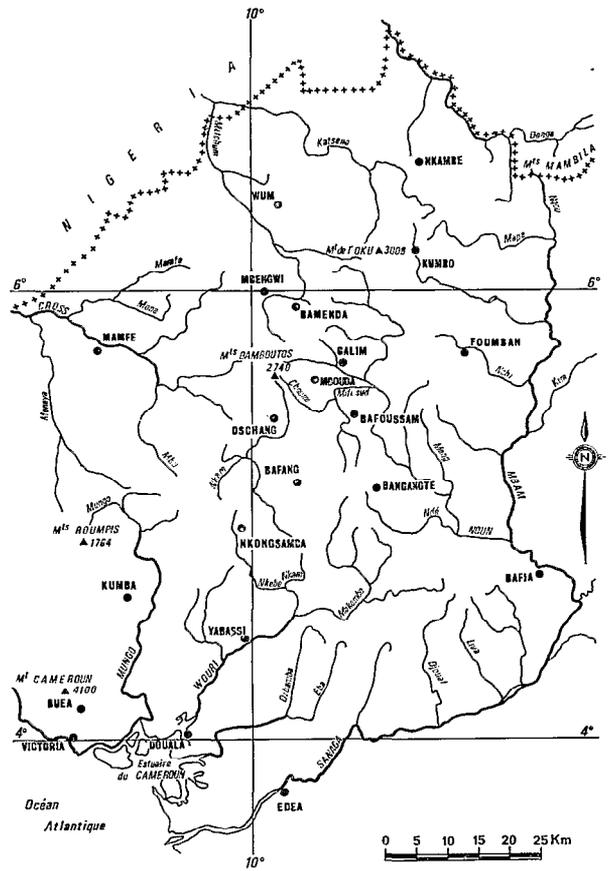


Fig. 2. — Les provinces occidentales du Cameroun

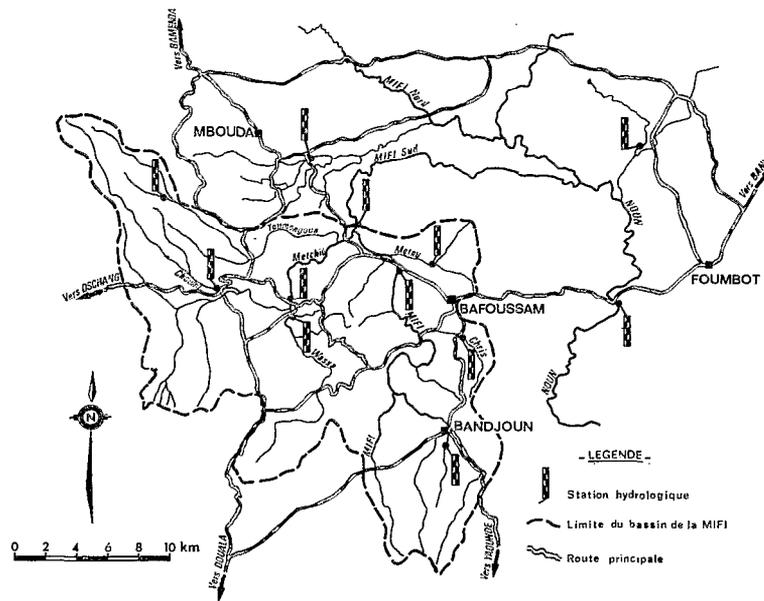


Fig. 3. — Carte du bassin de la Mifi Sud et de la région environnante

Milieu physique - Généralités et données de base

1. MILIEU PHYSIQUE DE LA PROVINCE DE L'OUEST

1.1. HYDROGRAPHIE

La province de l'ouest est drainée par quatre rivières principales :

- La Mape au nord, affluent du Mbam.
- Le Nkam au sud-ouest, fleuve côtier qui, sous le nom du Wouri, se jette dans la mer à Douala. Il draine la bordure sud-ouest du plateau Bamiléké et la région du Dschang.
- Le Ndé au sud-est, affluent du Noun.
- Le Noun, qui draine l'essentiel de la province de l'ouest après avoir pris naissance dans le massif de l'Oku (3 070 m), puis divague dans la plaine de Ndop aujourd'hui inondée par l'ouvrage de retenue de Bamendjin. Le Noun reçoit en rive droite deux affluents d'égale importance drainant le plateau Bamiléké. Ce sont la Mifi-Nord (Babadjou-Mbouda) et la Mifi-Sud formée de la Metchié et de la Mifi-Sud proprement dite (Bandjoun). En rive gauche, le Noun reçoit de petits affluents issus du pays Bamoun; il se jette dans le Mbam, une des branches majeures de la Sanaga.

1.2. GÉOMORPHOLOGIE ET GÉOLOGIE (fig. 4)

La province de l'ouest montre, du sud-ouest au nord-est, quatre unités géomorphologiques bien distinctes :

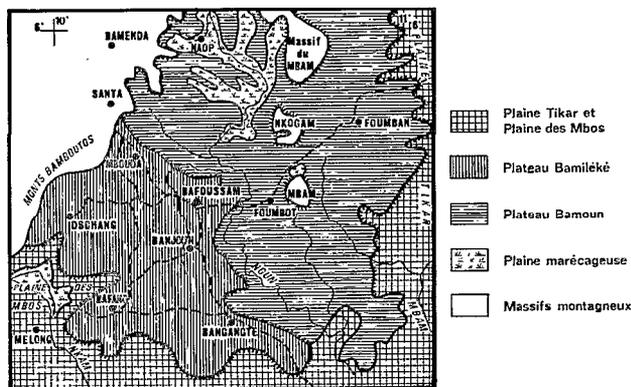
- La plaine des Mbos de 700 à 800 m d'altitude enserrée entre le massif du Manengouba, les Bamboutos et le plateau Bamiléké; elle est drainée par le Nkam.
- Le plateau Bamiléké de 1 400 à 1 600 m d'altitude montre un paysage de molles ondulations de Dschang à Bafoussam et de Mbouda à Bangangté. Adossé aux monts Bamboutos, il est limité à l'ouest, au sud et à l'est par des rebords abrupts, dépassant parfois 1 000 m, entaillés par de profondes vallées.
- Le plateau Bamoun, d'altitude 1 100 à 1 200 m, s'incline doucement en direction de l'est, vers le Mbam qu'il domine plus au nord par un escarpement de 400 m au-dessus de la plaine Tikkar.
- La plaine Tikkar, entre 700 et 800 m, se rattache sans discontinuité à la région du centre Cameroun.

La genèse de ces différentes unités géomorphologiques fait intervenir d'une part les cycles d'érosion, d'autre part la tectonique. Une reprise de l'érosion au début du crétacé amène l'aplanissement général d'une surface post-gondwanienne d'altitude 1 100-1 200 m. Au tertiaire, des bouleversements tectoniques provoquent l'effondrement en graben de la plaine des Mbos et la surélévation du plateau Bamiléké (1 400-1 600 m). Des épanchements basaltiques importants protègent l'ensemble des pays Bamoun et Bamiléké d'un nouveau cycle d'érosion qui amène l'aplanissement de la surface africaine à 600-700 m (plaine Tikkar, centre Cameroun). Les volcanismes trachytique et basique récent, accompagnés de rejeux sans doute importants de la tectonique, remodelent le paysage tout en conservant les différentes unités géomorphologiques acquises.

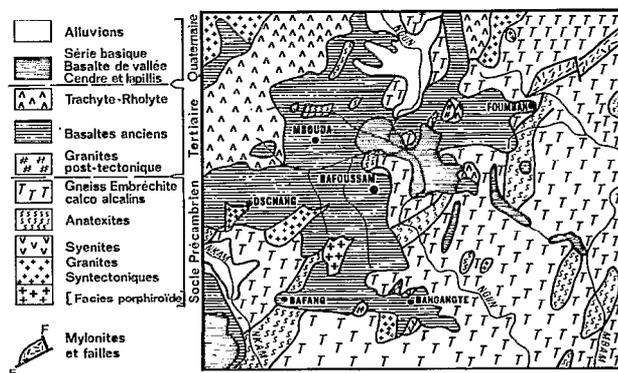
La couverture géologique de la région comporte essentiellement les formations du socle et les formations volcaniques, celles-ci recouvrant les premières sur la majeure partie du plateau Bamiléké. Les formations du socle sont surtout constituées par des gneiss embréchites calco-alcalins, des anatexites et granites syntectoniques qu'on retrouve toujours en position anticlinale.

Les formations volcaniques appartiennent à trois séries principales :

- La série noire inférieure, surtout constituée de basaltes aphyriques; c'est le « basalte de plateau » qui couvre la plus grande partie du bassin de la Mifi-Sud. Cette série correspond à une phase hawaïenne datée de l'éocène.
- La série blanche moyenne, correspondant à une phase acide trachytorhyolitique du pliocène, est surtout localisée dans les monts Bamboutos.
- La série noire supérieure correspond à une phase basique quaternaire assez complexe comprenant des phases volcanienne (cendres) et explosive. Elle est localisée en pays Bamoun et sur la bordure nord du pays Bamiléké (Baleng).



Les grands traits géomorphologiques de la région de l'Ouest [d'après P. SEGALEN]



Esquisse géologique de la région de l'Ouest [d'après J.C. DUMORT et G. WEECKSTEEN]

Fig. 4

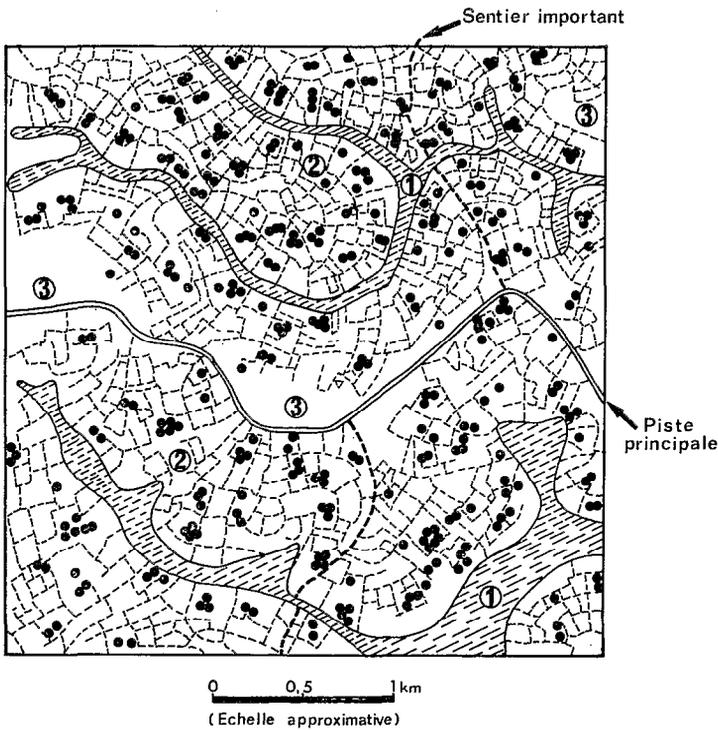
La couverture du bassin de la Mifi-Sud est constituée pour 77% de « basaltes de plateau », 20% de formations du socle et 3% de trachytes alluvions et basanitoides.

Les sols de la région de l'ouest proviennent de l'altération de ces roches et sont essentiellement des sols ferrallitiques rouges sur matériaux du socle ou basaltes des plateaux, ou humifères sur trachytes et basaltes de montagne. On observe également plusieurs types de sols hydromorphes et des sols peu évolués d'apports pyroclastiques ou dérivés des cendres sur basaltes (particulièrement fertiles).

1.3. VÉGÉTATION NATURELLE ET CULTURES

La province de l'ouest comprend une succession phytogéographique zonale, définie en fonction de l'altitude et du climat, allant de la forêt sempervirente atlantique de moyenne altitude (forêt ombrophile où dominent les légumineuses) du versant océanique, aux savanes péri-forestières de la plaine Tikkar et du plateau Bamoun, en passant par la forêt semi-décidue de la vallée du Mbam et du Ndé, et les formations montagnardes ou semi-montagnardes du plateau Bamiléké et des montagnes qui le dominent.

Cette végétation naturelle a pratiquement disparu du plateau Bamiléké où l'homme a entièrement transformé le paysage en un bocage caractéristique du pays et de son habitat dispersé. Les haies vives isolent de petits champs dans lesquels la terre est relevée en billons le plus souvent perpendiculaires à la pente. Les cultures pratiquées sont essentiellement vivrières (plusieurs rotations dans l'année) et portent également sur le café arabica. Nous verrons plus loin l'importance du paysage rural sur les caractéristiques de l'écoulement (fig. 5).



1 Galerie de palmier raphia (ayant remplacé la galerie forestière d'origine) au fond des thalwegs. Noter le dessin du réseau hydrographique caractéristique de la couverture basaltique du plateau.

2 Zone des cultures sur les pentes : le bocage, le fin tireté indique les limites des champs matérialisées par les haies. Noter : l'habitat dispersé (●●) les haies orientées dans le sens de la pente ou parallèles à celle-ci.

3 Sommets des interfluvés : occupés par des champs ouverts, ou des friches réservées à la pâture du petit bétail. Les pistes principales suivent les lignes de crête. Noter : la progression des cultures et du bocage vers les sommets, progression qui peut être totale.

Fig. 5. — Le terroir du plateau Bamiléké. Interprétation d'une photo aérienne de la région de Bandjoun

1.4. LE CLIMAT DE LA PROVINCE DE L'OUEST

La région de l'ouest est située dans la zone à *climat tropical de transition* caractérisée par une longue saison des pluies de mars à novembre culminant en septembre, et une saison sèche bien marquée de novembre à mars.

1.4.1. Les précipitations

On a reporté dans le tableau I les hauteurs pluviométriques annuelles observées depuis l'origine aux stations de Fouban, Dschang, Foubot, Bafoussam, Koundja.

Dans le tableau II on indique les caractéristiques de la pluviométrie annuelle ainsi que les hauteurs de précipitations annuelles correspondant à des périodes de retour données, calculées après ajustement de courbes de Gauss aux différents échantillons. Enfin, pour trois des stations, on donne la répartition mensuelle moyenne des précipitations ainsi que la moyenne des nombres moyens de jours de pluie observés chaque mois dans la région.

La carte de la figure 6 montre bien, que ce soit dans le dessin des courbes isohyètes ou dans celui des histogrammes, que le pays Bamiléké est soumis à la double influence de la zone continentale (à climat équatorial de transition avec petite saison sèche : Bafia) et de la zone atlantique (Loum, Nkongsamba) avec paroxysme de la mousson en août-septembre. L'irrégularité interannuelle est faible comme pour la plupart des stations au sud Cameroun.

L'étude des *hauteurs de précipitations journalières* (en 24 heures) a été faite par ajustement de lois Gamma incomplètes tronquées (Pearson III) aux échantillons de Koundja et Bafoussam (voir tableau ci-après). Pour une fréquence donnée, les hauteurs de précipitations journalières sont beaucoup plus faibles dans l'ouest que dans les régions avoisinantes. Ainsi l'averse décennale est de 86 mm à Bafoussam quand elle est de 240 mm à Douala balayé par la mousson, mais aussi de 97 mm à Bafia, 109 mm à Tibati.

