

# FLEUVES ET RIVIÈRES DU CAMEROUN

Le Cameroun présente une grande variété de régions géographiques caractérisées par des facteurs climatologiques, géologiques et botaniques très différents.

L'hydrologie du territoire est intimement liée à ces paramètres et les caractéristiques principales des régimes représentés en sont directement fonction.

On retrouve la même diversité dans le réseau hydrographique : les collecteurs des cours d'eau camerounais aboutissent en des points souvent très éloignés les uns des autres.

## a. Hydrographie

On peut distinguer quatre ensembles d'importance très inégale (fig. 1) :

- 1° Les tributaires du Congo;
- 2° Les fleuves se jetant directement dans le golfe de Guinée;
- 3° Les tributaires du Niger;
- 4° Les tributaires directs ou indirects du lac Tchad.

### I. — TRIBUTAIRES DU CONGO

Deux grands affluents de la Sangha drainent le Sud-Est du territoire : la Ngoko et la Kadeï.

**a. La Ngoko** est formée par la réunion du *Dja* et de la *Boumba*.

Le *Dja* prend naissance vers la cote 800 sur le plateau situé au Sud d'Abong Mbang. Il se dirige d'abord vers l'Ouest et, après un coude très accentué, coule vers l'Est pendant 200 kilomètres. Il prend alors la direction générale Sud-Est jusqu'à la Sangha où il se jette sous le nom de *Ngoko* qui est le sien depuis la réception de la *Boumba* (peu avant Moloundou).

Le profil en long du *Dja* est mal connu; la première partie de son cours présente une pente générale assez faible, n'excluant pas des accidents locaux. A une distance de 180 kilomètres de Fort-Soufflay, la pente s'accroît, le *Dja* rejoignant la cuvette congolaise dont il atteint le niveau de base, 360 mètres, à une vingtaine de kilomètres à l'amont de cette localité. Dans cette section du cours on retrouve une série de rapides et de chutes (chutes Cholet). A son confluent avec la *Boumba*, son bassin versant couvre environ 40.400 kilomètres carrés; à son arrivée dans la Sangha il est de 76.000 kilomètres carrés.

La *Boumba* prend sa source non loin de celle du *Dja*, mais son parcours est beaucoup plus direct et son profil en long beaucoup plus régulier. Le seul affluent important de la *Boumba* est le *Bok*, dit localement *Tséné Makanda*, sur la rive droite.

Ces cours d'eau forestiers traversent des régions très peu peuplées, au développement économique encore très lent. Ils sont utilisés localement pour la pêche à une très petite échelle; la *Ngoko* présente un certain intérêt pour la navigation; leur régime participe à la fois du régime équatorial de transition et du régime équatorial pur.

**b. La Kadeï** (dite aussi *Kadé*) est une rivière de savane qui prend sa source vers la cote 1000, dans les contreforts Sud-Est de l'Adamaoua. Elle conserve la direction générale Nord-Sud jusqu'à la rencontre de son principal affluent, la *Doumé*, à 50 kilomètres à l'aval de Batouri. La *Kadeï* prend alors la direction générale Ouest-Est jusqu'à sa sortie du Cameroun. En ce point elle est alimentée par un bassin de 23.800 kilomètres carrés.

### 2. — FLEUVES SE JETANT DANS LE GOLFE DE GUINÉE

C'est l'ensemble le plus étendu situé presque en totalité sur le territoire camerounais. On y distingue trois séries de bassins d'importance très inégale :

- a. Les fleuves côtiers de l'Ouest;
- b. La Sanaga;
- c. Les fleuves côtiers du Sud.

**a. Fleuves côtiers de l'Ouest :**

Le *Mungo* prend sa source dans le Cameroun de langue anglaise au Nord du mont Koupé. Ce petit fleuve a une pente très forte dans son cours supérieur et très faible à partir de la frontière. Il se jette dans le golfe de Guinée entre le cap Cameroun et Douala, par un immense delta qu'il partage avec le *Wouri*. En ce point, son bassin versant est de 4.000 kilomètres carrés.

Le *Wouri* est le cours d'eau principal du Sud-Ouest, et draine toute la partie Sud du pays Bamiléké. Il est formé par la réunion du *Nkam* et du *Makombé*.

Le *Nkam* par son affluent la *Ménoua* descend des monts Bambouto (altitude 2.600 m). Sa pente est très rapide dans son cours supérieur où il franchit les chutes bien connues d'Ekou au Sud de la route de Bafang, près de Nkongssamba. La pente s'atténue un peu, s'accroît à nouveau entre les cotes 500 et 200, et diminue avant le confluent de la *Makombé*.

La *Makombé* est constituée par un éventail de petits cours d'eau à très forte pente prenant leur source dans le massif de Bana entre les cotes 2.000 et 800 mètres. La rivière principale a un cours beaucoup moins rapide.

Le *Wouri* qui prolonge la *Makombé* (direction Sud-Ouest) a une pente très faible. Il passe à Yabassi, reçoit la *Dibombé*, important affluent rive droite, et se jette dans le golfe de Guinée par un immense estuaire envasé où ont été aménagés le port de Douala et son annexe de Bonabéri. Les chalands remontent jusqu'à Yabassi. Le bassin versant du *Wouri*, à Douala, a une superficie de 11.500 kilomètres carrés.

La *Dibamba* est formée par la réunion de l'*Ebo*, de l'*Ekem* et de la *Dibamba* proprement dite. De nombreuses chutes coupent le cours de ces petites rivières : la dernière, très spectaculaire, se trouve à quelques kilomètres en amont du pont de Bonépoupa. La *Dibamba* se termine au Sud de Douala : son bassin est alors de 2.700 kilomètres carrés.

La pêche est activement pratiquée dans ces trois rivières dont le cours inférieur est navigable. Les cours supérieurs du *Mungo*, et surtout du *Wouri*, pourraient permettre d'importants aménagements hydroélectriques.

### b. La Sanaga.

C'est le plus grand fleuve du Cameroun. Drainant tout le versant Sud de l'Adamaoua et le versant Est de la chaîne occidentale, jusqu'aux monts Bambouto, il est formé par la réunion du *Lom* et du *Djérem*.