Période de retour	Koundja (mm)	Bafoussam (mm)	Moyenne (mm)
5 fois par an	44	40	42
2 fois par an	56	51	54
1 fois par an	65	59	62
1 fois tous les 2 ans	74	68	71
1 fois tous les 3 ans	79	73	76
1 fois tous les 5 ans	84	78	81
1 fois tous les 10 ans	94	86	90
1 fois tous les 20 ans	103	95	99
1 fois tous les 50 ans	115	105	110

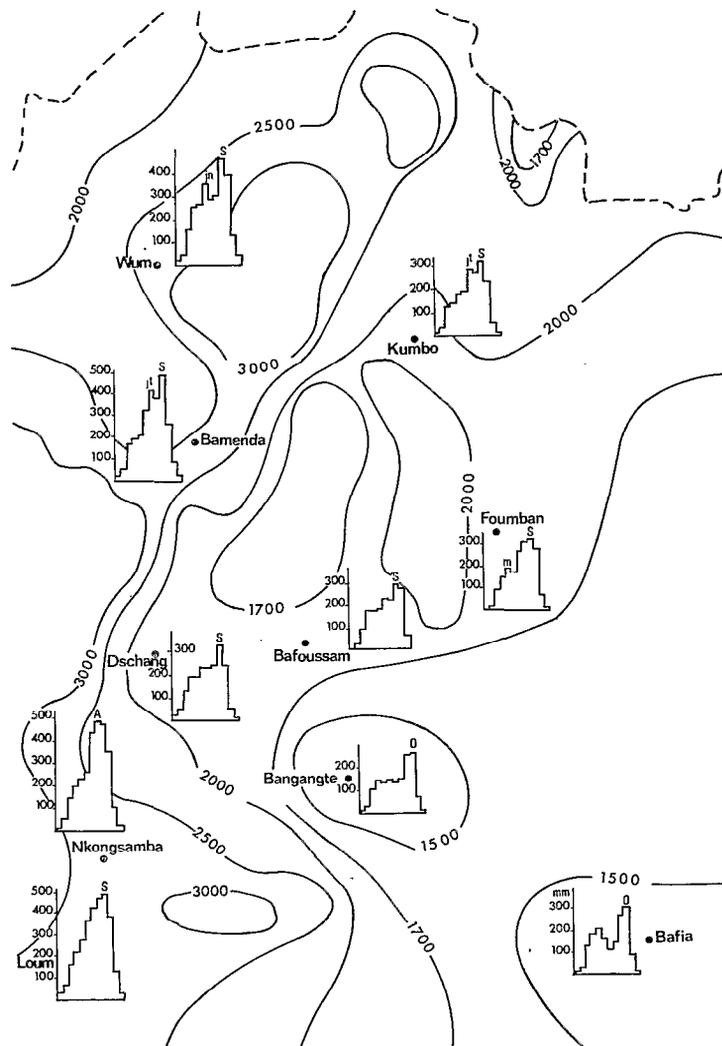


Fig. 6. — Courbes isohyètes et histogrammes interannuels dans l'ouest du Cameroun

L'étude des intensités pluviométriques faite sur le bassin de la Mifi-Sud montre que la région de l'ouest reçoit deux types de précipitations :

— Des précipitations étalées souvent sur plusieurs heures, d'intensité faible généralement inférieure à 15 mm/h, mais pouvant atteindre par moment 30 à 50 mm/h. Ce sont les *pluies de mousson* ou *pluies océaniques*.

— Des précipitations à fortes intensités limitées à une durée du corps de l'averse de 20 minutes à 1 h 30. Ce sont les *grains* ou *tornades* dont les intensités ont atteint, pendant la période d'observation sur la Mifi-Sud, un maximum de 240 mm/h pendant 5 minutes.

TABEAU I
TOTAUX PLUVIOMÉTRIQUES ANNUELS DES STATIONS DE L'OUEST

	Foumban	Dschang	Foumbot	Bafoussam	Koundja	Mbouda
1908	2 056	—	—	—	—	—
1909	—	—	—	—	—	—
1910	—	1 547	—	—	—	—
1911	—	2 012	—	—	—	—
1912	1 764	(1 435)	—	—	—	—
.....						
1928	—	2 069	—	—	—	—
1929	—	—	—	—	—	—
1930	—	1 976	—	—	—	—
1931	—	2 160	1 541	—	—	—
1932	—	1 922	1 859	—	—	—
1933	1 865	1 887	1 611	—	—	—
1934	1 951	1 727	1 547	1 535	—	—
1935	2 113	2 043	1 811	2 185	—	—
1936	2 319	2 028	1 945	2 366	—	—
1937	1 339	1 854	1 615	1 805	—	—
1938	2 043	2 068	1 838	1 609	—	—
1939	1 782	—	1 521	1 725	—	—
1940	1 378	1 820	1 620	1 805	—	—
1941	1 760	2 024	1 575	—	—	—
1942	1 534	1 836	1 442	1 653	—	—
1943	2 046	2 177	1 940	1 784	—	—
1944	2 190	2 085	1 721	1 773	—	—
1945	2 228	1 825	1 495	1 769	—	—
1946	2 128	1 802	1 360	1 502	—	—
1947	—	1 865	1 583	1 828	—	—
1948	1 704	1 839	1 802	1 883	—	—
1949	1 843	1 758	(2 233)	1 866	—	—
1950	1 782	1 863	1 934	1 685	2 041	—
1951	—	2 016	—	1 586	1 964	—
1952	—	1 916	1 645	1 911	2 319	—
1953	—	1 872	—	1 891	1 768	—
1954	—	—	1 757	1 941	2 562	—
1955	1 882	1 770	2 044	1 907	2 221	—
1956	1 975	2 060	1 641	1 927	2 081	—
1957	2 289	—	1 885	1 836	2 098	—
1958	1 893	—	1 572	1 873	1 694	—
1959	2 068	—	1 796	(1 837)	2 199	—
1960	1 902	—	1 587	—	2 101	1 444
1961	1 686	—	1 427	1 520	1 879	1 786
1962	1 886	(1 651)	1 973	1 672	2 453	—
1963	1 634	—	1 409	1 547	1 839	—
1964	1 909	—	1 716	1 858	2 087	—
1965	1 785	—	—	1 684	1 655	—
1966	2 078	2 015	1 772	1 953	1 992	1 817
1967	1 954	2 104	2 118	1 712	2 163	1 726
1968	1 988	1 858	2 012	2 180	2 001	1 520
1969	1 974	2 267	1 974	1 904	2 286	1 990
1970	1 921	1 613	1 465	1 697	2 054	1 773
1971	—	2 170	(2 053)	1 902	1 931	1 540

TABLEAU II
CARACTÉRISTIQUES DE LA PLUVIOMÉTRIE ANNUELLE

Poste	Pluviométrie moyenne (mm)	Nombre d'années	Ecart-type (mm)	Coefficient variation
Foumban	1 904	35	226	0,119
Dschang	1 937	33	160	0,083
Foumbot	1 733	38	216	0,123
Bafoussam	1 809	36	183	0,101
Koundja	2 063	22	224	0,109
Mbouda	(1 700)	8	(177)	(0,104)

HAUTEURS DE PRÉCIPITATIONS ANNUELLES DE PÉRIODES DE RETOUR DONNÉES

Période de retour	Foumban	Koundja	Foumbot	Bafoussam	Dschang
Minimum observé	1 339	1 655	1 360	1 502	1 613
20 ans	1 535	1 695	1 375	1 505	1 670
10 ans	1 620	1 775	1 455	1 570	1 730
5 ans	1 720	1 880	1 560	1 660	1 805
Moyenne	1 904	2 063	1 733	1 809	1 937
5 ans	2 110	2 245	1 915	1 965	2 072
10 ans	2 220	2 350	2 020	2 050	2 150
20 ans	2 310	2 430	2 095	2 115	2 205
Maximum observé	2 319	2 562	2 118	2 366	2 267
K 3	1,37	1,32	1,39	1,31	1,24

N.B. — Depuis ces observations, les minimums absolus ont été observés à Dschang en 1972 et 1973.

RÉPARTITION MENSUELLE MOYENNE DES PRÉCIPITATIONS

Poste	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Bafoussam	11	29	104	178	181	189	238	231	293	282	63	10	1 809
Koundja	5	31	113	168	198	203	326	312	369	268	58	12	2 063
Dschang	19	47	133	190	185	230	226	246	342	233	47	12	1 910

RÉPARTITION DU NOMBRE DE JOURS DE PLUIE AU COURS DE L'ANNÉE

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
1	3	10	15	17	19	22	21	24	23	8	1	164

1.4.2. Autres observations météorologiques

Elles concernent les températures, l'humidité relative, l'évaporation sur bac de classe A et sur évaporomètre Piche, la durée d'insolation, la vitesse des vents.

Le tableau III résume les résultats (T_x : moyenne mensuelle des températures maximales, T_n des minimums, ΔT de l'amplitude thermique moyenne, T de la température moyenne en degrés °C, l'humidité relative U est exprimée en %. L'évaporation est exprimée en mm/mois. I est la moyenne mensuelle de l'insolation en heures/jour. IX est la moyenne des maximums mensuels absolus, IN , des minimums mensuels absolus. Vitesse des vents : en % des observations). La figure 7 permet de comparer les variations de ces différents paramètres avec celles d'autres stations du Cameroun.

La province de l'ouest est soumise à un climat tropical de transition particulier. Du fait de l'altitude, les températures sont plus basses mais les écarts diurnes plus élevés que dans les régions de même latitude mais plus basses. La proximité de la région côtière de Douala tempère les variations annuelles de nombreux paramètres (influence équatoriale), ce qui permet de différencier le climat montagneux de l'ouest et celui de l'Adamaoua.

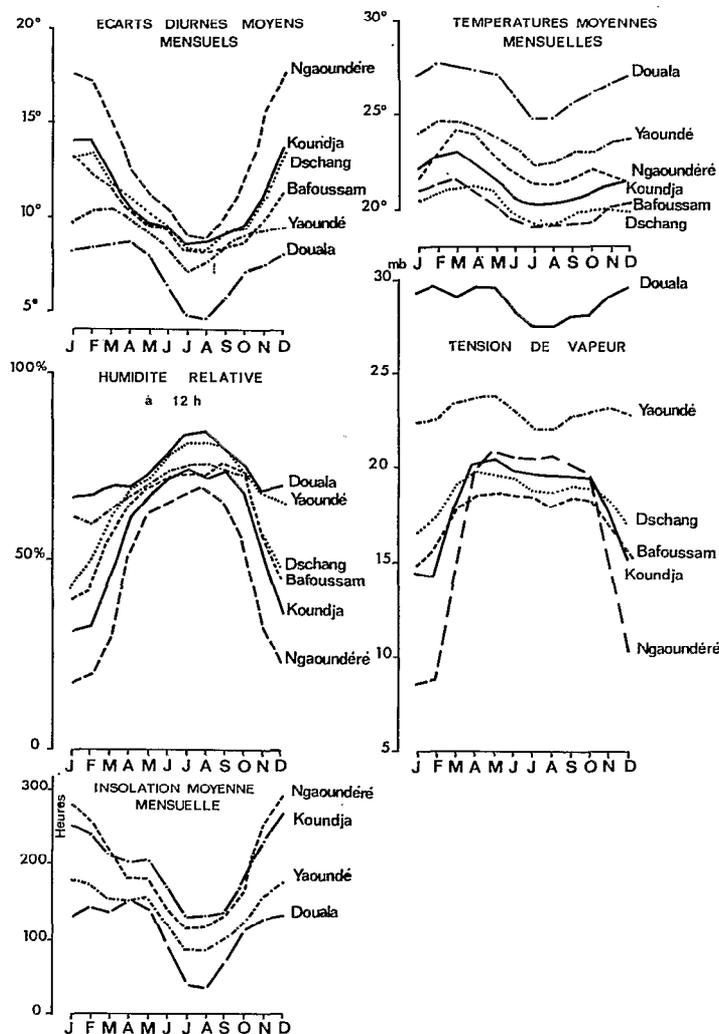


Fig. 7. — Variations mensuelles de quelques paramètres météorologiques de la région de l'Ouest comparées à celles de Ngaoundere, Yaoundé et Douala

TABLEAU III
TEMPÉRATURE DE L'AIR EN °C

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Koundja	$\overline{T_x}$	29,1	29,9	29,1	27,5	26,4	25,4	24,5	24,5	24,9	25,6	26,8	28,3
	$\overline{T_n}$	15,1	15,8	16,9	17,0	16,7	16,0	16,0	15,9	15,8	16,0	15,5	14,7
	ΔT	14,0	14,1	12,2	10,5	9,7	9,4	8,5	8,6	9,1	9,6	11,3	13,6
	\overline{T}	22,1	22,9	23,0	22,3	21,6	20,7	20,3	20,3	20,4	20,7	21,2	21,5
Dschang	$\overline{T_x}$	27,0	27,5	27,1	26,7	26,0	24,7	23,4	23,3	24,2	24,7	25,6	26,5
	$\overline{T_n}$	13,9	14,2	15,2	15,7	15,8	15,2	15,1	15,1	15,0	15,2	14,4	13,4
	ΔT	13,1	13,3	11,9	11,0	10,2	9,5	8,3	8,2	9,2	9,5	11,2	13,1
	\overline{T}	20,4	20,8	21,1	21,2	20,9	19,9	19,3	19,2	19,7	19,9	20,0	19,9
Bafoussam	$\overline{T_x}$	27,0	27,4	27,3	26,2	25,1	24,2	23,3	23,3	23,4	23,6	24,9	25,8
	$\overline{T_n}$	14,8	15,2	15,7	15,8	15,4	14,8	14,9	15,2	15,0	15,0	15,1	14,6
	ΔT	13,2	12,2	11,6	10,4	9,7	9,4	8,4	8,1	8,4	8,6	9,8	11,2
	\overline{T}	20,9	21,3	21,5	21,0	20,2	19,5	19,1	19,2	19,2	19,3	20,0	20,2

HUMIDITÉS RELATIVES MOYENNES MENSUELLES EN %

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Années
Koundja	59	55	65	77	79	82	83	83	83	81	71	63	73
Bafoussam	62	61	64	73	78	81	82	81	85	80	71	64	73,5
Dschang	69	70	74	79	80	84	87	87	84	81	74	70	78

EVAPORATION MOYENNE MENSUELLE EN mm

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Cl. A	172,5	204,6	178,6	158,4	146,9	124,7	99,9	99,2	117,4	152,0	149,8	162,3	1 766
Piche	155,0	188,9	126,0	79,0	65,8	49,0	36,8	39,0	44,7	64,9	98,3	151,4	1 083

INSOLATION EN HEURES/JOUR

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
\overline{I}	8,30	8,57	6,91	6,57	6,83	5,83	4,07	3,93	4,44	5,87	7,78	8,63	6,47
\overline{IX}	9,20	9,78	7,89	7,60	7,74	6,82	6,20	5,19	5,34	6,72	9,40	9,47	7,12
IN	7,11	6,92	5,96	5,53	5,94	4,70	2,96	2,85	3,52	4,65	6,47	7,51	6,07

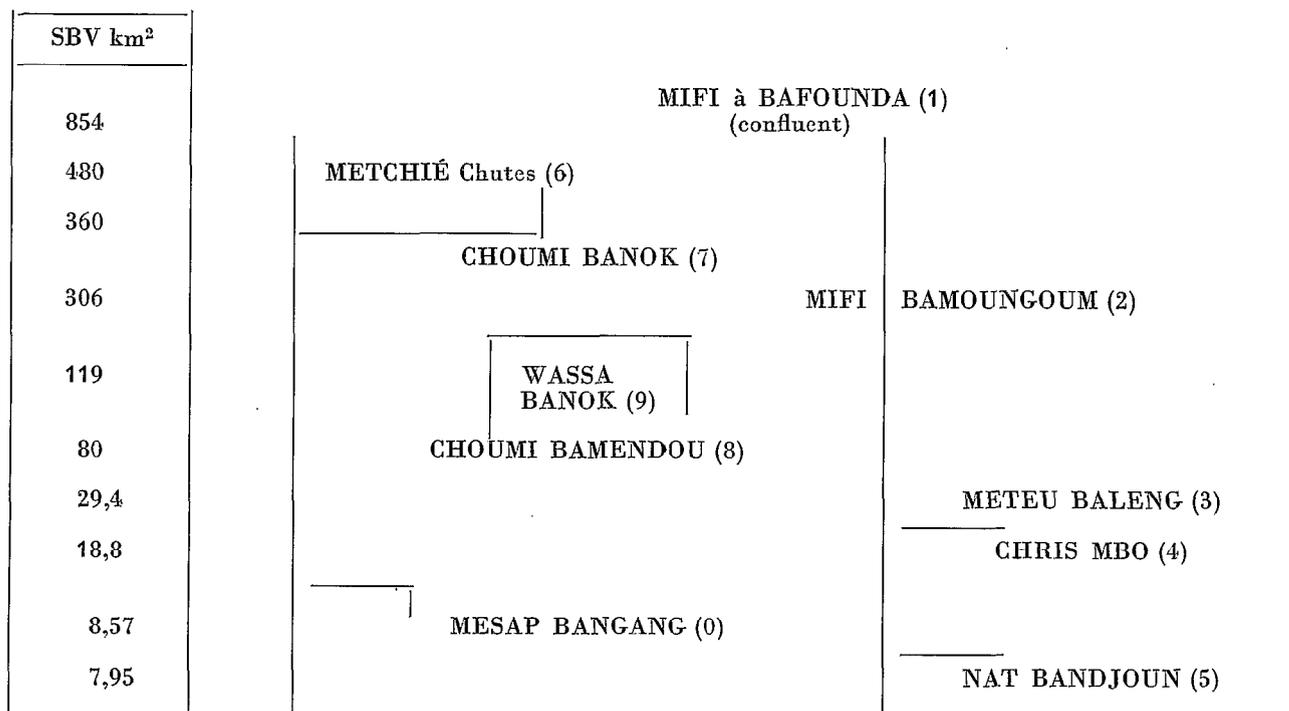
VITESSE DES VENTS (POURCENTAGE DES OBSERVATIONS)

Station	1 m/s	2 à 4 m/s	5-6 m/s	7-14 m/s	15-21 m/s	> 21 m/s
Dschang	67,5	28,2	3,31	1,00	0	0
Bafoussam	67,8	24,3	6,62	1,21	0,03	0
Koundjan	37,9	52,3	7,29	2,36	0,13	0

2. LE BASSIN DE LA MIFI-SUD - GÉNÉRALITÉS ET DONNÉES DE BASE

2.1. CHOIX DES BASSINS VERSANTS ET CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET GÉOMORPHOLOGIQUES

Un ensemble de 10 bassins emboîtés dont le plus grand, la Mifi-Sud à Bafounda : 854 km², se situe dans la gamme des 1 000 km², a été étudié sur le plateau bamiléké. Le schéma ci-dessous indique la position des bassins les uns par rapport aux autres (avec entre parenthèses de 0 à 9 le n° de code du B.V.).



L'étude des quatre petits bassins représentatifs a surtout porté sur les caractéristiques de l'écoulement des crues.

Les cartes IGN au 1/50 000 qui couvrent l'ensemble du bassin ont permis la détermination des caractéristiques physiques et géomorphologiques des différents bassins de la Mifi-Sud. Dans le tableau IV figurent :

— les caractéristiques de forme : superficie, périmètre, coefficient de compacité de Gravelius Kc, longueur et largeur du rectangle équivalent ;

— les indices de pente traduisant l'hypsométrie des bassins : indice de pente global IG et indice de pente Roche IP ;

— l'étude du réseau hydrographique : profils en long (longueur et pente) et classe de relief (d'après J. RODIER, C. AUVRAY) ;

— l'étude du chevelu hydrographique pour laquelle nous n'avons reproduit ici que la densité de drainage.

On soulignera l'altitude moyenne élevée des trois bassins principaux. Elle est de 1 530 m pour la Mifi au confluent Bafounda (854 km²), de 1 547 m pour la Metchié aux chutes (480 km²) et de 1 537 m pour la Mifi au pont à Bamoungoum (306 km²). Le point culminant pour la Metchié et la Mifi à Bafounda est de 2 740 m, l'exutoire étant respectivement à 1 297 m et 1 260 m. Pour la Mifi au pont le point culminant est à 1 924 m et l'exutoire se situe à 1 270 m.

2.2. EQUIPEMENT HYDROLOGIQUE DU BASSIN DE LA MIFI-SUD (carte de la fig. 8)

L'équipement pluviométrique du bassin comportait 56 postes dont :

— 45 pluviomètres Association (dont 14 étaient doublés par des pluviomètres totalisateurs mensuels de contrôle) ;

— 4 pluviographes hebdomadaires ;

— 7 pluviographes journaliers.

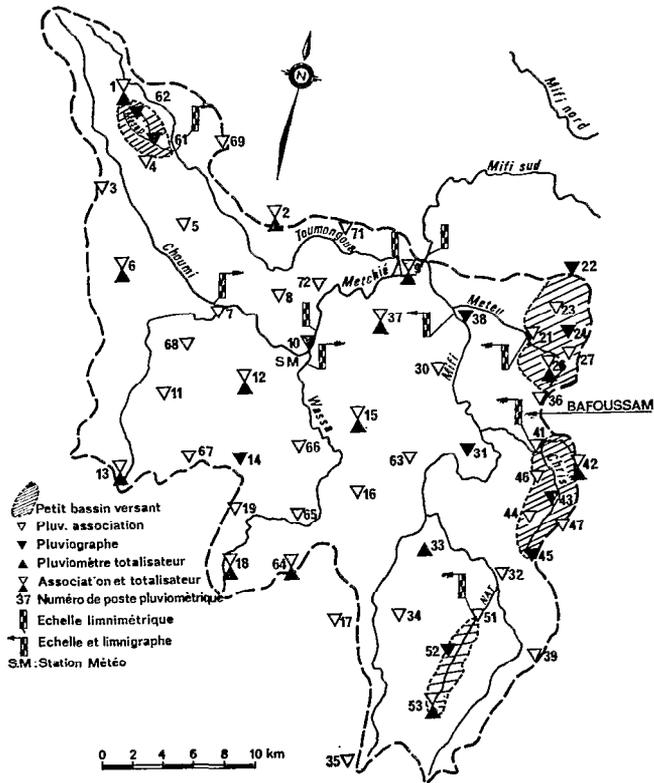


Fig. 8. — Bassin versant de la Mifi Sud. Equipement hydrométrique

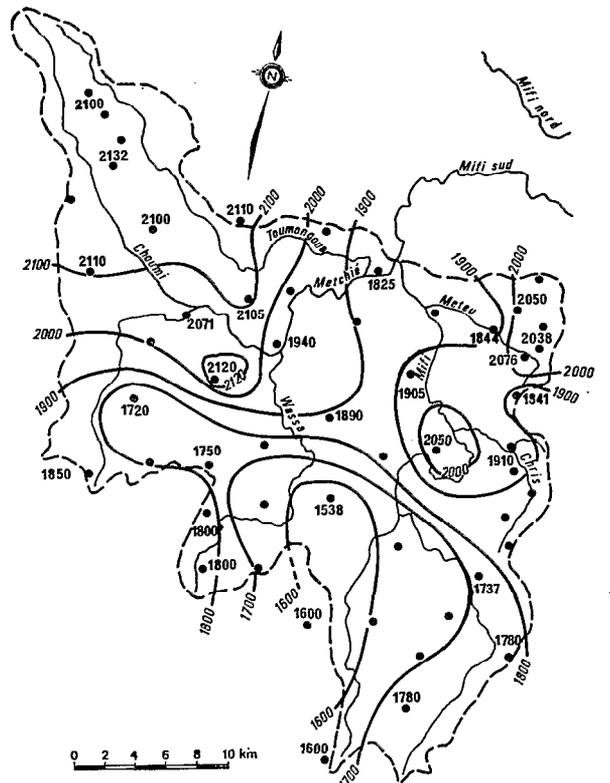


Fig. 9. — Bassin versant de la Mifi Sud. Isohyètes annuelles 1969

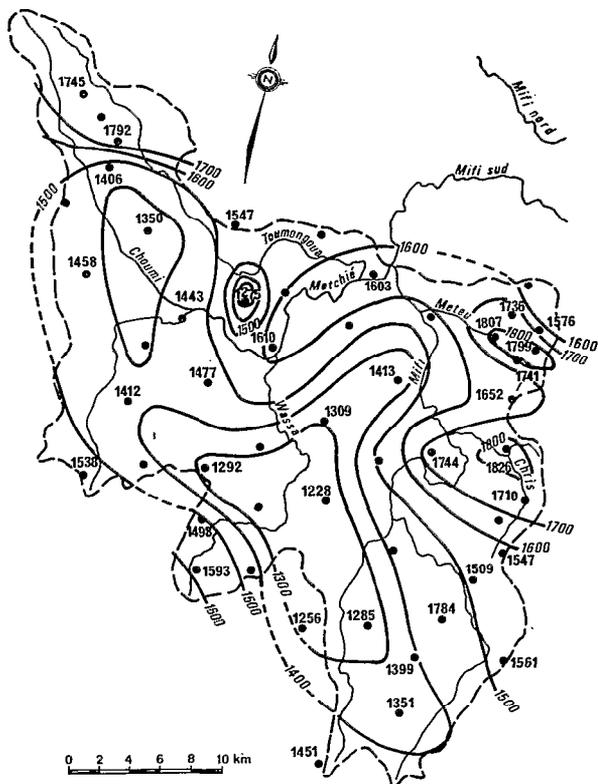


Fig. 10. — Bassin versant de la Mifi Sud. Isohyètes annuelles 1970

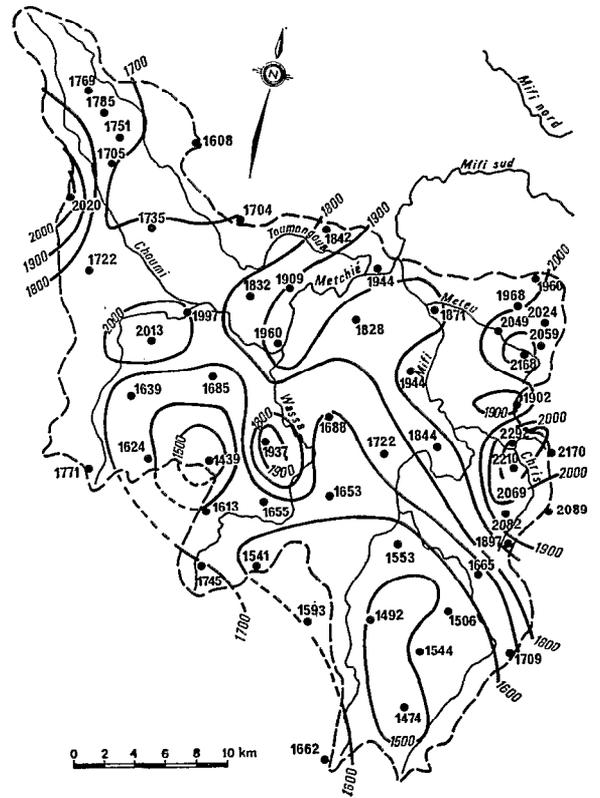


Fig. 11. — Bassin versant de la Mifi Sud. Isohyètes annuelles 1971

TABLEAU IV
MIFI-SUD
Caractéristiques de formes

Bassin versant	Superficie (km ²)	Périmètre (km)	Coefficient de compacité (Kc)	Rectangle équivalent	
				Longueur (km)	Largeur (km)
1 Mifi Bafounda	854	142	1,37	56	15,2
6 Metchié Chutes	480	115	1,47	47	10,2
7 Choumi Banok	360	103	1,52	43	8,5
2 Mifi Bamoungoun	306	76	1,22	26	11,7
9 Wassa Banok	119	47	1,22	16	7,4
8 Choumi Bamendou	80	51	1,61	22	3,6
3 Meteu Baleng	29,4	22	1,14	7	4,2
4 Chris Mbo	18,8	18	1,17	5,5	3,4
5 Nat Bandjoun	7,95	14,25	1,41	5,7	1,4
0 Mesap Bangang	8,57	12,5	1,20	4,25	2,0

Indices de pente

	N° de bassin									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
IG ‰	9,3	18	13	22	36,8	10,9	10,9	41,8	20	68
IP	0,117	0,148	0,139	0,179	0,219	0,130	0,128	0,215	0,162	0,289

Profils en long

Bassin versant	Longueur rivière (km)	Pente moyenne rivière (‰)	Classe de relief catégorie B.V.
2a Mifi-Est Bamoungoun	52,0	6,9	R 3
2b Mifi-Ouest Bamoungoun	47,0	10,1	R 3
3 Meteu-Baleng	13,2	6,25	R 3
4 Chris Mbo	9,5	9,65	R 3
5 Nat Bandjoun	7,75	28,0	R 5
6 Metchié Chutes (Choumi)	50,5	14,4	R 4
7 Choumi Banok	38,0	20,4	R 4
8 Choumi Bamendou	28,0	35,1	R 5
9 Wassa Banok	27,0	8,6	R 3
0 Mesap Bangang	6,5	55,1	R 5-6

Densité de drainage

	N° de bassin									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	1,87	2,01	2,17	2,10	2,07	1,78	1,84	1,76	1,59	1,96

La densité des appareils, variable suivant la taille des bassins, était en moyenne de un appareil pour 19 km² sur le grand bassin.

L'équipement hydrométrique a consisté en aménagements d'échelles de hauteurs d'eau et de limnigraphes aux stations retenues.

L'équipement piézométrique, très localisé, avait pour but d'étudier les relations nappe-rivières. Quatre piézomètres ont été implantés dans la partie aval du B.V. de Choumi à Bamendou ; deux piézomètres ont été suivis sur la Wassa à Banok, tandis que quatre puits étaient creusés sur le bassin de la Meteu et un puits sur le bassin de la Chris.

Une station météorologique située à Banok a confirmé les résultats obtenus dans la région par les stations longue durée.

2.3. ETALONNAGE DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES

Mille cinquante mesures de débit ont été effectuées sur les dix stations du bassin de la Mifi. Les étalonnages obtenus sont dans l'ensemble très satisfaisants.

2.4. LES OBSERVATIONS HYDROPLUVIOMÉTRIQUES EN 1969, 1970 ET 1971

2.4.1. Précipitations

Les figures 9, 10 et 11 donnent les isohyètes annuelles pour les trois années de mesure.

Le grand bassin de la Mifi a reçu :

— en 1969 : 1 890 mm
— en 1970 : 1 492 mm
— en 1971 : 1 760 mm } de précipitations moyennes calculées par la méthode de THIESSEN.

1969 est une année décennale humide, 1970 est une année sèche quinquennale et 1971 est une année quinquennale humide. La plus forte averse observée est tombée à l'ouest du bassin avec un maximum ponctuel de 139,6 mm le 10 octobre 1971.

2.4.2. Les débits

A titre d'exemple on a reporté sur les figures 12 à 14, les variations journalières des débits de la Mifi à Bafounda.

Par ailleurs, le tableau V indique les débits moyens mensuels calculés sur la période 1967-1972 des six stations principales de la Mifi-Sud ainsi que du Noun à Bafoussam (4 700 km²). Les débits sont exprimés en m³/s et en l/s.km².

Enfin, pour ces mêmes stations, on indique dans le tableau VI les débits caractéristiques des trois années d'étude (étiages-crues-modules).

TABLEAU V
DÉBITS MOYENS MENSUELS, DÉBITS SPÉCIFIQUES ET MODULES INTERANNUELS
DES STATIONS DE LA MIFI ET DU NOUN SUR LA PÉRIODE 1967-1972
(Année hydrologique)

Mois	Mifi à Bafounda		Mifi à Bamoungoum		Metchié aux chutes		Choumi à Banok		Wassa à Banok		Choumi à Bamendou		Noun à Bafoussam	
	m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²
M	4,56	5,34	1,42	4,64	2,66	5,54	2,06	5,72	0,53	4,45	0,46	5,75	19,4	4,13
A	4,53	5,30	1,32	4,31	2,89	6,02	2,04	5,67	0,40	3,36	0,55	6,87	22,0	4,69
M	5,97	6,99	1,67	5,46	4,07	8,48	3,02	8,39	0,69	5,80	0,86	10,7	34,1	7,26
J	6,77	7,93	2,00	6,54	4,51	9,39	3,37	9,36	0,68	5,71	1,13	14,1	60,1	12,8
J	16,1	18,9	4,23	13,8	9,90	20,6	7,76	21,6	1,91	16,0	2,52	31,5	132,0	28,1
A	25,5	29,9	9,70	31,7	14,4	30,0	10,2	28,3	2,85	23,9	3,47	43,4	208,0	44,3
S	41,6	48,8	15,4	50,4	22,5	46,9	16,6	46,1	4,71	39,6	5,06	63,2	248,0	52,8
O	47,8	56,0	17,7	57,8	26,7	55,6	18,4	51,1	5,60	47,1	5,80	72,5	275,0	58,6
N	27,9	32,6	11,6	37,9	15,1	31,5	10,1	28,1	3,17	26,6	2,60	32,5	192,0	40,9
D	12,3	14,4	4,80	15,7	6,48	13,5	4,47	12,4	1,61	13,5	1,01	12,6	79,1	16,8
J	6,68	7,82	2,24	7,32	3,50	7,29	2,52	7,0	0,93	7,81	0,49	6,12	33,9	7,22
F	3,76	4,40	1,32	4,31	1,80	3,75	1,37	3,81	0,38	3,19	0,26	3,25	19,9	4,24
Année	17,0	19,19	6,14	20,1	9,29	19,4	6,86	19,1	1,96	16,5	2,03	25,4	111,0	23,6