Le *Djérem* prend naissance sur le plateau de l'Adamaoua, château d'eau le plus important du Cameroun, vers 1.100 mètres d'altitude, 10 kilomètres au Nord de Meiganga. Il coule vers l'Ouest pendant 180 kilomètres avec une forte pente. Puis, au confluent avec son principal affluent rive droite, le *Meng*, vers l'altitude 750-800 mètres, il tourne brusquement vers le Sud-Sud-Ouest, traversant, jusqu'à son confluent avec le *Lom*, des savanes presque désertes. Le *Djérem* reçoit deux affluents importants sur sa rive droite :

— la *Vina du Sud*, issue des montagnes à l'Est de Ngaoundéré vers 1.600 mètres. Sa pente est forte et sa vallée peut se prêter à des aménagements hydro-électriques à quelques kilomètres de Ngaoundéré;

— le *Béli* ou *Meng*, qui prend sa source dans la chaîne frontière vers 2.000 mètres d'altitude au Nord-Nord-Est de Banyo à faible distance des sources du *Mbam*. La partie supérieure de son cours est d'accès difficile, à pente très forte; il passe à Tibati avant de se jeter, 30 kilomètres plus loin, dans le *Djérem*.

Le *Lom* prend naissance en Oubangui sur la bordure Sud-Est de l'Adamaoua vers la cote 1.200, au Nord-Est de Meiganga. Il traverse jusqu'à Bétaré Oya des régions presque aussi désertes que la vallée du *Djérem*. Le *Lom* ne reçoit qu'un affluent important, le *Pangar* (rive droite), 35 kilomètres en amont de son confluent avec le *Djérem*.

La Sanaga, après ce confluent qui lui donne naissance, prend la direction générale Ouest-Sud-Ouest jusqu'à la mer. Elle coule d'abord au milieu d'une assez large galerie forestière; sa pente est faible puisque, dans le secteur de Nanga Eboko, elle est navigable. Puis sur 20 kilomètres en amont des chutes de Nachtigal, elle se dénivelé de près de 100 mètres. Elle reçoit, sur sa rive droite, le *Mbam* à la cote 380 et entre en forêt. La Sanaga traverse alors le système montagneux assez complexe qui, du plateau Bamiléké, rejoint ceux de l'Ouest de l'Oubangui en passant par Yaoundé et Bertoua. Du confluent du *Mbam* jusqu'à Edéa, elle descend de 370 mètres sur 170 kilomètres par des séries de chutes et de rapides dont les plus belles sont les chutes Herbert et d'Edéa. Le bief est probablement le plus important de tout le Cameroun au point de vue énergétique puisque le plafond théorique de productibilité hydroélectrique est de 55 milliards de kilowatts-heure par an. Actuellement, les 1.200 millions de kilowatts-heure de l'aménagement d'Edéa alimentent les réseaux urbains d'Edéa et de Douala, ainsi que la puissance industrie de transformation de bauxite, ALUCAM.

A l'aval d'Edéa, la Sanaga entre en plaine et se jette dans le golfe de Guinée à 65 kilomètres des chutes. Son bassin versant est alors de 140.000 kilomètres carrés.

Depuis le confluent *Djérem-Lom* jusqu'à la mer, la Sanaga ne reçoit qu'un seul affluent notable, le *Mbam*, qui roule un volume annuel égal à 65 % de celui de la Sanaga à l'amont du confluent.

Le *Mbam* prend sa source vers 1.900 mètres d'altitude dans les montagnes constituant la frontière avec le Nigéria au Nord-Nord-Est de Banyo. Il descend rapidement en suivant une direction générale Nord-Sud et, après un parcours de 100 kilomètres, traverse Ouest-Sud-Ouest la plaine des Tikar entre les cotes 700 et 600 jusqu'au confluent de la *Mapé*. Il reçoit là une série de petits affluents rive droite issus de la chaîne frontière, dont le *Darlé*.

Après la *Mapé*, il prend la direction générale Nord-Sud jusqu'au confluent du *Noun* descendant progressivement de 650 à 500 mètres; il reçoit deux affluents importants : le *Kim* sur la rive gauche qui vient de la région de Yoko et le *Noun* sur la rive droite qui, issu des montagnes proches à l'Ouest de la frontière vers 2.000 mètres d'altitude, draine de hauts biefs marécageux et descend très rapidement du Nord au Sud jusqu'à l'Est de Bafoussam. Puis la pente diminue et la direction s'infléchit vers le Sud-Est.

Un peu avant Bafia, le *Mbam* forme un coude de très grand rayon, reçoit le *Ndjim* sur sa rive gauche et conflue avec la Sanaga à la cote 380 après un parcours de 400 kilomètres. Son bassin versant au confluent est de 40.000 kilomètres carrés.

### c. Les Fleuves côtiers du Sud.

Une série de fleuves côtiers d'importance très inégale se jettent dans l'Océan Atlantique, entre l'estuaire de la Sanaga et la frontière de la Guinée espagnole; ce sont du Nord au Sud : le *Nyong*, la *Lokoundjé*, la *Kienké*, la *Lobé* et le *Ntem*.

Le *Nyong* ou *Nlong* est un fleuve important. Il prend naissance à l'Est d'Abong Mbang sur le grand plateau mamelonné situé au Sud-Est du territoire, vers la cote 700. Il suit la direction générale Ouest-Sud-Ouest jusqu'à Mbalmayo, soit à peu près à mi-chemin de son cours. Dans ce secteur amont, la pente est très faible, le fleuve est même navigable, mais la totalité du lit est encombré de plantes aquatiques.

Peu après Mbalmayo, le *Nyong* commence à descendre vers la mer par une série de chutes dont les plus importantes sont celles de Makak et de Njok : ce bief est particulièrement intéressant pour la production d'énergie électrique. Puis le fleuve entre en plaine, s'infléchit vers le Sud-Ouest pour se jeter dans l'Océan après un parcours de 520 kilomètres. Son bassin versant est de 29.000 kilomètres carrés à l'estuaire.

La *Lokoundjé* est un petit fleuve côtier (160 km) qui prend naissance en bordure du plateau. Elle descend par une série presque continue de rapides et de chutes jusqu'à l'Océan.

La *Kienké* et la *Lobé* sont encore moins importantes. La *Lobé* présente des chutes spectaculaires à son estuaire au Sud de Kribi. En plusieurs points de son cours, la *Lobé* dont le bassin est très arrosé présente des sites intéressants pour des aménagements hydroélectriques.

Le *Ntem*, plus important que le *Nyong*, traverse des régions bien moins peuplées et mal connues. Il prend sa source au Gabon vers la cote 1.100. Sa direction générale Ouest-Nord-Est s'infléchit vers l'Ouest à sa sortie du Gabon avec lequel il forme frontière pendant 30 kilomètres puis quitte le plateau : c'est sur ce tronçon que se trouvent les chutes de Nyabésan. Il se divise ensuite en deux bras, *Bongola* et *Campo*, dont le plus méridional est limitrophe de la Guinée espagnole. Ils se réunissent avant de se jeter dans l'Océan, à *Campo*, après un parcours de 360 kilomètres, ayant drainé un bassin de 31.000 kilomètres carrés.

Parmi ses affluents, peu importants, le *Kom* semble être ou avoir été en contact avec l'*Ayina*, de direction opposée (bassin de l'*Ogowé*) par un large couloir marécageux que révèlent les cartes les plus récentes; il suggère une capture qu'il serait intéressant de définir.

### 3. — LA BÉNOUÉ

Ce tributaire du Niger est le grand fleuve du bassin soudanien du Nord dont les cours d'eau presque à sec pendant la longue saison sèche débordent largement pendant les trois mois de hautes eaux. La Bénoué a joué un rôle très important dans l'histoire géologique de cette partie de l'Afrique. Elle a plusieurs fois servi d'exutoire à la cuvette tchadienne et la capture très partielle du Logone en est une modeste survivance; les faibles pentes, la largeur de sa vallée, l'épaisseur de ses alluvions et de celles du mayo Kébi prouvent son importance passée.

La Bénoué prend sa source au lieu-dit Hamam Adam, à 1.300 mètres d'altitude, dans les monts Mbang, à 25 kilomètres du Nord de Ngaoundéré, à 2 kilomètres de la Bini qui plus loin deviendra la *Vina*, branche mère du Logone.

C'est alors un ruisseau descendant presque aussitôt l'Adamaoua de 1.300 à 700 mètres. Elle conserve encore une pente assez forte avec rapides et cascades jusque vers le village de Bogouma où elle entre dans la plaine à la cote 250 correspondant au niveau de base de l'ancienne Bénoué. Elle reçoit alors une série de petits affluents en éventail : le *Rey* et la *Lissaka* qui drainent le versant Nord de l'Adamaoua, le *Tchina* venant du Tchad, sur la rive droite; le *Mbay* formé par les mayo *Sala* et *Boki* sur la rive gauche. Ces rivières drainent la région encore montagneuse située au Nord de l'Adamaoua. La Bénoué traverse alors les gorges de Lagdo et, gardant la direction Sud-Est-Nord-Ouest, rencontre sur sa rive droite le mayo *Kébi*, ancienne vallée principale dont le volume annuel roulé ne correspond plus qu'au tiers de celui de la Bénoué. La pente est très faible : 0,08 ‰; le lit majeur, large de plusieurs kilomètres, comporte de nombreux lacs et marécages. Après un parcours total de 350 kilomètres, la Bénoué reçoit sur sa rive gauche le *Faro*, puis quelques kilomètres après, en rive droite, un affluent secondaire, le *Tiel*, et entre en Nigéria; son bassin versant est alors de 92.000 kilomètres carrés.

Les deux affluents principaux de la Bénoué, au Cameroun, sont le Kébi et le Faro.

Le mayo *Kébi* est un curieux cours d'eau : ancien émissaire de la cuvette tchadienne, il ne présente pas une origine bien nette. En fait, il part du lit majeur du Logone dont il collecte une partie des eaux vers le maximum de la crue annuelle. Il forme une série continue de lacs et d'étangs dont les plus importants sont les lacs de Fianga et de Tikem (altitude 330 m), entre lesquels s'insère un second affluent au cours imprécis, quittant le Logone à Eré, et qui reçoit du Sud un petit cours d'eau, la *Kabia*. C'est la dépression d'Eré qui présente, de beaucoup, le plus fort débit.

A la sortie du Lac de Tikem, le lit du Kébi devient plus net. Il oblique vers l'Ouest, passe un seuil granitique à Mbourao et rejoint le niveau de base de la Bénoué par les célèbres chutes Gauthiot. Il forme ensuite deux lacs : celui de Tréné et le grand lac de Léré, rencontre ses trois principaux affluents, les mayo *Binder*, *Louti* et *Oulo* puis, par une ancienne gorge à moitié remblayée, rejoint la Bénoué à la cote 230.

Le Kébi a une très faible pente et ses affluents présentent un régime torrentiel (« mayo Louti » signifie « rivière folle ») : à chaque crue de ces affluents, le flot, perpendiculaire au lit principal, s'y partage au confluent en deux parties, l'une allant vers l'amont, l'autre vers l'aval; dès que la crue diminue, l'écoulement du Kébi redevient normal. Les alluvions des mayo *Binder*, *Louti* et *Oulo*, véritables torrents, s'élèvent en bourrelets perpendiculaires au talweg du mayo Kébi, et ont ainsi contribué à former le lac de Léré.

Le *Faro*, rivière caractéristique de l'Adamaoua, est presque aussi important que la Bénoué. Il prend sa source vers la cote 1.000, serpente sur le plateau vers la cote 900, puis descend par des séries de cascades et rapides spectaculaires mais peu connus, jusque vers la cote 450, à 220 kilomètres de sa source; la pente diminue; il rencontre ensuite son principal affluent, le *Déou*, se dirige vers le Nord, dans un lit très large encombré de bancs de sables. Vers l'aval, il se sépare en trois bras qui se rejoignent avant le confluent avec la Bénoué vers la cote 170. Son bassin versant est de 29.000 kilomètres carrés. Les alluvions transportées par le *Faro* perturbent complètement le lit de la Bénoué qu'ils encombreront de sable sur environ 200 kilomètres en aval.

La Bénoué est navigable pendant cinquante-cinq jours en moyenne, depuis Garoua; avec le Kébi, elle offre des possibilités intéressantes de régularisation. Les inondations dans le lit majeur permettent d'importantes cultures d'arachides et de mil repiqué.

### 4. — TRIBUTAIRES DU LAC TCHAD

Ces cours d'eau forment trois groupes aux caractères très différents : le Logone, les mayo de la région de Maroua, l'El Beïd.

Le *Logone* : sa branche mère est la *Vina* qui, sous le nom de *Bini*, prend sa source non loin de celle de la Bénoué, au Nord de Ngaoundéré. Par une région très peu connue, elle descend Est-Nord-Est vers la plaine du Tchad par des rapides ou cascades séparant des biefs calmes, jusqu'au confluent avec la *Mbééré* (cote 478).

La *Mbééré*, affluent très important de la rive droite, prend également sa source sur le plateau de l'Adamaoua, entre Ngaoundéré et Meiganga vers 1.200 mètres. Elle s'installe plus loin dans un fossé d'effondrement, vers la cote 700, en recevant à droite le *Ngou*, qui descend par de très belles cascades, les chutes Lancrenon (150 m de dénivellation).