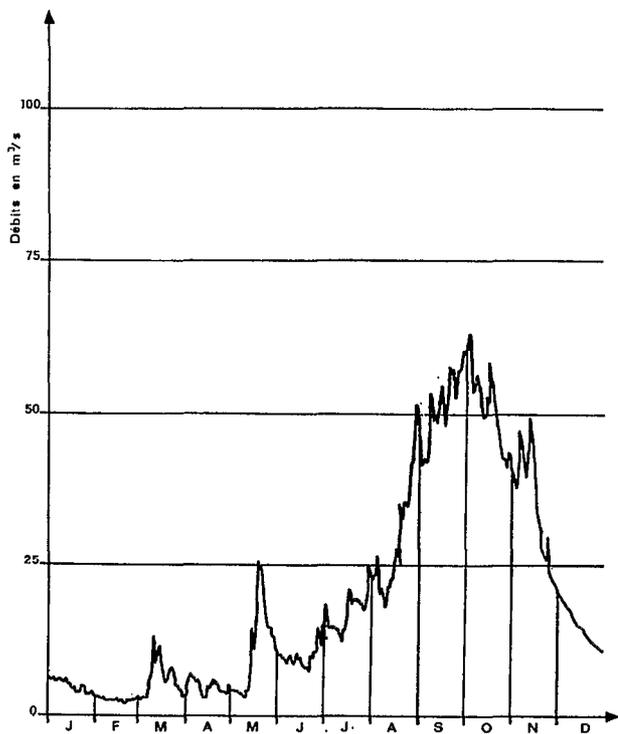


Fig. 12. — Mifi au confluent Bafounda. Débits moyens journaliers en 1969

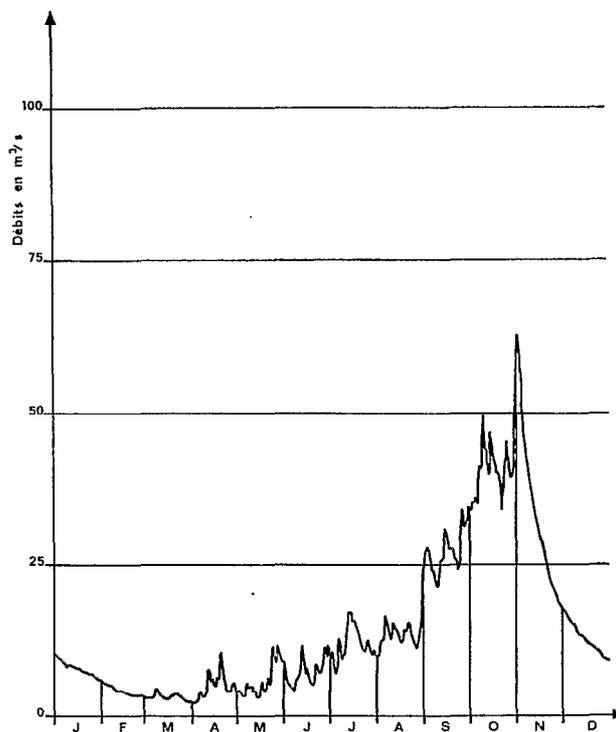


Fig. 13. — Mifi au confluent Bafounda. Débits moyens journaliers en 1970

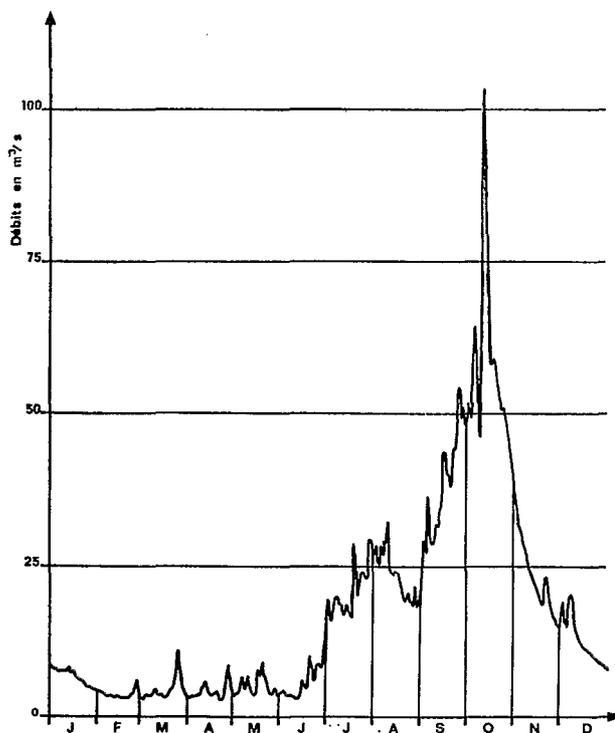


Fig. 14. — Mifi au confluent Bafounda. Débits moyens journaliers en 1971

TABLEAU VI
DÉBITS CARACTÉRISTIQUES

Année	Etiages					Crues					Module annuel	
	Etiage absolu		DCE 10			Q max.			DCC 10		m ³ /s	l/s.km ²
	Date	m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²	Date	m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²		
<i>Mifi au confluent</i>												
1969	22/2	2,33	2,73	2,72	3,19	4/10	63,5	74,8	57,2	66,9	20,0	23,4
1970	3/4	2,39	2,80	2,92	3,42	2/11	63,2	74,4	44,3	51,9	14,4	16,8
1971	24/4	3,03	3,55	3,26	3,82	12/10	110	130	58,3	68,3	17,2	20,2
<i>Mifi à Bamoungoun</i>												
1969	10/5	0,90	2,94	1,12	3,68	16/10	22,1	72,2	20,0	65,3	6,80	22,2
1970	3/4	0,72	2,37	0,91	2,98	1/11	35,0	114	17,3	56,5	2,12	16,7
1971	24/4	0,48	1,57	0,60	1,96	11/10	32,6	107	20,4	66,5	5,80	19,0
<i>Metchié aux chutes</i>												
1969	23/2	0,90	1,87	1,46	3,04	4/10	38,2	79,6	33,9	70,7	12,2	25,5
1970	4/4	0,90	1,87	1,20	2,50	2/11	33,3	69,4	23,0	47,9	7,54	15,7
1971	22/2	1,24	2,58	1,37	2,85	12/10	83,0	173	33,0	68,7	9,48	19,7
<i>Choumi à Banok</i>												
1969	22/2	0,58	1,61	0,89	2,47	4/10	30,4	84,2	25,3	70,3	8,28	23,0
1970	3/4	0,51	1,42	0,87	2,42	2/11	27,2	75,3	15,5	43,0	5,38	14,9
1971	19/2	0,87	2,42	0,96	2,67	11/10	66,0	183	25,4	70,5	7,24	20,1
<i>Wassa à Banok</i>												
1969	8/5	0,070	0,59	0,170	1,43	3/10	8,78	73,8	6,87	57,7	2,21	18,6
1970	2/4	0,040	0,34	0,070	0,59	2/11	8,01	67,3	4,73	39,7	1,46	12,3
1971	11/6	0,040	0,34	0,100	0,84	11/10	16,0	134	7,05	59,2	2,07	17,4
<i>Choumi à Bamendou</i>												
1969	22/2	0,130	1,62	0,180	2,25	21/9	9,26	116	7,83	97,9	2,65	33,1
1970	5/4	0,130	1,62	0,155	1,94	1/11	8,10	101	4,26	53,2	1,51	18,9
1971	22/2	0,220	2,75	0,270	3,38	11/10	9,34	117	5,83	72,9	1,92	24,0
<i>Noun à Bafoussam</i>												
1969	1/3	14,6	3,11	15,9	3,39	5/10	332	70,7	308	65,6	130	27,7
1970	3/4	8,2	1,75	12,2	2,60	5/10	345	73,5	267	56,8	112	25,1
1971	6/4	12,7	2,70	14,0	2,98	14/10	414	78,2	292	62,2	105	22,3

Interprétation des résultats

1. ÉTUDE DES MODULES ET DU BILAN HYDROLOGIQUE

1.1. ÉTUDE STATISTIQUE DES MODULES AUX STATIONS PRINCIPALES

La période d'observation est trop courte pour que l'on puisse tenter avec ce simple échantillon une étude directe de la distribution des modules sur le bassin de la Mifi-Sud. On a tenté une reconstitution des modules de la Mifi-Sud, à partir d'observations pluviométriques ou hydrométriques effectuées sur une période plus étendue, en établissant diverses corrélations sur la période d'observations communes.

Les corrélations entre débits mensuels et modules de la Mifi à Bafounda et ceux de la Mifi à Bamoungoum, de la Metchié aux chutes, du Choumi à Banok sont relativement serrées. Les droites de régression ont pour équation :

$$Q \text{ Mifi Bamoungoum} = 0,4 Q \text{ Mifi Bafounda} - 0,5$$

$$Q \text{ Metchié} = 0,54 Q \text{ Mifi Bafounda}$$

$$Q \text{ Choumi Banok} = 0,71 Q \text{ Metchié}$$

Par ailleurs, la pluviométrie de Dschang montre une bonne corrélation avec les modules de la Mifi ($r = 0,959$). L'équation de la droite est : $Q \text{ module Mifi} = 8,4 \cdot 10^{-3} P \text{ Dschang} + 0,2$.

Enfin, une bonne corrélation existe entre les débits moyens mensuels du Noun et ceux de la Mifi à Bafounda ($r = 0,963$).

$$Q \text{ mensuel Mifi (novembre à août)} = 0,126 Q \text{ Noun} + 1,6$$

$$Q \text{ mensuel Mifi (septembre à octobre)} = 0,292 Q \text{ Noun} - 29,2$$

Ces différentes corrélations permettent d'étendre l'échantillon de modules de la Mifi-Sud à Bafounda et des trois stations secondaires. Il faut toutefois souligner que le fait d'étendre ainsi des échantillons courts conduit généralement à des séries étendues biaisées, à écarts-types trop faibles. On devra donc se montrer prudent dans l'interprétation des valeurs ainsi obtenues pour les paramètres caractérisant la variabilité interannuelle des phénomènes.

TABLEAU VII

Module m^3/s	Noun à Bafoussam	Mifi-Sud Bafounda	Metchié Chutes	Mifi à Bamoungoum	Choumi Banok
Module 20 ans	129,5	20,5	12,05	7,70	8,70
10 ans	125	19,8	11,50	7,40	8,30
5 ans	119	18,7	10,25	6,95	7,70
Module moyen	108,6	16,8	8,42	6,20	6,75
5 ans	98,0	15,1	8,10	5,45	5,80
10 ans	92,0	14,05	7,35	5,0	5,25
20 ans	87,5	13,30	6,80	4,70	4,85
Ecart-type (m^3/s)	12,9	2,17	1,58	0,89	1,16
Coefficient de variation (Cv)	0,119	0,128	0,168	0,144	0,172
Coefficient K 3	1,36	1,41	1,56	1,48	1,58
Modules spécifiques ($l/s.km^2$)					
Humide décennal	26,6	23,2	24,0	24,2	23,1
Moyen	23,1	19,7	19,6	20,3	18,8
Décennal sec	19,6	16,4	15,3	16,3	14,6

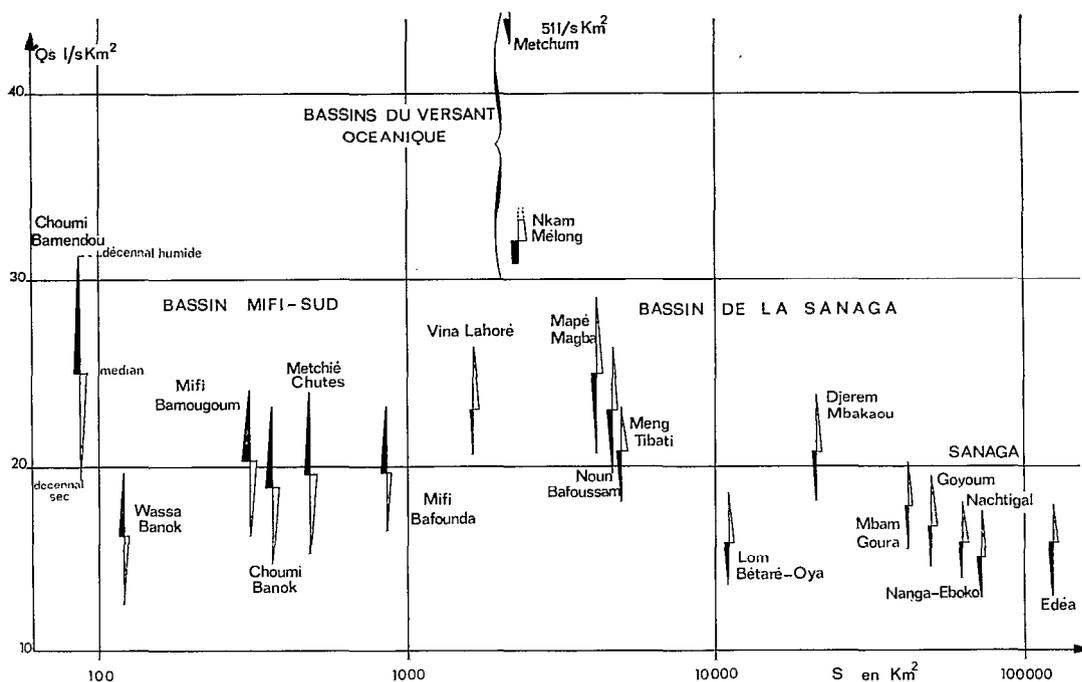


Fig. 15. — Modules spécifiques médian et décennaux de la Mifi Sud et des régions avoisinantes en regard de la superficie des bassins versants

La comparaison des distributions statistiques correspondant aux différents échantillons, avec la distribution de l'échantillon observé, montre en définitive que la reconstitution obtenue à partir des débits du Noun paraît la mieux adaptée.

Les résultats de l'analyse statistique des modules a été portée dans le tableau VII.

On a représenté sur la figure 15 les modules spécifiques (en $l/s.km^2$) médians et décennaux (d'années sèches et humides) en regard de la superficie des bassins versants pour la Mifi-Sud, le bassin de la Sanaga et deux bassins drainant le versant océanique des montagnes de l'ouest. La tendance générale montre que les modules spécifiques augmentent lorsque la superficie des B.V. diminue. Les modules spécifiques des rivières Bamiléké sont par contre plus faibles que ceux du Noun ou de la Mape. L'irrégularité interannuelle (K_3) quoique faible est tout de même plus forte que sur le reste du bassin de la Sanaga. Le module spécifique interannuel du pays Bamiléké est de l'ordre de $20 l/s.km^2$.

1.2. LE BILAN HYDROLOGIQUE — ÉTUDE DES TERMES DU BILAN

1.2.1. Calcul du bilan

Sur un nombre d'années suffisant, l'équation du bilan hydrologique s'écrit : $P = He + De$, dans laquelle P est la pluviométrie interannuelle, He , la lame d'eau écoulée, De , le déficit d'écoulement correspondant à l'évapotranspiration réelle E_r . On ne dispose ici que des données obtenues sur les trois années hydrologiques observées.

Le tableau VIII indique pour les six bassins principaux les différents termes du bilan hydrologique ainsi que le module annuel et le coefficient d'écoulement (Ke).

1.2.2. Lame écoulée — Coefficient d'écoulement

On a déjà vu dans l'étude des modules spécifiques que la superficie des bassins ne joue pas un rôle déterminant pour les rivières Bamiléké. La lame écoulée ne paraît d'ailleurs absolument pas liée aux paramètres de forme des bassins de la Mifi-Sud. Elle est par contre liée à la pluviométrie annuelle par la relation $He = 0,83 P - 787$ dans laquelle la dispersion des valeurs de He par rapport à la droite de régression est corrigée par le rapport dH/LRE (dénivelée totale / longueur rectangle équivalent) et la densité de drainage Dd .

TABLEAU VIII
LES TERMES DU BILAN HYDROLOGIQUE

	<i>P</i> (mm)	<i>Q</i> (m ³ /s)	<i>He</i> (mm)	<i>De</i> (mm)	<i>Ke</i> (%)
Mifi Bafounda					
1969-1970	1 851	20,30	750	1 101	40,5
1970-1971	1 537	14,23	525	1 012	34,2
1971-1972	1 760	17,16	634	1 126	36,0
Moyenne	1 716		636	1 080	37,1
Mifi Bamoungoum					
1969-1970	1 754	6,86	707	1 047	40,3
1970-1971	1 530	5,02	517	1 013	33,8
1971-1972	1 735	5,83	601	1 134	34,6
Moyenne	1 673		608	1 065	36,3
Metchié Chutes					
1969-1970	1 900	12,40	815	1 085	42,9
1970-1971	1 515	7,45	489	1 026	32,3
1971-1972	1 750	9,39	617	1 133	35,3
Moyenne	1 722		640	1 081	37,2
Choumi Banok					
1969-1970	1 901	8,41	737	1 164	38,8
1970-1971	1 466	5,31	465	1 001	31,7
1971-1972	1 745	7,23	633	1 112	36,3
Moyenne	1 704		612	1 092	35,9
Wassa Banok					
1969-1970	1 771	2,25	596	1 175	33,7
1970-1971	1 465	1,45	384	1 081	26,2
1971-1972	1 710	2,06	546	1 164	31,9
Moyenne	1 649		509	1 140	30,9
Choumi Bamendou					
1969-1970	2 090	2,67	1 053	1 037	50,4
1970-1971	1 555	1,52	599	956	38,5
1971-1972	1 790	1,90	749	1 041	41,8
Moyenne	1 812		800	1 011	44,2

L'influence de ces paramètres physiques est plus évidente lorsque l'on considère le coefficient d'écoulement moyen des trois années (voir fig. 16). Utilisées avec précaution, les deux courbes de la figure 16 permettent d'estimer le coefficient d'écoulement moyen d'un B.V. quelconque en pays Bamiléké à partir des paramètres géomorphologiques déterminés sur cartes IGN.