Beaucoup plus à l'aval, le *Logone* matérialise la frontière jusqu'au confluent avec le *Chari* (Fort-Foureau) qu'elle suit au-delà jusqu'au Tchad. *Logone* et *Chari* sont bordés de zones marécageuses très étendues, surtout alimentées par les affluents ou les débordements en nappe des cours d'eau. A l'aval de Yagoua, deux affluents du *Logone*, le *Guerléou* et la *Logomatia*, alimentent pour la majeure partie une immense nappe d'eau : le Grand Yaéré.

Les petits mayo de la région de Maroua sont des torrents analogues aux affluents rive droite du Kébi. Le plus important est le mayo *Tsanaga* qui vient de Mokolo et passe à Maroua. A sec en saison sèche, ils coulent en hautes eaux dans des lits de sables de largeur démesurée et vont se perdre dans des marécages qui, généralement, communiquent avec le Grand Yaéré.

Un sous-écoulement important peut y persister en saison sèche : il constitue alors une nappe phréatique très intéressante.

L'El Beïd est un drain naturel du Grand Yaéré vers le Lac Tchad. Sa pente est très faible; son lit encombré d'arbres traverse une plaine d'argile grise imperméable. Il présente deux crues : la première est due au ruissellement des pluies de juillet, août et septembre, la seconde à la crue du *Logone* qui gonfle le Yaéré.

Pour être complet, il convient de signaler à l'extrême-Nord, le *Lac Tchad*, dont la rive camerounaise est basse et marécageuse.

## b. Hydrologie

### CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES DIVERS RÉGIMES

La courbe de variation des débits d'une rivière ressemble à la courbe des hauteurs pluviométriques. Les autres facteurs conditionnels du régime : dimensions, forme, exposition des bassins versants, relief, caractères géologiques, végétation, température et humidité relative viennent parfois masquer la relation pluie-débit, mais la corrélation existe toujours.

Sur un petit bassin versant peu perméable, les deux courbes sont très comparables, les crues suivant immédiatement les pluies qui leur donnent naissance.

Un grand bassin ne réagit pas de la même façon :

— d'une part, seules des pluies importantes entraînent des crues sensibles aux stations aval;

— d'autre part, un grand bassin est doué d'« inertie hydrologique » et c'est parfois plusieurs jours, voire plusieurs semaines après une pluie importante, que l'on enregistre la crue correspondante.

Au cours de l'année, les débits suivent des variations saisonnières : une ou deux périodes d'étiage encadrées par des périodes de hautes eaux correspondent aux saisons sèches et humides.

Le développement annuel du cycle est basé sur les déplacements du *Front inter-tropical* de convergence (F.I.T.), ainsi que le rappelle dans cet ouvrage, l'article sur la climatologie.

On distingue du Nord au Sud deux principaux régimes :

1° Le régime tropical : pluviométrie annuelle de 600 à 1.500/1.600 millimètres;

2° Le régime équatorial : pluviométrie annuelle de 1.800 à plus de 3.000 millimètres,

Entre eux s'intercalent des régimes de transition et ceux des grands fleuves correspondant à la superposition de plusieurs régimes (*régimes mixtes*) : il existe enfin de nombreuses singularités locales :

a. En régime équatorial, il y a quatre saisons : deux saisons sèches relatives en été et en hiver, et deux saisons des pluies abondantes au printemps et en automne. La végétation dominante est celle de la forêt dense humide (*moist forest*), souvent dégradée par les cultures anciennes ou actuelles (cultures vivrières ou d'exportation);

b. Le régime tropical est caractérisé par deux saisons, égales ou inégales selon la latitude, et d'autant plus contrastées que l'on monte plus au Nord. La forêt fait alors place à la savane et aux galeries forestières de plus en plus minces. Le peuplement arboré évolue vers les espèces résistant le mieux à la chaleur : boababs, épineux, etc. Les mils, sorghos et arachides remplacent le manioc et le bananier et, plus au Nord, les champs de coton alternent avec les cultures vivrières,

Au Cameroun, les différents régimes hydrologiques se répartissent géographiquement ainsi (fig. 1) :

Les bassins du *Ntem*, de la *Lobé*, de la *Kienké*, de la *Lokoundjé*, sont soumis au régime équatorial; tout le bassin de la Bénoué est caractéristique du régime tropical; les bassins au Nord de Maroua sont du type sahélien. Les autres bassins fluviaux appartiennent soit à des types de transition, soit à des types mixtes, soit à des régimes altérés par des particularités locales.

La *Sanaga*, le plus grand fleuve du Cameroun, possède un régime mixte participant aux régimes tropical de transition et équatorial de transition. Le *Nyong* est du type équatorial de transition.

Le *Wouri* et les rivières du pays Bamiléké sont du type tropical de transition avec certaines particularités locales.

La *Vina*, la Bénoué supérieure, le *Faro*, le *Djérem* supérieur sont soumis au régime tropical de transition de l'Adamaoua.

On analysera successivement pour chaque régime :

— la situation géographique et les rivières typiques;

— le module, c'est-à-dire le débit moyen annuel rapporté au kilomètre carré de bassin versant;

— les variations saisonnières des débits, par l'étude des étiages, des crues et plus généralement du graphique annuel des débits.

Il conviendra de distinguer entre petits et grands bassins : des études de ruissellement sur bassins expérimentaux ont en effet permis de constater des différences très importantes entre ceux de quelques kilomètres carrés et ceux de plusieurs milliers de kilomètres carrés.

— les crues exceptionnelles : malgré l'insuffisance de renseignements dans ce domaine, les débits les plus forts observés ou estimés seront indiqués, soulignant là encore la différence profonde entre grand et petit bassin ;

— l'irrégularité interannuelle : elle sera définie ici par le coefficient

$$K^3 = \frac{\text{module maximum}}{\text{module minimum}} ;$$

— le déficit d'écoulement : c'est la différence entre le volume précipité (P) et le volume débité (V) ; il correspond aux pertes de toutes natures intervenant dans le cycle de l'eau : pertes par évaporation et consommation des végétaux (E), perte définitive par infiltration (I) compensée partiellement par la condensation (C) ; il est donc traduit par la formule :  $D = P - V = E + I - C$  ;

— l'érosion : ce problème est très difficile à analyser. Les mesures en rivière nécessitent un matériel important, et pour être précises, doivent être continues. Une grande crue peut transporter à elle seule le quart, sinon plus, du volume solide total annuel. La lutte contre l'érosion est vitale dans le pays Bamiléké et surtout dans le Nord-Cameroun où il devient nécessaire de protéger le sol contre les entraînements de terre arable. Des mesures de transport solide ont été faites dans le Nord, qui font ressortir l'importance des dégradations observées.