Exception faite des valeurs du Choumi à Bamendou et de la Wassa à Banok pour lesquelles l'incidence des paramètres géomorphologiques a été soulignée, on peut conclure qu'en pays Bamiléké :

- les lames écoulées interannuelles *He* tournent autour de 600-650 mm ;
- les coefficients d'écoulement *Ke* sont dans les 35-37%.

Ces valeurs sont comparables à celles qu'on observe pour les rivières de l'Adamaoua, mais inférieures à celles du Noun, de la Mape et du Haut Mbam.

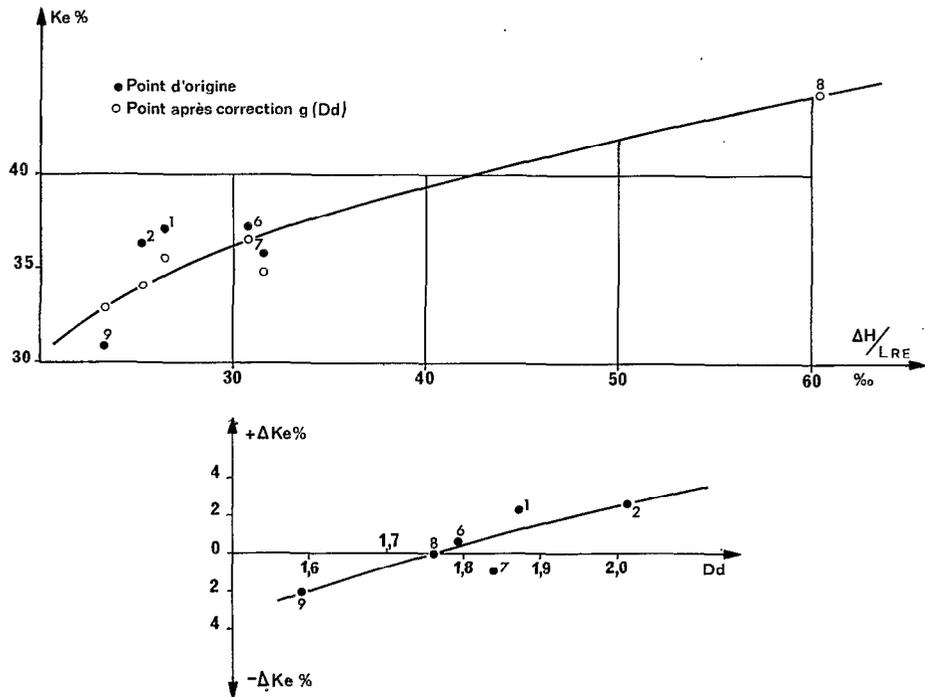


Fig. 16. — Mifi Sud. Coefficients d'écoulement annuels et paramètres physiques des bassins (pente et densité de drainage)

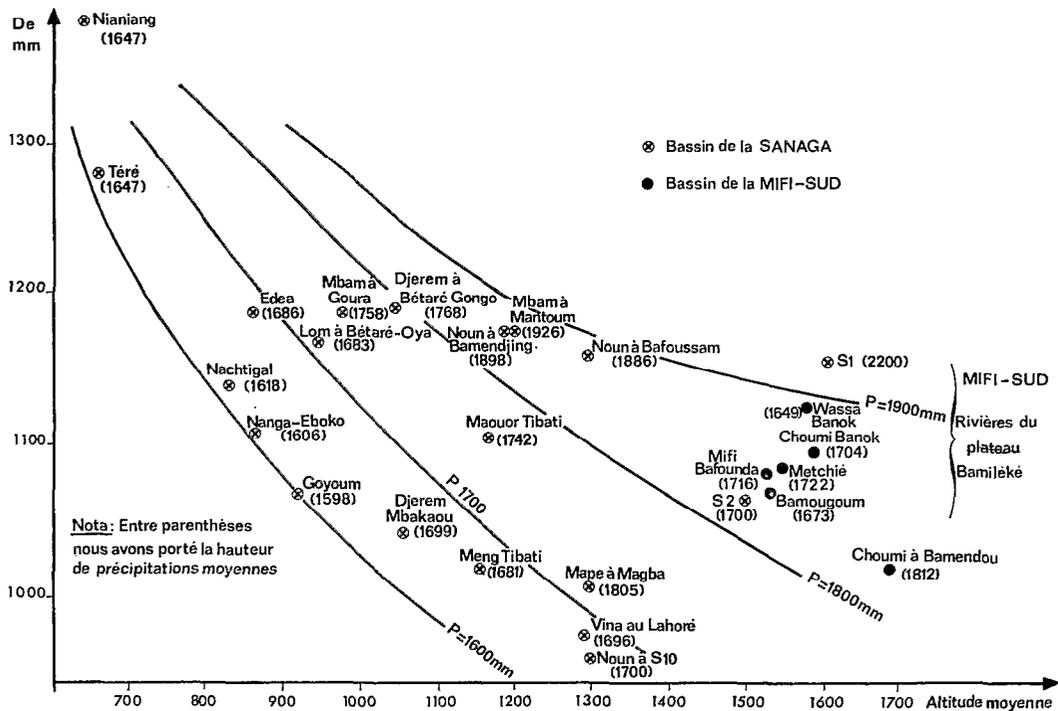


Fig. 17. — Bassin de la Sanaga et bassin de la Mifi Sud. Variations du déficit d'écoulement en fonction de l'altitude moyenne et de la hauteur de précipitations annuelles des bassins versants

En conclusion, l'écoulement des rivières Bamiléké paraît légèrement déficitaire par rapport aux régions directement avoisinantes drainées par le bassin de la Sanaga et très inférieur à celui des fleuves côtiers dont les bassins sont exposés aux perturbations océaniques.

1.2.3. Déficit d'écoulement

On peut aussi présenter le bilan en termes de déficit d'écoulement (fig. 17).

On voit que sur le bassin de la Sanaga le déficit d'écoulement D_e est directement lié à la hauteur de précipitations annuelles et à l'altitude. Sur la *Mifi-Sud* la liaison n'est plus valable. D_e y est relativement plus fort que sur le reste du bassin de la Sanaga.

Ce particularisme peut s'expliquer en supposant que les termes du bilan d'énergie (rayonnement solaire) ne sont pas les mêmes sur le plateau Bamiléké et entraînent une évaporation plus forte. En effet, l'albedo des régions couvertes de basaltes ou de sols provenant de leur altération est probablement plus faible que celui des régions voisines dont l'essentiel du substratum est constitué de matériaux du socle cristallin.

En outre, ainsi qu'on le verra plus loin, les très faibles coefficients d'écoulement des crues, liés aux cultures extensives, ajoutent au déficit annuel d'écoulement.

1.2.4. Bilan mois par mois

Les variations, sur le grand bassin de la Mifi-Sud, des différents termes du bilan ont été portées dans le tableau ci-après. A l'échelle du mois, on doit faire intervenir la mise en réserve dans les nappes et leur restitution.

	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	Année
P	124	141	194	178	220	207	293	269	48	11	6	25	1 716
He	14	14	22	22	50	75	119	153	92	42	22	11	636
De	110	127	172	156	170	132	174	116	-44	-31	-16	14	1 080
Er	116	130	136	120	110	108	106	104	88	31	6	25	1 080
R	-6	-3	36	36	60	24	68	12	-132	-62	-22	-11	0

Le signe — indique pour D_e qu'il y a excédent d'écoulement par rapport à la pluviométrie. Pour R, le signe — indique la restitution des réserves (Ro); Er est l'évapotranspiration réelle.

La figure 18 reproduit ces variations, calculées sur la moyenne des trois années.

— En mars et avril, la lame écoulée comporte une part non négligeable provenant du tarissement des nappes.

— La mise en réserves dans les nappes et le sol est importante de mai à octobre; elle porte pendant cette période sur environ 240 mm.

— Avec la chute de la pluviométrie, à partir de novembre, la lame écoulée est entièrement constituée du débit de vidange des nappes.

L'évaporation de la zone humide des horizons supérieurs des sols a été estimée à 40 mm en novembre, 20 mm en décembre.

L'équation du bilan hydrologique peut s'écrire :

$$P = He - \text{vidange des nappes} + \text{mise en réserves} + Er - E \text{ (évaporation des réserves)}$$

$$1\,716 \text{ mm} = 636 - 176 + 236 + 1\,080 - 60$$

2. ÉTUDE DES BASSES EAUX

2.1. ÉTUDE DES ÉTIAGES

2.1.1. Etude statistique

Là encore, l'étude statistique impliquait de reconstituer l'échantillon des étiages à partir des observations de longue durée. Différents essais de corrélations ont été effectués. On a finalement retenu d'une part une corrélation entre les débits d'étiages caractéristiques de la Metchié et du Choumi et ceux du Noun, d'autre part une corrélation entre débits d'étiages caractéristiques de la Mifi à Bafounda et débits moyens mensuels les plus faibles de la Mifi (eux-mêmes obtenus précédemment à partir du Noun). Aucune corrélation n'a pu être retenue pour la Mifi à Bamoungoum. L'étude statistique a donc été faite sur les trois stations de la Mifi à Bafounda, la Metchié aux chutes et du Choumi à Banok. Le tableau IX donne les débits d'étiages reconstitués en m^3/s (DMIN étant le débit d'étiage absolu et DCE le débit caractéristique d'étiage non dépassé pendant dix jours).

Le tableau X donne les débits d'étiages en m^3/s et en $l/s.km^2$ correspondant à des périodes de retour données (années sèches et années humides). L'examen de ces deux tableaux suggère plusieurs remarques :

— Par comparaison avec la période réellement observée, les valeurs médianes paraissent un peu fortes. Mais dans quelle mesure diminueraient-elles avec un échantillon de 50 années par exemple ? Il est impossible de le dire.

— Le coefficient d'irrégularité interannuelle, K 3, est fort pour les étiages absolus, beaucoup plus faible pour le DCE.

— Les débits spécifiques d'étiages absolus médians de ces trois bassins varient de 2,8 à 2,25 $l/s.km^2$; ils sont plus forts que pour la majeure partie du bassin de la Sanaga où ils oscillent autour de 2 $l/s.km^2$.

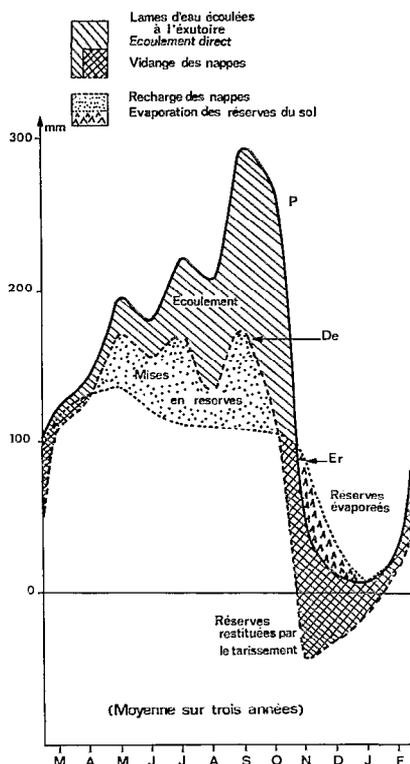


Fig. 18. — Bilan hydrologique de la Mifi à Bafounda

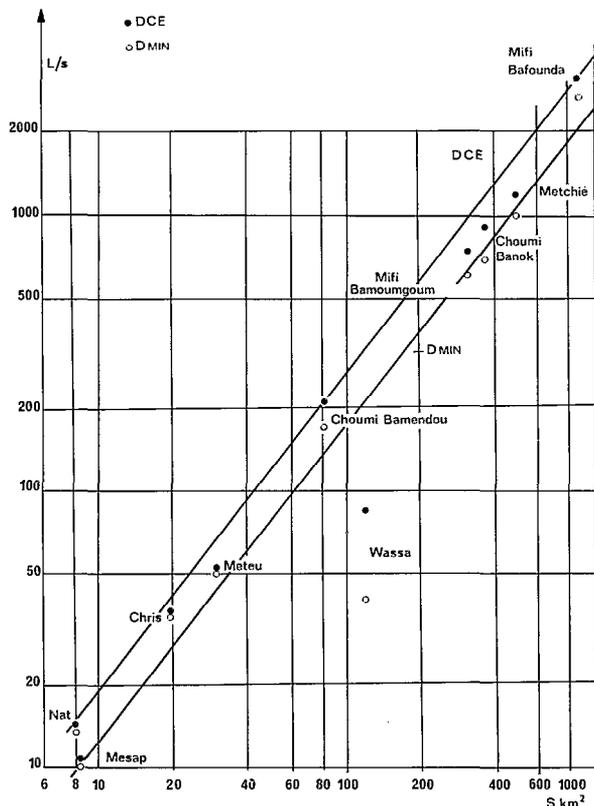


Fig. 19. — Etiages caractéristiques et superficie des B.V. (moyenne sur 70-71)

TABLEAU IX
DÉBITS D'ÉTIAGE RECONSTITUÉS AUX STATIONS PRINCIPALES DE LA MIFI

Année	Metchié		Choumi		Mifi Bafounda		Noun	
	DMIN	DCE	DMIN	DCE	DMIN	DCE	DMIN	DCE
1953	1,75	2,11	1,24	1,50	3,06	3,62	17,1	18,5
1954	1,42	1,74	1,01	1,23	1,70	1,84	11,0	13,2
1955	1,29	1,68	0,92	1,19	3,08	3,74	14,9	19,1
1956	1,54	1,88	1,09	1,33	3,42	3,90	15,7	17,1
1957	1,30	1,60	0,92	1,14	1,88	2,32	11,0	12,0
1958	1,49	1,82	1,06	1,29	2,64	3,14	12,9	14,2
1959	1,08	1,35	0,77	0,96	2,02	2,80	6,8	9,52
1960	1,08	1,35	0,77	0,96	2,20	3,06	11,1	11,6
1961	0,92	1,19	0,65	0,84	1,78	2,22	5,3	7,64
1962	0,72	1,06	0,51	0,75	1,95	2,63	8,55	11,6
1963	1,32	1,63	0,94	1,16	3,22	3,78	6,02	12,8
1964	1,08	1,35	0,77	0,96	2,14	2,84	6,4	9,52
1965	1,26	1,55	0,89	1,10	2,66	3,21	10,0	11,1
1966	0,83	1,08	0,59	0,77	1,68	2,48	7,21	8,55
1967	0,83	0,99	0,59	0,70	1,80	1,91	7,64	9,02
1968	1,08	1,45	0,77	1,05	2,56	3,06	14,6	16,3
1969	0,76	1,26	0,58	0,89	2,33	2,72	14,6	15,3
1970	0,76	1,01	0,51	0,87	2,39	2,92	9,02	12,2
1971	1,24	1,37	0,87	0,96	3,02	3,26	12,7	14,0

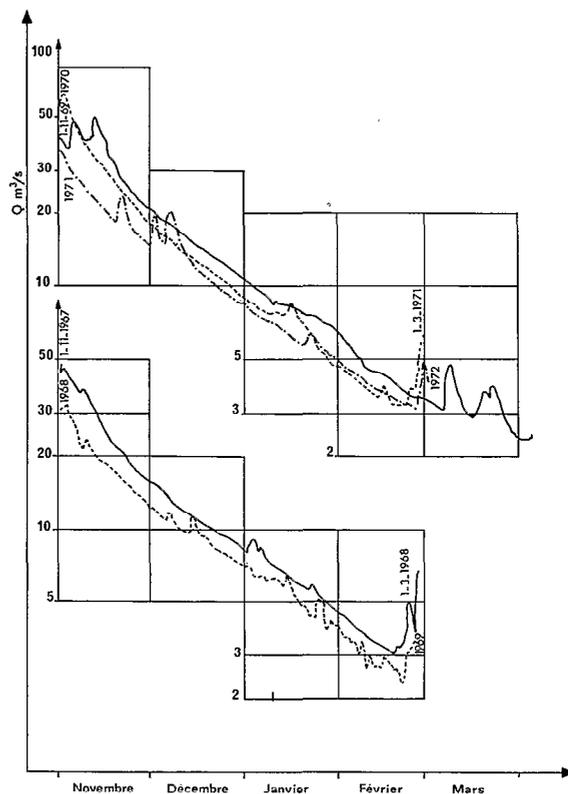
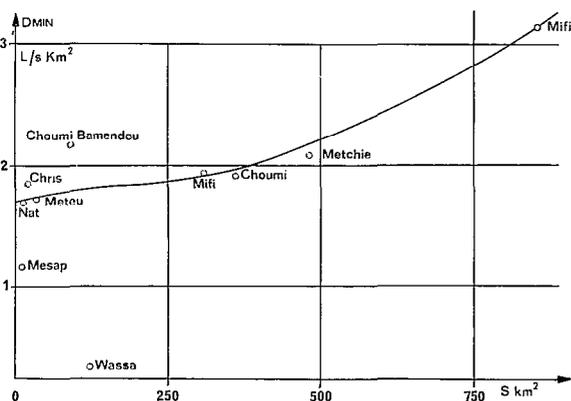
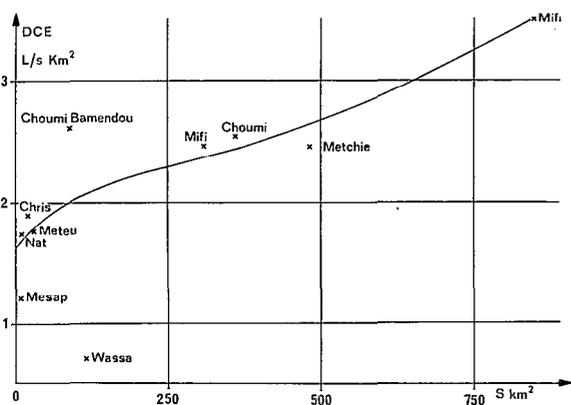


Fig. 20. — Débits spécifiques d'étiage et superficie des B.V. (moyenne sur 70-71)

Fig. 21. — Mifi au confluent. Tarissement

2.1.2. Débits d'étiage et superficie des bassins

Le tableau VI sur les débits caractéristiques donne les étiages absolus et les DCE de la période 1969-1972. On notera que, sur les petits bassins versants représentatifs, les étiages absolus observés sont généralement inférieurs à 2 l/s.km². Ceci nous amène à considérer la relation entre les débits d'étiage et la superficie des bassins à partir des valeurs moyennes de 1970 et 1971 (période connue pour les dix stations).