## I. — RÉGIMES ÉQUATORIAUX

### a. Régime équatorial proprement dit :

Il est représenté au Cameroun par les rivières du Sud : Ntem, Lobé, Lokoundjé et Kienké, dont les bassins versants sont couverts par la grande forêt équatoriale.

La bande couverte est théoriquement assez étroite. Très vite, quand on s'écarte vers le Nord de l'équateur climatique, la durée de la saison sèche de juillet-août diminue, rompant la symétrie parfaite qui caractérise le régime équatorial pur. La Lokoundjé (fig. 2) déborde légèrement en zone équatoriale de transition. Le graphique est très équilibré, mais les étiages sont légèrement différents : celui du mois d'août est moins bas que celui du premier trimestre.

Le régime équatorial pur est moins homogène que le régime tropical par exemple, car il n'est pas défini par deux limites pluviométriques, mais par une symétrie dans la répartition des pluies ; il s'étend à certaines stations recevant plus de 4 mètres d'eau par an et d'autres à peine 1.800 millimètres suivant la distance à la côte.

*Module.* — Les modules suivent grossièrement la pluviométrie en accentuant les écarts, et les chiffres que l'on peut rencontrer vont de 60 à peut-être 15 l/s/km<sup>2</sup>. On observe ainsi 55 l/s/km<sup>2</sup> sur la Lobé et 22 l/s/km<sup>2</sup> sur la Lokoundjé.

Il convient de souligner qu'en Afrique, les modules les plus forts appartiennent généralement au régime équatorial.

*Variations saisonnières des débits.* — Le graphique annuel des débits se décompose en quatre parties distinctes :

De décembre à février : première saison sèche ;

De mars à juin : première saison des pluies ;

En juillet-août : seconde saison sèche ;

De septembre à décembre : seconde saison des pluies.

Sur le graphique de la Lobé (fig. 3), par exemple, on remarque la parfaite symétrie des débits. Les pointes sont d'importance équivalente et les étiages identiques, ce qui semble être le critère le plus significatif.

Sur un petit bassin versant, il est probable que l'averse maxima annuelle détermine une pointe de débit très nette, de 300 à 800 l/s/km<sup>2</sup>, suivant la dimension du bassin. Les débits restent élevés entre les averses, le tarissement n'a pas le temps de s'amorcer. Les étiages, plus difficiles à évaluer, dépendent des conditions locales : l'épaisse couverture végétale diminue l'évaporation et la couche humifère retient une quantité d'eau appréciable. Au cours des deux saisons dites sèches de nombreuses petites pluies gonflent es débits, déformant la courbe de tarissement.

La Lobé et le Ntem sont les seuls bassins notables qui soient typiquement équatoriaux. On note sur la Lobé des débits de crue annuelle de 210 l/s/km<sup>2</sup> et des étiages de 8 l/s/km<sup>2</sup>. La « dentelle » des crues subsiste : le bassin n'est pas assez important pour qu'elles se conjuguent. Ce trait caractérisant les « grands bassins » doit s'observer en régime équatorial pour des surfaces de réception plus modestes de l'ordre de 20.000 kilomètres carrés ; en effet, la lenteur des fleuves équatoriaux et les pluies fréquentes de grande extension dont le ruissellement est freiné par la végétation, permettent le recouvrement des ondes de crue et leur fusion en un phénomène unique après un parcours beaucoup plus réduit qu'en régime tropical par exemple.

*Crues exceptionnelles.* — Les observations sont encore trop récentes pour en déduire des chiffres sûrs. On peut admettre cependant que, pour un petit bassin, la pointe de crue se situe entre 0,8 et 2 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> (fréquence décennale).

Pour un bassin de dimensions moyennes, il faut insister sur le fait que des pluies généralisées peuvent s'y abattre et provoquer une crue considérable ; les débits spécifiques maxima, mais non exceptionnels atteignent alors près de 300 l/s/km<sup>2</sup> (sur 5 ans) ; la crue décennale ne doit guère dépasser 400 l/s/km<sup>2</sup>.

Ces débits spécifiques diminuent rapidement avec l'augmentation de la surface : pour le Ntem (18.500 km<sup>2</sup> à la station d'observation) on obtient 45 l/s/km<sup>2</sup> de crue maxima en quatre ans.

*Irrégularité interannuelle.* — Les résultats obtenus sont ici encore trop peu nombreux pour que l'on puisse avancer des chiffres sûrs. Après quatre années d'observations sur la Lobé, le coefficient K<sup>3</sup>, peu élevé, est de 1,36, valeur comparable à celle des rivières voisines.

J. A. 830152.

On peut s'attendre, pour des rivières moyennes et des pluviométries annuelles inférieures à 2 mètres, à des irrégularités interannuelles de 1,5 à 2 au maximum sur une longue période.

*Déficit d'écoulement.* — Son appréciation est difficile, car si les débits sont connus avec une bonne approximation, il n'en est pas de même des pluies, les pluviomètres étant rares en zone forestière.

L'influence du facteur évaporation est réduite dans le climat équatorial. En effet, l'hygrométrie est élevée et proche de la saturation, principalement sous forêt. Les mouvements de l'air, au voisinage du sol, sont freinés par la végétation. La forte pluviométrie répartie sur toute l'année entraîne une nébulosité intense et une faible insolation. Mais la consommation d'eau par la végétation est certainement importante (forêt et plantes agricoles). Le déficit est de l'ordre de 800 à 1.200 millimètres.

*Érosion.* — On n'a fait au Cameroun, aucune mesure de transports solides en rivière équatoriale ; mais l'érosion doit être faible, grâce à l'épaisse couverture végétale.

### b. Régime équatorial de transition.

On a vu que la zone purement équatoriale est très étroite : elle déborde sur la Lokoundjé sans la recouvrir totalement. Dès le quatrième parallèle Nord, une dissymétrie apparaît dans le graphique annuel.

Au Cameroun, le régime équatorial de transition est limité au Nord par le bassin de la Sanaga dont certains affluents sud lui sont vraisemblablement soumis.

On y classe le Nyong et deux affluents de la Sangha : la Doumé et le Dja.

La pluviométrie, plus faible que pour le régime équatorial varie de 1.800 à 1.500 millimètres environ.

*Module.* — Le Nyong a un module de 7,5 l/s/km<sup>2</sup>, chiffre anormalement bas pour le régime considéré, mais qui peut s'expliquer. En effet, son bassin a une forme très allongée d'Est en Ouest et sa pente longitudinale est très faible. Ces deux caractéristiques sont liées. La végétation aquatique recouvre totalement le fleuve sur de grandes distances et entrave la navigation, possible cependant de Mbalmayo à Abong Mbang.

Pour des rivières à pente plus forte, il faudrait tenir compte de modules plus élevés : 10 à 15 l/s/km<sup>2</sup>, suivant dans une large mesure les variations de la hauteur pluviométrique annuelle.

*Variations saisonnières des débits.* — Les caractères généraux sont proches du climat équatorial (fig. 4). Les deux pointes de crues sont toutefois différentes et les étiages inégaux. Les quatre saisons subsistent mais la saison sèche de juillet-août est plus courte ; la grande saison sèche commençant fin novembre s'allonge au détriment de la saison des pluies de mars à juin, qui s'amenuise. L'étiage dure de décembre à mars, et l'on note sur le Nyong (14.300 km<sup>2</sup>), 2 l/s/km<sup>2</sup> au minimum ; on aurait 3 à 4 l/s/km<sup>2</sup> sur un bassin mieux arrosé. Les pluies ne disparaissent pas alors complètement et inscrivent des pointes isolées qui viennent perturber la courbe de tarissement ; elles sont suffisamment importantes pour augmenter nettement les débits journaliers pendant le premier trimestre.

Dès la fin du mois de mars les pluies se font plus fréquentes, les premières crues se dessinent : la petite saison des pluies va durer jusqu'en juin.

Sur un grand bassin, les maxima de printemps sont moins élevés qu'en novembre. Sur un petit bassin qui réagira non pas à un total hebdomadaire ou mensuel, mais à une averse, les crues seront du même ordre de grandeur qu'en novembre mais moins fréquentes.

En juillet-août, on note un très net ralentissement dans les précipitations : c'est la petite saison sèche. Les débits restent supérieurs à ceux de l'étiage de février : ils sont de 5 l/s/km<sup>2</sup> sur le Nyong.

La saison des pluies principale débute en septembre. Les débits augmentent rapidement jusqu'en octobre et, si le bassin est assez grand, ils restent égaux jusqu'à la fin novembre ; les débits spécifiques de crue principale sont de 20 l/s/km<sup>2</sup> sur le Nyong ; on aurait 50 à 60 l/s/km<sup>2</sup>, peut-être plus, sur un bassin mieux drainé.

*Crues exceptionnelles.* — La distinction entre *petit bassin* et *grand bassin* est importante : il est probable que les débits spécifiques sont d'environ 1,5 à 2 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> sur un bassin de quelques dizaines de kilomètres carrés pour une crue décennale. La même fréquence sur le Nyong donne 30 l/s/km<sup>2</sup> pour près de 15.000 kilomètres carrés : chiffres assez faibles et très comparables à ceux observés en régime équatorial.

La grande forêt est la principale responsable de ces régimes peu contrastés. A l'Est du territoire vers Batouri, les premières savanes doivent accentuer la différence entre étiages et hautes eaux et augmenter les débits spécifiques de crue.

*Irrégularité interannuelle.* — Les coefficients calculés montrent une bonne homogénéité dans les résultats. Sur dix années, il faudrait envisager un coefficient K<sup>3</sup> de 1,5 sur un bassin d'une superficie au moins égale à celle du Nyong et de 1,5 à 2 pour des bassins plus petits.

Le déficit d'écoulement est un peu plus important qu'en régime équatorial à pluviométrie égale. La saison sèche est plus longue et l'humidité relative moyenne moins forte. On observe 1.250 millimètres sur le Nyong pour une pluviométrie moyenne de 1.500 millimètres, déficit supérieur à la normale pour les raisons citées plus haut.

## II. — RÉGIMES TROPICAUX

### a. Régimes tropicaux de transition.

L'opposition est très nette entre le régime tropical de transition et les régimes équatoriaux : les graphiques annuels des débits n'ont qu'une pointe de crue en septembre-octobre et des étiages plus longs et plus sévères. La végétation passe de la grande forêt aux galeries forestières entre lesquelles s'étend la savane. Ce paysage typique du régime tropical de transition s'observe particulièrement bien à partir de Nanga Eboko. A l'Ouest, la forêt subsiste plus longtemps car les pluies sont plus importantes.

Toutes les rivières situées au nord du fleuve Sanaga lui-même et au sud de la falaise de Ngaoundéré participent à ce régime. Elles forment trois groupes géographiques :

a. Les affluents nord de la Sanaga : régime tropical de transition de l'Est au Nord ;



- b. Les rivières de l'Ouest (pays Bamiléké) : régime tropical de transition de l'Ouest;
- c. Les rivières du plateau de l'Adamaoua : régime tropical de transition de l'Adamaoua.

a1. Régime tropical de transition de l'Est au Nord (affluents Nord de la Sanaga).

Il est représenté par le Mbam et le Lom inférieur : la pluviométrie moyenne annuelle y est comprise entre 1.900 et 1.400 millimètres. Les modules sont importants : 15 à 20 l/s/km².

Variations saisonnières des débits (fig. 5). — Les premiers mois de l'année ne reçoivent que peu ou pas de précipitation. Les débits décroissent suivant une courbe de tarissement assez pure. Quelques pluies isolées à partir de février viennent remonter les débits d'étiage et interrompre leur décroissance régulière. Les étiages sont abondants : 3 à 5 l/s/km².

En avril-mai, les pluies s'installent et les débits augmentent rapidement. On observe souvent un ralentissement des unes et des autres au mois d'août, qui rappelle la proximité de l'équateur.

Le maximum de débit se produit en septembre ou octobre. Les débits spécifiques, de 70 à 100 l/s/km² pour la crue annuelle, sont valables pour des bassins versants de quelques dizaines de milliers de kilomètres carrés.

Sur un petit bassin les étiages sont plus sévères et dépendent des conditions locales. Pendant les hautes eaux, chaque crue est rapidement évacuée : le ruissellement est moins freiné en savane qu'en forêt, les débits de pointe sont plus importants, la crue annuelle s'établit vers 1,5 à 2 m³/s/km² pour un bassin de 10 à 40 kilomètres carrés.

Sur le Mbam et le Lom les débits de crue sont de l'ordre de 60 à 70 l/s/km². La montée des eaux est régulière et les crues se composent pour donner des variations continues de débit.