Une première relation, donnée en coordonnées logarithmiques dans la figure 19, permet d'estimer les étiages caractéristiques moyens pour une rivière Bamiléké dont le bassin a une superficie donnée.

La figure 20 montre une hiérarchie, liée à la superficie des bassins, entre les différents étiages spécifiques moyens observés — (DMIN et DCE). Comme nous l'avons déjà mentionné, on passe de forts débits d'étiage spécifiques pour les grands bassins à des valeurs beaucoup plus faibles pour les petits bassins.

Nous verrons plus loin qu'en saison sèche l'évapotranspiration est limitée à une frange étroite le long du réseau hydrographique généralement occupée par une galerie de raphia, qui a sensiblement la même largeur quel que soit le bassin versant. Pour qu'il y ait augmentation du débit spécifique d'étiage avec la superficie des bassins, il faut que le prélèvement dû à l'évapotranspiration soit, en proportion, d'autant plus grand que le bassin est petit. Pour un même débit spécifique fourni, on aura un débit spécifique mesuré d'autant plus petit que l'évaporation ramenée à la superficie totale sera importante.

Ceci se vérifie d'emblée par la simple considération du rapport L/S (longueur frange d'évaporation / superficie du bassin) qui est d'autant plus fort que le bassin est petit, la largeur de la frange étant constante.

TABLEAU X
ÉTIAGES DE PÉRIODES' DE RETOUR DONNÉES

		<i>Mifi</i> à <i>Bafounda</i>		<i>Metchié</i> aux chutes		<i>Choumi</i> à <i>Banok</i>		<i>Noun</i> à <i>Bafoussam</i>	
		m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²
<i>DMIN</i> étiage absolu									
Période de retour									
Années	20 ans	1,44	1,68	0,60	1,25	0,46	1,28	5,75	1,22
sèches	10 ans	1,63	1,91	0,70	1,46	0,53	1,47	6,5	1,37
	5 ans	1,92	2,25	0,85	1,77	0,63	1,75	7,55	1,61
Etiage médian									
		2,38	2,78	1,12	2,33	0,81	2,25	10,0	2,11
Années humides									
	5 ans	2,86	3,35	1,37	2,85	0,98	2,72	13,4	2,85
	10 ans	3,14	3,67	1,52	3,16	1,08	3,00	15,5	3,27
	20 ans	3,91	3,91	1,63	3,39	1,15	3,20	17,5	3,73
K 3									
		1,93		2,17		2,04		2,38	
10 jours									
DCE									
Années	20 ans	1,96	2,29	0,90	1,87	0,67	1,86		
sèches	10 ans	2,17	2,54	1,02	2,12	0,75	2,08		
	5 ans	2,45	2,87	1,18	2,45	0,85	2,36		
DCE médian									
		2,92	3,42	1,44	3,00	1,03	2,86		
Années humides									
	5 ans	3,40	3,98	1,70	3,54	1,21	3,36		
	10 ans	3,68	4,31	1,86	3,87	1,31	3,64		
	20 ans	3,88	4,54	1,97	4,10	1,38	3,83		
K 3									
		1,70		1,82		1,75			

2.2. ÉTUDE DU TARISSEMENT

2.2.1. Coefficients de tarissement

En saison sèche, le débit d'une rivière provient de la vidange des nappes souterraines du bassin versant et éventuellement de l'écoulement des rares pluies qui ont pu tomber sur le bassin. Le débit de vidange des nappes dépend d'une part de l'état de remplissage de celles-ci à la fin de la saison des pluies (débit initial de tarissement) et, d'autre part, de la loi de tarissement. Celle-ci détermine sous quelle forme s'observera la décroissance des débits au fur et à mesure que l'on avancera dans la saison et correspond généralement — et c'est le cas pour la Mifi — à une loi exponentielle :

$$Q = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$$

Q_0 étant le débit à l'instant t_0 , $t - t_0$ le temps exprimé en jours entre l'observation de Q_0 et de Q et α le coefficient de tarissement.

En graphique semi-logarithmique, la loi de tarissement est traduite par une droite dont la pente donne la valeur du coefficient de tarissement.

A titre d'exemple on a reporté sur la figure 21 les courbes de tarissement de la Mifi à Bafounda (confluent), observées sur cinq années.

Les caractéristiques du tarissement sont données pour les six stations principales dans le tableau XI. Comme le montre la lecture de ce tableau, il arrive qu'on observe plusieurs lois de tarissement pour certaines stations, au cours de la saison sèche. On a, dans ce cas, souligné le tarissement principal dont on rappelle ci-dessous les valeurs moyennes du coefficient pour l'ensemble des stations :

	Station										Source Bandjoun
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
$\alpha \cdot 10^2$	2,07	2,10	2,49	2,70	1,77	2,28	1,99	2,39	1,42	1,64	2,30

Le tarissement principal est observé en décembre-janvier. En fin de saison sèche, un deuxième tarissement peut éventuellement s'observer avec un coefficient plus faible ou plus fort. Les coefficients du tarissement principal varient relativement peu pour des bassins de tailles très différentes. Il n'y a pas de variations significatives en fonction de la superficie des bassins, pas plus à l'échelle de la Mifi-Sud qu'à celle du Noun ($4\,700 \text{ km}^2$ $\alpha = 2,1 \cdot 10^{-2}$) ou celle du Mbam ($43\,000 \text{ km}^2$ $\alpha = 2,1 \cdot 10^{-2}$). Ceci implique que le tarissement observé corresponde à celui de petites unités hydrogéologiques indépendantes les unes des autres. Le débit de tarissement d'une rivière donnée correspond à la somme des débits de tarissement des nappes de versants.

2.2.2. Approche des caractéristiques physiques des nappes de versant

On sait que le coefficient de tarissement d'une nappe traduit à la fois ses caractéristiques géométriques (dimensions) et la perméabilité du gîte aquifère (loi de Darcy).

L'homogénéité du gîte aquifère est certaine sur le plateau Bamiléké ; les variations de α sont donc liées aux dimensions des nappes de versant.

Les variations de α portées en fonction de la densité de drainage montrent une relation serrée ($r = 0,943$) notamment pour les bassins 9, 7, 1, 2, 4 et 3. Les valeurs de Dd sont probablement trop fortes pour la Nat et la Mésap ; pour ces bassins montagneux, le chevelu hydrographique ne correspond pas au chevelu de vidange des nappes. Dd est trop faible pour la Metchié et le Choumi à Bamendou du fait de la présence de zones marécageuses importantes (voir fig. 22).

Cette relation introduit en fait le paramètre « largeur moyenne de l'aquifère des nappes de versant » ($Dd = L/S$). Le coefficient de tarissement est d'autant plus petit que la largeur de l'aquifère est grande, toutes choses égales par ailleurs. La largeur de l'aquifère est : $l = \frac{S}{2L} = \frac{1}{2Dd}$ et varierait donc de 315 m (Wassa) à 230 m (Meteu).

L'application de la loi de Darcy et de la loi de tarissement permet d'écrire

$$\alpha = \frac{k P_s}{S l}$$

où k : perméabilité, P : porosité du matériau aquifère
 s : section d'échange nappe-rivière, l : largeur de la nappe
 S : superficie du bassin versant (voir fig. 22)

en remplaçant l et s par les expressions où intervient Dd , on arrive en ramenant les unités à celles de la perméabilité (mètres et secondes) à l'expression suivante :

$$k_{(m/s)} = \frac{1\ 157\ 10^{-5}\ \alpha}{4\ P\ Dd\ h}$$

h étant la hauteur de la section d'échange nappe-rivière. Le produit Ph peut être estimé à 10^{-2} d'où une perméabilité moyenne sur les bassins de la Mifi de l'ordre de $2 \cdot 10^{-6}$ m/s.

(A noter que les mesures effectuées par les méthodes Porchet et Muntz dans l'horizon supérieur des sols indiquent des perméabilités plus fortes.)

TABLEAU XI
 TARISSEMENT SUR LA MIFI-SUD

Bassin	Superficie (km ²)	Année	$\alpha \cdot 10^2$	$1/\alpha$ jours	$\left(q = \frac{Q_0}{10}\right)^t$ jours	Q_0 1/12	Q 15/1	Q tarissement minimum	Date
Mifi confluent	854	67-68	2,06	50	115	15,5	6,4	3,1	25/2
		68-69	2,06	48	112	12,5	(5,1)	2,32	27/2
		69-70	2,13	47	108	20,8	8,2	3,08	6/3
		70-71	2,13	47	108	17,8	(6,6)	3,24	20/2
		71-72	2,04	49	113	(15,0)	6,2	3,17	25/2
Mifi Bamoungoum	306	67-68	4,19 (1) 2,06	48	112	6,97	2,45	1,44	18/2
		68-69	3,65 1,83	54,6	126	5,67	2,15	1,15	25/2
		69-70	3,65 1,86	53,8	124	9,10	2,70	1,025	6/3
		70-71	4,11 2,53	39,5	91	8,19	2,13	0,71	22/2
		71-72	2,24	44,6	103	(6,16)	2,10	0,82	25/2
Metchié chutes	480	67-68							
		68-69	2,21	45,2	104	7,05	2,84	0,90	23/2
		69-70	2,30	43,5	100	11,0	4,15	1,20	6/3
		70-71	2,24	44,6	103	9,00	(3,00)	1,24	21/2
		71-72	2,35	42,6	98	8,37	2,78	1,07	25/2
Choumi Banok	360	68-69	1,83 2,62 (2)	54,6	126	4,06	1,81	0,58	22/2
		69-70	2,19 2,95	45,7	105	7,37	2,98	0,87	4/3
		70-71	2,09 2,68	47,8	110	5,93	(2,60)	0,87	19/2
		71-72	1,84 2,91	54,3	125	(5,40)	2,30	0,92	25/2
Wassa Banok	119	67-68							
		68-69							
		69-70	1,30 5,62 (3)	76,9	177	2,04	1,09	0,09	6/3
		70-71	1,52 4,80	65,8	151	1,85	(0,95)	0,42	1/2
71-72	1,69 5,76	59,1	136	(1,63)	0,90	0,15	21/2		
Choumi à Bamendou	80	67-68							
		68-69							
		69-70	2,53	39,5	91	2,02	0,83	0,153	6/3
		70-71	2,37 3,65	42,2	97	1,61	(0,73)	0,220	22/2
71-72	2,28 3,65	43,9	101	(1,30)	0,44	0,190	21/2		

(1) Premier tarissement jusqu'au 20 décembre.

(2) Le deuxième tarissement débute entre le 20 janvier et le 1 février.

(3) Le deuxième tarissement entre le 20 et le 25 janvier.

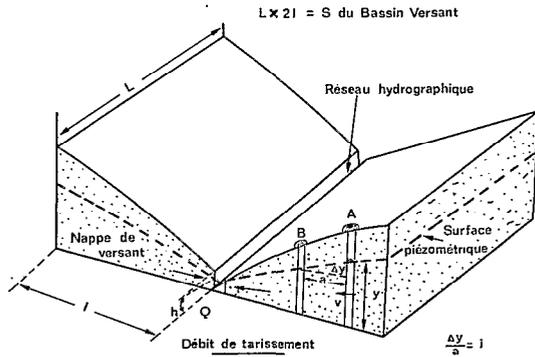
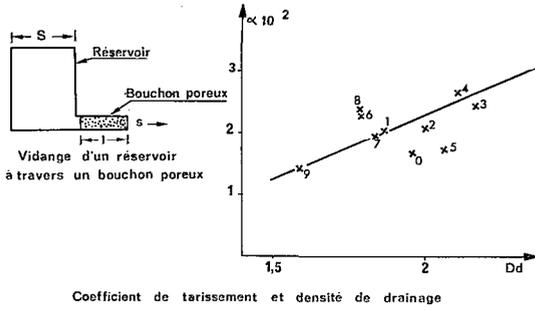


Fig. 22. — Schéma simplifié du tarissement des nappes de versant

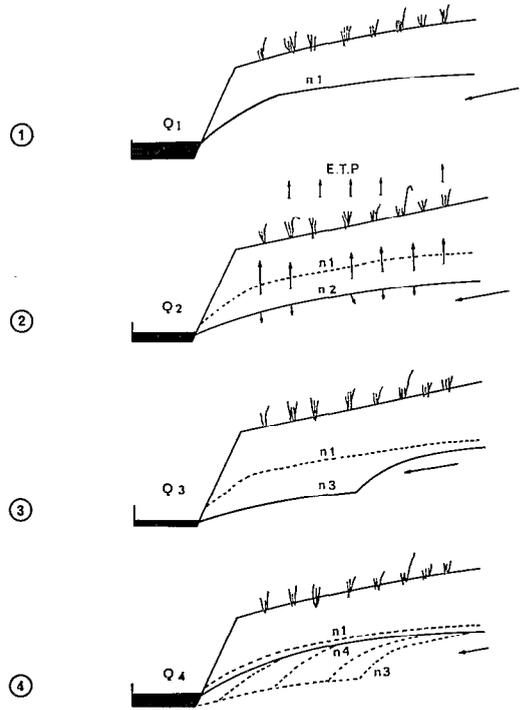


Fig. 24. — Schéma explicatif des variations journalières de débits

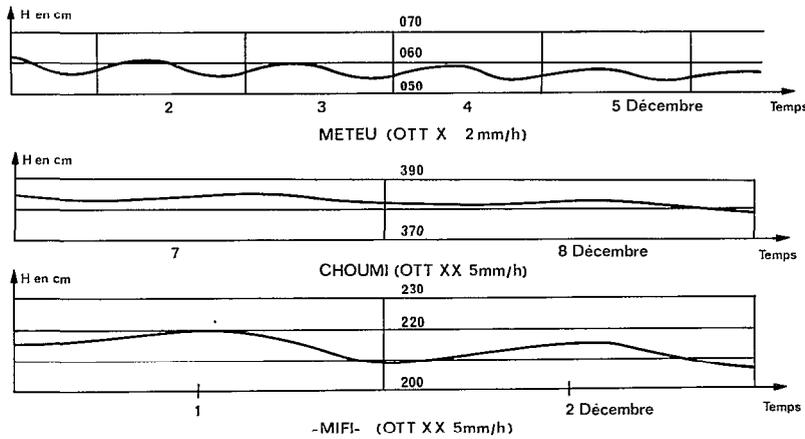


Fig. 23. — Limnigrammes

2.3. ETUDE DES VARIATIONS JOURNALIÈRES DE DÉBIT

La plupart des limnigrammes de saison sèche montrent, au cours de la journée, des variations de hauteurs d'eau qui se répètent d'une manière régulière. Ces variations ne montrent pas un simple ralentissement dans la décroissance des débits mais bien un gonflement de ceux-ci comparable à une petite crue dont le maximum dépasse en début de saison sèche de 10% le minimum antérieur (voir les limnigrammes de la figure 23).

Le phénomène a été analysé dans le détail et les variations piézométriques de la nappe en bordure de rivière ont été enregistrées. Le rôle de l'évapotranspiration dans la nappe sur une frange étroite de part et d'autre de la

rivière a été mis en évidence. Au cours de la nuit, il y a ralentissement ou même arrêt de l'évapotranspiration et, par suite, arrêt du pompage dans la nappe ; la décroissance des débits de tarissement devient nulle. L'arrêt du pompage par évapotranspiration permet une remontée du niveau piézométrique due à l'alimentation de la nappe par sa partie amont non soumise à l'évapotranspiration pendant la journée du fait de sa profondeur (en dessous de 3 m). *Il y a transfert au niveau de la rivière, avec un certain retard, des variations observées.* Le schéma de la figure 24 explique le processus :

1) A la fin de la nuit, le niveau de la nappe est à son maximum. Le débit fourni à la rivière est maximal.

2) Avec le lever du jour, la température s'élève, l'hygrométrie diminue, l'évapotranspiration va reprendre et se poursuivre toute la journée. Elle agit sur la nappe en pompant les réserves aquifères. Le niveau de la nappe diminue et, par suite, le débit fourni à la rivière (variation exponentielle).

3) A la tombée du jour, l'hygrométrie devient forte, l'évapotranspiration s'arrête. La nappe est à son niveau minimum et le débit fourni par la rivière est minimum. L'arrêt du pompage par l'évapotranspiration va permettre à la nappe de « récupérer ».

4) La nappe a progressivement « récupéré » son niveau maximum légèrement inférieur à celui de la veille. Le débit fourni à la rivière augmente de manière identique (variation exponentielle très nette sur les hydrogrammes).

Il faut souligner que le phénomène, observé dans d'autres régions, est beaucoup plus marqué en pays Bamiléké, ce qui en a permis l'interprétation. Les fortes amplitudes thermiques, l'existence de nappes de versant et l'importance des galeries de raphia favorisent l'observation du phénomène.

3. ÉTUDE DES CRUES

3.1. INTRODUCTION

L'étude des crues est évidemment liée à celle de la pluviométrie. Pour les grands bassins versants, c'est souvent l'ensemble des précipitations reçues pendant la saison des pluies qui détermine l'importance de la crue annuelle. Pour les petits bassins, une averse détermine une crue d'importance variable suivant l'état de saturation du sol. Pour les bassins intermédiaires comme la Mifi-Sud, dans la gamme des 1 000 km², c'est généralement un épisode pluvieux qui détermine une crue donnée. Le problème devient complexe et peut impliquer l'utilisation du calcul automatique.

Il n'y a fondamentalement aucune raison pour que les résultats de prédétermination de crues de fréquences données ne soient pas liés à la superficie des bassins, étant admis que l'épisode pluvieux de quelques jours des bassins intermédiaires passe graduellement soit à une averse ponctuelle lorsque le bassin devient suffisamment petit soit à la hauteur de précipitation annuelle lorsque le bassin devient suffisamment grand.

Les résultats proposés ici portent successivement sur l'étude des maximums annuels des grands bassins, puis sur celle des crues des petits bassins.

3.2. ÉTUDE DES CRUES MAXIMALES ANNUELLES DE GRANDS BASSINS

Comme pour les modules et les étiages, une étude statistique des maximums de crue implique une extension de l'échantillon. Aucune corrélation satisfaisante n'a pu être établie avec les maximums annuels du Noun à Bafoussam. Seules les corrélations obtenues à partir des onze années de la Metchié avec la Mifi ($r = 0,997$) et le Choumi ($r = 0,996$) ont pu être retenues. L'échantillon reste donc très réduit d'autant que la crue de 1971, exceptionnellement forte, vient « perturber » la répartition des autres valeurs ; les valeurs sont données ci-dessous en m³/s (en italique quand elles sont observées).

	1959	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Metchié	41,1	28,9	25,5	33,9	37,3	29,5	33,2	33,3	33,0	28,1	30,7
Mifi Bafounda	68,1	56,0	52,6	61,0	65,1	55,4	63,5	63,2	110	55,2	57,8
Choumi Banok	31,9	22,0	19,2	26,6	27,7	21,9	30,4	27,2	66,0	20,8	23,4
Mifi Bamoungoum	—	—	—	—	25,4	22,1	22,1	35,0	32,6	18,2	21,4

Les résultats de l'étude statistique sont donnés dans le tableau ci-après.

	Mifi Bafounda 854 km ²	Metchié chutes 480 km ²	Choumi Banok 360 km ²	Mifi Bamoungoum 307 km ²	Noun Bafoussam 4 700 km ²
(en m ³ /s) :					
Crue moyenne	59,8	32,6	25,1	25,3	303
décennale	66,5	39,3	30,6	33,4	382
vicennale	(75,0)	(46,5)	(38,0)	35,5	410
centennale	(110,0)	(83,0)	(66,0)	(40,0)	460
C 100/C 10	1,65	2,11	2,16	1,20	1,20
Coefficient de variation Cv	0,085	0,153	0,170	0,247	
(en l/s.km ²)					
Crue moyenne	70,0	67,9	69,7	82,4	63,9
décennale	77,8	81,9	85,0	109	80,5
vicennale	(87,8)	(96,9)	(106)	116	86,5
centennale	(129)	(169)	(183)	(130)	97,0

Plusieurs remarques peuvent être faites : la fréquence centennale a été attribuée à la crue de la mi-octobre 1971. Le coefficient de variation croît en fonction inverse de la superficie des bassins versants de la Mifi. L'irrégularité annuelle est faible pour les bassins dont les plaines d'inondation amortissent les crues et plus forts pour les bassins où l'écoulement ne subit pas d'effet tampon. Le rapport crue centennale / crue décennale est par contre plus faible pour la Mifi à Bamoungoum que pour les trois autres stations. Pour les bassins ayant des plaines d'inondation (Choumi à Banok, Metchié aux chutes, Mifi à Bafounda), l'effet de pluies exceptionnelles intenses et prolongées se traduit par un certain stade de remplissage des marais à partir duquel la circulation des eaux devient suffisamment rapide pour que l'effet amortisseur perde de son importance par rapport au volume des crues. Dans ce cas, il faut donc admettre que pour les fréquences rares la loi de distribution des crues devient très fortement hypergaussienne tout en conservant jusqu'à la fréquence décennale une distribution normale. De son côté, la Mifi à Bamoungoum se rattache aux bassins plus importants tributaires de la Sanaga dont les lois de distribution ne sont jamais aussi dissymétriques que pour les trois bassins cités plus haut.

3.3. ETUDE DE L'ÉCOULEMENT DES CRUES ET DE LEUR PRÉDÉTERMINATION SUR LES PETITS BASSINS REPRÉSENTATIFS

3.3.1. Introduction

Cette étude a porté sur quatre petits bassins versants :

- la Meteu à Baleng 29,4 km²
- la Chris à Mbo 18,8 km²
- la Mesap à Bangang 8,54 km²
- la Nat à Bandjoun 7,95 km²

et avait deux objectifs :

- préciser les caractéristiques de l'écoulement des averses et le rôle joué par divers paramètres, ainsi que la forme des hydrogrammes ;
- estimer à partir de ces résultats les crues et notamment leurs débits maximaux correspondant à des averses de fréquence donnée.

La recherche du premier de ces objectifs a été effectuée par la méthode des déviations résiduelles appliquée aux corrélations hydropluviométriques, avec introduction de paramètres secondaires significatifs (traduisant l'état de saturation du sol). Une étude de la dispersion des valeurs a permis de contrôler l'amélioration progressive des relations établies (avec corrections de paramètres secondaires). Selon le cas, la recherche de l'hydrogramme-type a été faite à partir du volume de ruissellement ou du volume d'écoulement. En effet, une des caractéristiques essentielles du pays Bamiléké est de produire des hydrogrammes de crue pour lesquels on ne peut pas mettre en évidence de ruissellement pur.

La détermination d'une fonction globale de transfert pluies-débits, indépendante de la hauteur de l'averse, va permettre le passage de l'averse de fréquence donnée à la crue correspondante, ce qui constitue le deuxième objectif de cette étude. On convient d'attribuer à la crue résultant d'une averse de récurrence donnée la même récurrence dans la mesure où tous les autres paramètres régissant l'écoulement ont des valeurs médianes. Pour de fortes valeurs de ces paramètres, l'hypothèse forte a été également envisagée.

Le coefficient d'abattement (pluie moyenne / pluie ponctuelle Bafoussam dont on connaît la distribution statistique) a été choisi arbitrairement égal à 0,95, ce qui va dans le sens de la sécurité pour la prédétermination des crues.

Etude des crues sur le bassin de la Meteu (29,4 km²)

Soixante-dix événements averse-crue ont été étudiés. L'analyse de différentes corrélations hydro-pluviométriques permet une bonne analyse des facteurs de l'écoulement sur ce bassin. L'étude de $H_c = f(P_u)$, (P_m) et $H_r = f(P_u)$, (P_m) (1) a été dans chaque cas suivie de l'introduction de facteurs secondaires et tertiaires. Nous citons ceux-ci pour mémoire : indice d'humidité I_k , hauteur de précipitations antérieures cumulées PQ, débit de base initial de la crue Q_0 qui donne de bons résultats mais ne ressortit pas directement de la chronique des pluies, KP facteur d'hétérogénéité de l'averse. Le meilleur paramètre secondaire est le produit $(PQ \times I_k)$ qui montre que l'écoulement des averses est d'autant plus fort que l'on est plus avancé dans la saison des pluies (PQ) et que de fortes averses sont tombées les jours précédant la crue (I_k).

La séparation des écoulements étant possible dans le cas de la Meteu, nous avons retenu la relation $H_r = f(P_u)$ et en correction $(PQ \cdot I_k)$ (fig. 25 à 27).

La construction de l'hydrogramme-type a été faite suivant les méthodes classiques à partir de 8 crues unitaires. A partir de la pluviométrie journalière de Bafoussam de fréquence donnée, on obtient alors les débits maximaux correspondants dans le cas des hypothèses moyenne et forte.

Période de retour	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans
P mm Bafoussam	68	78	86	95
P_m	65	74	82	90
P_u	43	47	50	54
Hypothèse moyenne Q_{max} ($PQ \cdot I_k = 45 \cdot 10^{-2}$ mm)	7,69	8,82	9,65	11,2 m ³ /s
Hypothèse forte Q_{max} ($PQ \cdot I_k = 450 \cdot 10^{-2}$)	11,4	12,5	13,3	14,9 m ³ /s

En conclusion, la crue décennale la plus probable doit atteindre un maximum compris entre 10 et 11 m³/s.

Etude des crues de la Chris à Mbo (18,8 km²)

Cinquante-neuf événements averses-crues ont été étudiés. L'analyse de la décrue ne permet qu'exceptionnellement la séparation d'un hydrogramme de ruissellement. La prédétermination des crues a été obtenue à partir de H_c et de la construction d'un hydrogramme-type d'écoulement. Les temps de montée et temps de base, plus longs que pour la Meteu, montrent que l'on se trouve en présence de « ruissellement retardé ». Le bassin de la Chris est probablement le plus représentatif du plateau Bamiléké. La méthodologie employée reste la même que précédemment et la crue décennale atteint un maximum compris entre 7 et 7,5 m³/s.

Etude des crues de la Mesap à Bangang (8,54 km²)

Quarante-neuf événements averses-crues ont été analysés. Les crues sont relativement complexes. Faute de corrections valables par des paramètres secondaires, nous avons considéré la courbe moyenne $H_r = (P_m)$ et, dans le sens de l'hypothèse forte, la courbe enveloppe supérieure. Après construction de l'hydrogramme-type, la prédétermination de la crue décennale permet de situer le maximum le plus probable entre 5 et 6 m³/s.

(1) H_c : lame écoulée en mm ; H_r = lame ruisselée ; P_m = pluie moyenne ; P_u : pluie utile (tombée avec une intensité supérieure à 12 mm/h).

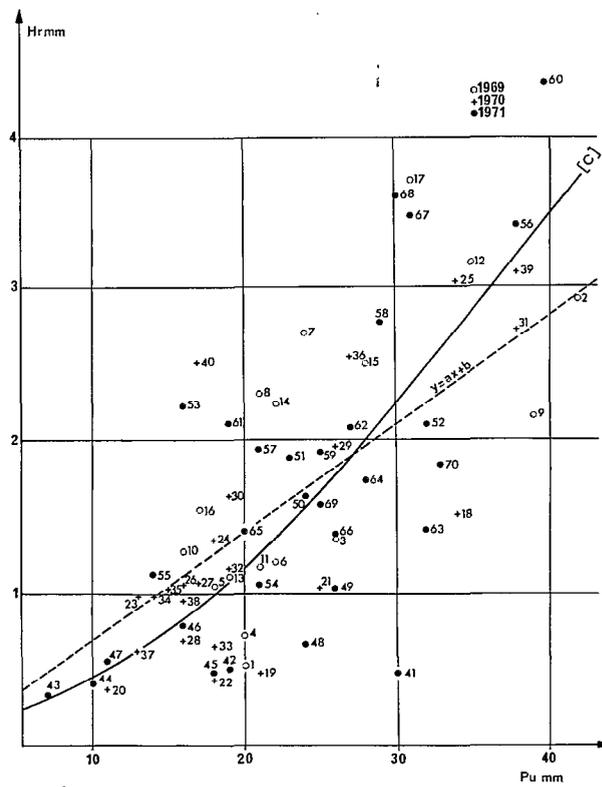


Fig. 25. — Meteu à Baleng. Correspondance lame ruisselée — pluie utile

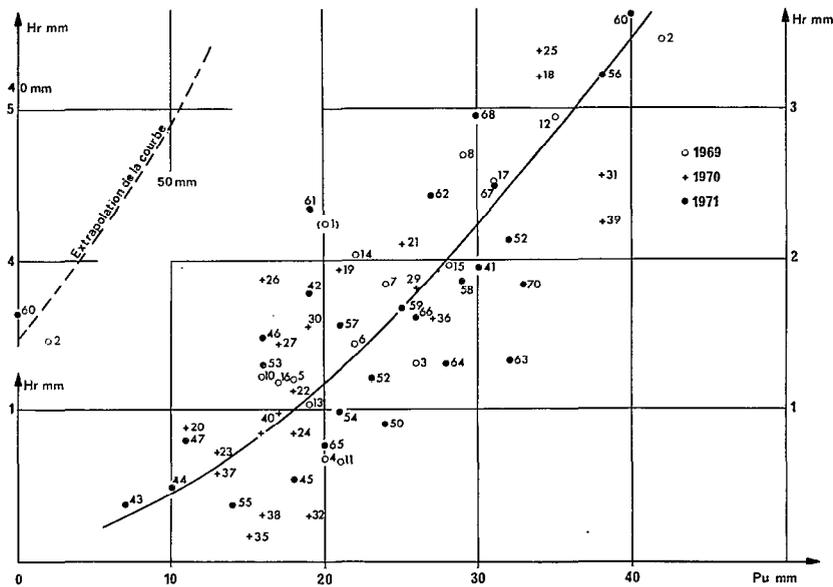


Fig. 26. — Meteu à Baleng. Etude de la lame ruisselée H_r . Correction par $(P_Q \times 10^{-2})$

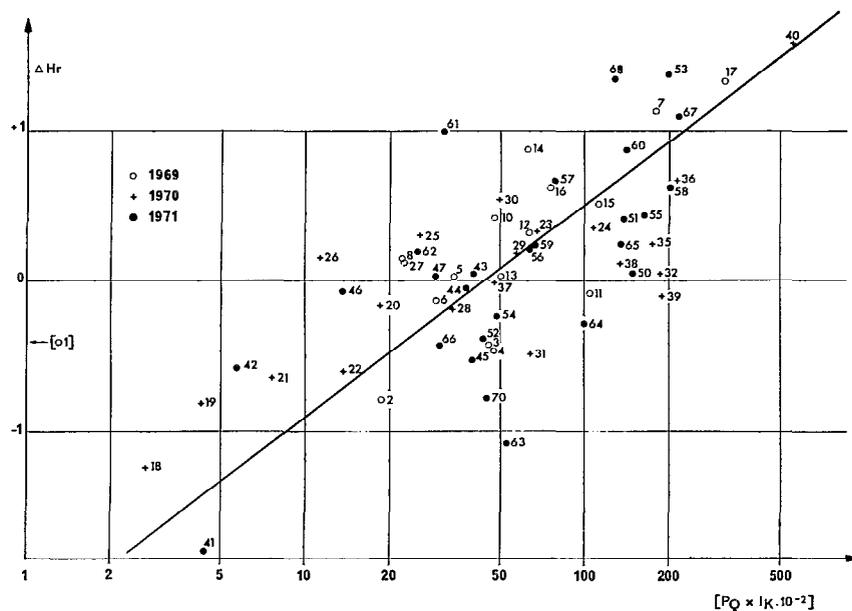


Fig. 27. — Meteu à Baleng. Correspondance lame ruisselée — pluie utile après correction par $(P_Q \times 1_K \cdot 10^{-2})$

Etude des crues de la Nat à Bandjoun (7,95 km²)

Trente-cinq événements averses-crues ont été analysés. Comme dans le cas de la Mesap, les crues sont souvent complexes. Après divers essais de corrélations hydropluviométriques, nous avons retenu la courbe moyenne $H_e = f(P_m)$ et ses courbes enveloppes. A partir des caractéristiques moyennes de crues unitaires, le maximum de la crue décennale la plus probable a été estimé à environ 4 m³/s.