Les pluies cessent fin octobre; fin décembre, les débits sont comparables à ceux d'étiage.

Crues exceptionnelles. — Les averses ne sont pas plus violentes qu'en climat équatorial, mais le ruissellement est beaucoup moins freiné par la végétation. Aussi les crues maxima observées sur le Mbam et le Lom sont-elles respectivement de 77 et 63 l/s/km². Il est prudent de majorer ces chiffres vraiment proches de la crue annuelle : celui de 100 l/s/km² n'est certainement pas exagéré pour la crue décennale.

Remarquons que le Mbam, pour une superficie quatre fois supérieure à celle du Lom, donne des débits spécifiques plus forts. Certains affluents de droite, le Noun et la Mapé ont un régime tropical de l'Ouest et leur abondance vient renforcer celle du Mbam.

Irrégularité interannuelle. — Elle est du même ordre qu'en climat équatorial. Il est probable que le coefficient K³ peut atteindre 2, sinon le dépasser légèrement. Il ne peut plus y avoir compensation d'une saison des pluies sur l'autre au cours de l'année, les pluies sont plus groupées : autant de facteurs qui accroissent l'irrégularité.

Le déficit d'écoulement atteint ici des valeurs maxima : 1.300 à 1.400 millimètres pour le Lom et le Mbam. En effet, s'il pleut moins qu'en régime équatorial, les pluies sont plus groupées, la saison sèche est plus longue, la durée d'ensoleillement plus importante et les températures diurnes sont plus fortes. Tous ces facteurs concourent à diminuer l'hygrométrie moyenne et à augmenter le potentiel d'évaporation.

L'érosion. — Les galeries forestières ne freinent qu'imparfaitement les eaux de ruissellement. Sous ce régime, les transports solides sont appréciables mais encore bien loin des chiffres qu'on obtiendra plus au Nord.

a2. Régime tropical de transition de l'Ouest (Wouri et rivières du pays Bamiléké).

Résultant de la proximité de l'Océan, des monts Cameroun et Manengouba, c'est un régime de montagne aux pluies abondantes (2 à 3 m de moyenne annuelle) et violentes (certaines averses apportent 3 à 400 mm en 24 heures); les rivières y ont des pentes très fortes.

L'aire géographique n'est pas très importante mais les caractères propres à cette région sont très accusés.

Les modules figurent parmi les plus riches du Cameroun. On note 35 l/s/km² pour le Wouri, pour un indice pluviométrique de 2.160 millimètres.

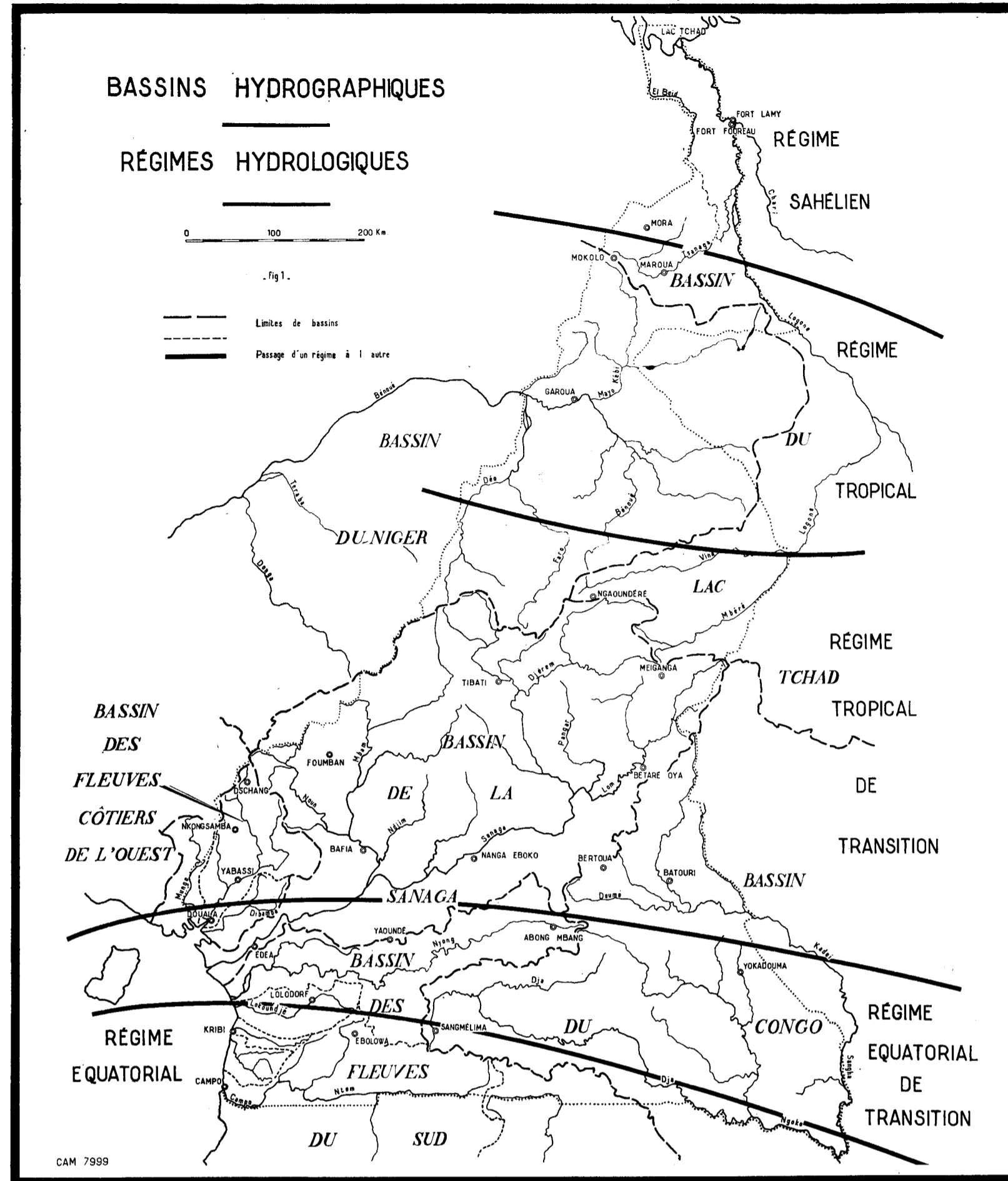
Variations saisonnières des débits. — Le régime est d'aspect tropical malgré la très forte pluviométrie car on n'observe qu'une pointe de débit par an. Il y a deux saisons principales : la saison sèche longue de quatre mois, et celle des pluies. Au mois d'août on note, certaines années, un ralentissement des précipitations qui entraîne une baisse rapide des débits. Ce rappel équatorial est accidentel et ne correspond pas à une petite saison sèche comme en régime équatorial de transition.