Conclusions sur la prédétermination des crues des petits bassins versants

Excepté le cas de la Meteu où la partie cristalline du bassin entraîne un ruissellement pur, on peut penser qu'il y a, pour les bassins situés sur une couverture basaltique, intégration d'écoulements retardés de divers types en un écoulement global dit « ruissellement retardé » dû davantage à la densité des cultures qu'à la relative perméabilité des sols dérivés des basaltes. Le dessin des billons, perpendiculaires à la pente, est une des causes essentielles du retard à l'écoulement.

De la comparaison avec l'ensemble des mesures réalisées au Cameroun sur petits bassins versants, il ressort très nettement que les pointes de crues de fréquence donnée sont plus faibles en pays Bamiléké. Ni la végétation, ni les pentes n'apportent d'incidence plus déterminante que la nature des sols et surtout leur mise en cultures extensives, sur l'étalement des pointes de crues. De plus, il faut souligner que l'averse journalière de récurrence donnée est généralement plus faible en pays Bamiléké. Ceci semble exclure l'occurrence de crues catastrophiques dans cette région. Il n'est pas superflu de souligner par ailleurs que des précipitations importantes ne donneront de fortes crues que si un certain seuil de précipitations a été atteint (rôle de P_Q). Ce seuil est généralement atteint en juillet et porte sur environ 900 mm. Il correspond à la reconstitution des réserves des nappes. Ceci est également valable pour les grands bassins de la Mifi (voir fig. 12, 13, 14).

3.4. CARACTÉRISTIQUES DES CRUES ET DE LEUR ÉCOULEMENT SUR LE BASSIN DE LA MIFI-SUD

Le tableau XII récapitule l'ensemble des résultats concernant la crue annuelle et la crue décennale pour les stations de la Mifi-Sud et quelques autres stations du bassin de la Sanaga. La figure 28 en donne la représentation en débits spécifiques.

Le calcul des coefficients d'écoulement des hydrogrammes de crues montre des valeurs extrêmement faibles.

Pour des pluies moyennes de 30 à 80 mm, on a retenu les valeurs moyennes (juillet-août) et fortes (septembre-octobre) suivantes :

Nat	valeurs moyennes	3 à 6,5%	fortes	8 à 10%
Mesap	»	3 à 5	fortes	6 à 10%
Chris	»	5 à 7	fortes	6 à 9%
Meteu	»	7 à 13	fortes	10 à 18% (ruissellement pur 8%)
Choumi Bamendou	»	de 10	à	18%
Wassa Banok	»	entre 7	et	15%

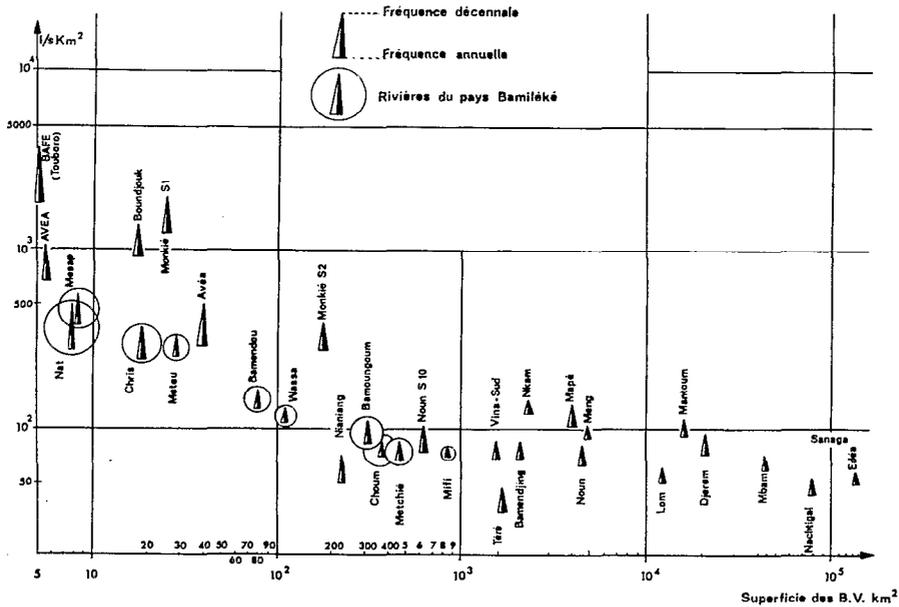


Fig. 28. — Débits spécifiques de crue de fréquences annuelle et décennale, et superficies des bassins versants

TABLEAU XII
DÉBITS DE CRUES DANS L'OUEST ET SUR LE BASSIN DE LA SANAGA

Bassins	S km ²	Crue annuelle		Crue décennale	
		m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²
Nat à Bandjoun	7,95	2,20	278	4	500
Mésap à Bangang	8,54	3,29	384	5	585
Chris à Mbo	18,8	4,67	248	7	370
Meteu à Baleng	29,4	7,69	262	10,5	350
Choumi à Bamendou	80	(10,4)	(130)	(12,8)	(160)
Wassa à Banok	119	(13,1)	(110)	(15,5)	(130)
Mifi Bamoungoum	306	25,3	82,4	33,4	109
Choumi Banok	360	25,1	69,7	30,6	85,0
Metchié chutes	480	32,6	67,9	39,3	81,9
Mifi confluent Bafounda	854	59,8	70	66,5	77,8
Noun Bamendjin	2 190	150	68,5	190	85,7
Noun Bafoussam	4 700	303	63,9	382	80,5
Mape Magba	4 020	410	102,0	520	129,4
Mbam Goura	42 300	2 555	60,4	3 010	71,1
Sanaga Nachtigal	76 000	3 470	45,7	4 010	52,8
Sanaga Edéa	131 500	6 625	50,4	7 440	56,6

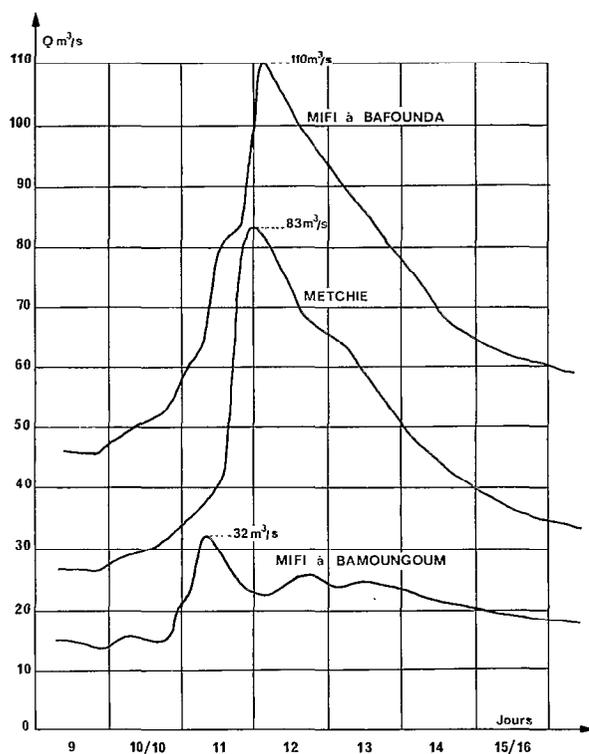


Fig. 29. — Crues de la Mifi et de la Metchie aux stations de Bafounda, Bamoungoum et des chutes à la mi-octobre 1971

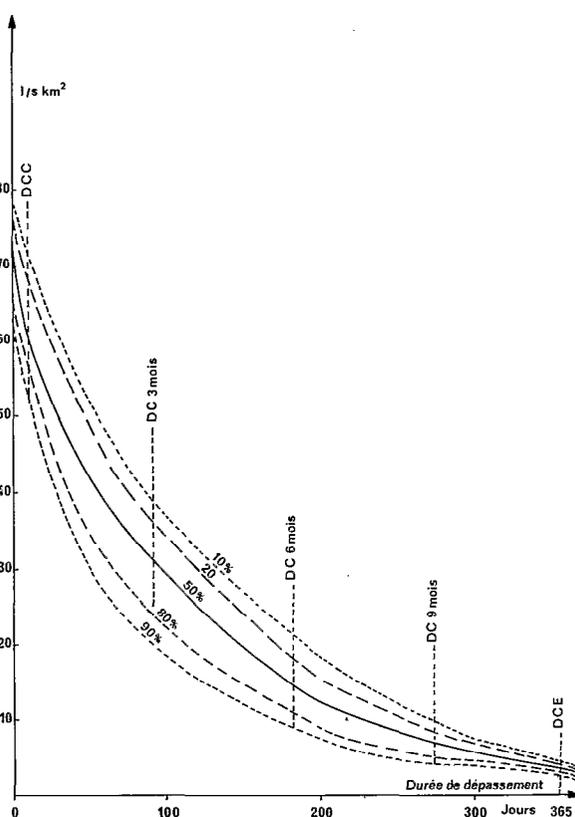


Fig. 30. — Débits spécifiques caractéristiques de diverses fréquences sur le bassin de la Mifi Sud

Mifi Bamoungomu	valeurs moyennes	de 4 à 8%	et jusqu'à 15%
Choumi Banok	valeurs entre	10%	et 16%
Metchié aux chutes	valeurs	de 6% à 12%	
Mifi Bafounda	valeurs moyennes	3 à 6%	et jusqu'à 8%

Exceptionnellement pour la crue du 10 octobre 1971, on a observé 24% d'écoulement pour le Choumi à Banok, 20% sur la Metchié et 19% sur la Mifi au confluent (Bafounda). Rappelons que la fréquence de cette crue est probablement plus que centennale (fig. 29).

D'aussi faibles pourcentages d'écoulement des crues n'ont jamais été observés sur d'autres bassins versants au Cameroun. Nous nous répéterons en disant que la mise en culture systématique des sols relativement perméables dérivés de la couverture basaltique est responsable de ce particularisme du pays Bamiléké. Billons et travaux agricoles réguliers concourent à favoriser l'infiltration des précipitations qui sont :

- soit mises en réserve et restituées avec retard pour l'alimentation des débits de base ;
- soit disponibles pour l'évapotranspiration.

Il serait trop long de refaire ici l'historique de quelques événements avec crue particulièrement significatifs. La genèse des crues sur le grand bassin de la Mifi-Sud est complexe, en grande partie :

— Du fait de l'importance du décalage entre le maximum de crue de la Metchié et de la Mifi à Bamoungoum. Ainsi le temps de réponse varie pour cette dernière de 8 à 13 heures, alors qu'il est de 28 à 36 heures pour la Metchié, de 20 à 26 heures pour le Choumi à Banok et autour de 20 heures pour la Wassa et le Choumi à Bamendou. Le temps de base de la crue est d'environ 3 jours pour la Mifi à Bamoungoum et de plus de 6 jours pour les autres stations. L'existence de zones d'inondation pour ces dernières explique ce décalage.

— Du fait de la composition pour un même bassin de plusieurs hydrogrammes de crue résultant d'averses successives, le plus fréquemment on doit considérer un épisode pluvieux de plusieurs jours.

D'autres facteurs doivent être pris en compte (répartition des pluies, conditions de saturation, dans le temps et dans l'espace etc.). La mise au point d'un tel modèle implique le calcul automatique et sort du cadre de cette étude. En outre, les résultats acquis, notamment en ce qui concerne la prédétermination des crues, constituent à notre sens, une approche relativement précise du problème.

4. AUTRES MESURES ET CONCLUSIONS

4.1. TRANSPORTS SOLIDES EN SUSPENSION

On a été amené à mesurer les transports solides en suspension sur le Mbam ; aucune mesure directe n'a été faite sur la Mifi-Sud. Cependant, en comparant les résultats du Mbam à ceux de la Sanaga, qui correspondent à une géomorphologie sensiblement identique, on s'aperçoit que la dégradation spécifique est 3 fois plus importante pour le Mbam (85 t/km².an contre 28 t/km².an sur la Sanaga). Les concentrations restent fortes au cours de la saison des pluies alors qu'elles diminuent sur la Sanaga en juillet (concentration moyenne Mbam : 160 g/m³, Sanaga : 58 g/m³).

Bien que n'intervenant que pour 10% de la superficie du B.V. du Mbam, l'ensemble Bamiléké suffit à expliquer ces différences d'érosion. Les zones de cultures favorisent l'érosion et la dégradation spécifique globale du pays Bamiléké serait de 600 t/km².an ($C_m = 950 \text{ d/m}^3$). Compte tenu des nombreux bassins pour lesquels il y a décanation des matières en suspension dans les zones marécageuses, c'est un minimum de 2 000 t/km².an qu'il faut envisager sur la Mifi à Bamoungoum.

Sur les 6 000 000 de tonnes de limons et argiles apportés par la Sanaga à l'océan, 2 500 000 tonnes proviennent du pays Bamiléké.

4.2. ANALYSES CHIMIQUES DE L'EAU

Les eaux des rivières de la Mifi-Sud sont extrêmement peu chargées, au même titre que les autres rivières du Sud-Cameroun. Les variations saisonnières, ou d'une rivière à l'autre, ne sont pas significatives du fait des très faibles concentrations ($\text{SO}_4 \text{ Cl}^-$ de 0,02 à 0,01 meq/l) (Ca, Mg, Na + K de 0,3 à 0,1 meq/l) (HCO_3 de 0,2 à 0,6 meq/l).

4.3. ETUDE DES NAPPES

Leur rôle a été évoqué largement dans l'étude des basses eaux. L'ensemble des mesures piézométriques réalisées montre que l'écoulement de la nappe se fait toujours, quelle que soit la saison, dans le sens nappe-rivière. La rivière constitue donc le point bas des nappes et leur axe de drainage. En saison des hautes eaux, les observations ne mettent pas en évidence de recharge de la nappe à partir de la rivière.

4.4. CONCLUSIONS

Les rivières du pays Bamiléké sont caractérisées par :

- un module spécifique interannuel de 20 l/s.km² ;
- une lame écoulée de 600 à 650 mm ;
- un coefficient moyen d'écoulement annuel de 37% ;
- une évapotranspiration réelle annuelle de 1 000 à 1 100 mm pour des bassins d'altitude moyenne supérieure à 1 500 m ;
- des étiages absolus médians supérieurs à 2 l/s.km², pouvant descendre jusqu'à 1 l/s.km² pour les petits bassins ;
- un coefficient de tarissement moyen de l'ordre de 0,02 j⁻¹, qui traduit l'existence de petites nappes de versant alimentant les débits d'étiages ;
- des débits spécifiques maximaux annuels de crue compris, pour des bassins de 854 km² à 8 km², entre 70 et 400 l/s.km² pour l'année médiane, entre 78 et 600 l/s.km² pour l'année décennale. Ces débits de crue sont les plus faibles que l'on ait observés au Cameroun, de même que les coefficients d'écoulement des crues compris généralement entre 5 et 10%.

Le particularisme de certains de ces facteurs qui font l'originalité du pays Bamiléké est principalement lié à la mise en cultures extensives du pays et à la relative perméabilité des sols, tous facteurs qui favorisent l'infiltration des précipitations.

La figure 30 résume l'étude fréquentielle des débits spécifiques de la Mifi-Sud.