La saison « sèche » s'étale de la mi-novembre à mars. Les pluies y sont toutefois assez nombreuses, entraînant de petites crues qui défigurent le tarissement et relèvent les étiages. Ceux du Wouri (fig. 6), le plus grand fleuve de ce régime, sont sensibles à des crues de saison sèche. Il en est donc de même pour les rivières plus petites. Ses étiages sont riches de 7 l/s/km² à Yabassi et légèrement inférieurs à ceux des fleuves équatoriaux dont les bassins reçoivent une hauteur annuelle de pluie équivalente.

Dès le mois d'avril, la pluviométrie augmente et ne se ralentira qu'après le mois d'octobre, le plus arrosé avec celui de septembre. Le sol est alors pratiquement saturé et c'est la période des crues les plus violentes. Les débits spécifiques sont en moyenne assez élevés : 125 l/s/km² sur le Wouri.

Sur ce bassin qui approche 10.000 kilomètres carrés, une certaine compensation intervient entre les divers affluents. La crue la plus violente observée est de 130 l/s/km². Il est probable que la crue décennale est proche de 200 l/s/km².

La végétation joue son rôle dans le déroulement des crues. En climat équatorial, la forêt est le grand élément modérateur. Dans l'Ouest du territoire, la zone forestière est encore importante sur le bassin inférieur du Wouri, et le bassin supérieur est dominé par les prairies et les plantations qui freinent encore quelque peu les eaux de ruissellement. L'infiltration est forte dans cette région au sols volcaniques perméables et les sources sont fréquentes sur les lignes de contact.



Les éléments font défaut, qui permettraient de comparer le régime Ouest au régime équatorial, mais, semble-t-il, les crues du premier ne sont pas plus fortes que celles du second, grâce surtout à l'infiltration dont le rôle est négligeable dans la zone de régime équatorial.

Irrégularité interannuelle. — La forte pluviométrie et sa relation étroite avec la mousson entraînent une irrégularité interannuelle faible, probablement la plus faible du territoire; K³ est de 1,19 en quatre ans pour le Wouri. Sur une période de dix ans, il ne doit pas dépasser 1,5.

Le déficit d'écoulement du Wouri est de 1.200 millimètres pour une pluviométrie moyenne supérieure à 2 mètres. La lame d'eau écoulee est donc importante. L'altitude, en réduisant les températures moyennes, réduit aussi le potentiel d'évaporation. Les rosées matinales sont fréquentes. Notons également que la saison sèche reçoit, malgré son nom, de nombreuses averses. Ces faibles pertes, jointes à l'écoulement rapide des eaux, déterminent des déficits inférieurs à ceux du Lom et du Mbam.

L'érosion est très active en pays Bamiléké. Les éléments favorables sont nombreux : les pentes sont fortes en général et les terres volcaniques de la plus riche province du territoire sont facilement entraînées par les eaux. La forêt jouait jadis son rôle modérateur, mais elle a dû reculer devant l'homme. La forte poussée démographique des Bamiléké les conduit à augmenter sans cesse les surfaces cultivées au détriment de la forêt. D'importantes mesures de conservation des sols s'imposent d'urgence : reforestation et modification de certains modes de culture.

a3. Régime tropical de transition de l'Adamaoua (rivières du plateau).

La Vina (fig. 7), le Djérem, le Lom supérieur, le Meng, le Haut-Faro, probablement, sont soumis à ce régime que l'on peut comparer à celui de l'Ouest.

En effet, les plateaux de l'Adamaoua sont à 1.200 mètres d'altitude, ce qui réduit température et évaporation, et les pentes moyennes sont fortes. La différence principale entre les deux régimes porte sur la hauteur pluviométrique annuelle, qui est de 1.500 millimètres au lieu de 2.000 millimètres, et sa répartition dans l'année. D'autre part, la saison sèche est plus longue et plus rigoureuse qu'à l'Ouest, la végétation n'est donc pas la même. La grande forêt n'existe plus. Les plateaux sont couverts d'une savane monotone coupée de galeries forestières et parcourue en saison sèche par les feux de brousse; aussi les eaux de ruissellement ne rencontrent-elles que de faibles obstacles.

Le module de la Vina est élevé : 22 l/s/km². Il varie certainement avec la hauteur précipitée car l'évaporation devient très active, surtout durant la saison sèche et la part qu'elle prélève sur les pluies varie peu d'une année à l'autre.

Variations saisonnières des débits. — La saison sèche augmentant de durée du Sud vers le Nord, est en moyenne de cinq mois à Ngaoundéré (novembre à mars). Les phénomènes météorologiques sont moins réguliers qu'au Sud. Il arrive que le mois d'avril ne soit pas plus arrosé que le mois de mars, mais en 1954 au contraire, le total de mars était proche de 200 millimètres.

Les petits cours d'eau sont presque à sec dès le mois de janvier, sauf dans le cas, assez fréquent sur l'Adamaoua, où ils sont alimentés par une source.

Un grand bassin conserve un étiage apparent très appréciable : la Vina débite 4 l/s/km², ce qui la classe parmi les rivières riches du territoire. Sa plaine marécageuse au Sud-Est de Ngaoundéré concourt vraisemblablement à renforcer l'étiage.

Les premiers orages éclatent en avril ou mai suivant les années. Les averses sont courtes mais intenses et accompagnées d'un vent violent. Les mois les plus arrosés sont juillet et août en moyenne. Les pluies cessent totalement en octobre ou novembre suivant les années.

Sur un petit bassin, chaque averse entraîne une crue violente et brève. Les débits spécifiques de pointe sont élevés, de l'ordre de 1 à 2 m³/s/km². Entre deux averses, les débits de base sont faibles, de quelques litres par seconde.

Sur la Vina, bassin moyen de 1.690 kilomètres carrés les crues des affluents se composent pour donner une montée régulière du plan d'eau. Le débit maximum est atteint en septembre ou octobre : à la station du Lahoré de Wakwa près de Ngaoundéré, il est de 75 à 80 l/s/km² en moyenne, mais la grande plaine d'inondation en amont de cette station écrête les pointes maxima. A l'entrée de la plaine, la Vina doit rouler en crue 150 à 160 l/s/km².

Dès la mi-octobre, les eaux baissent; la courbe de récession est très pure car les pluies sont pratiquement nulles dès novembre et sans influence sur l'écoulement.

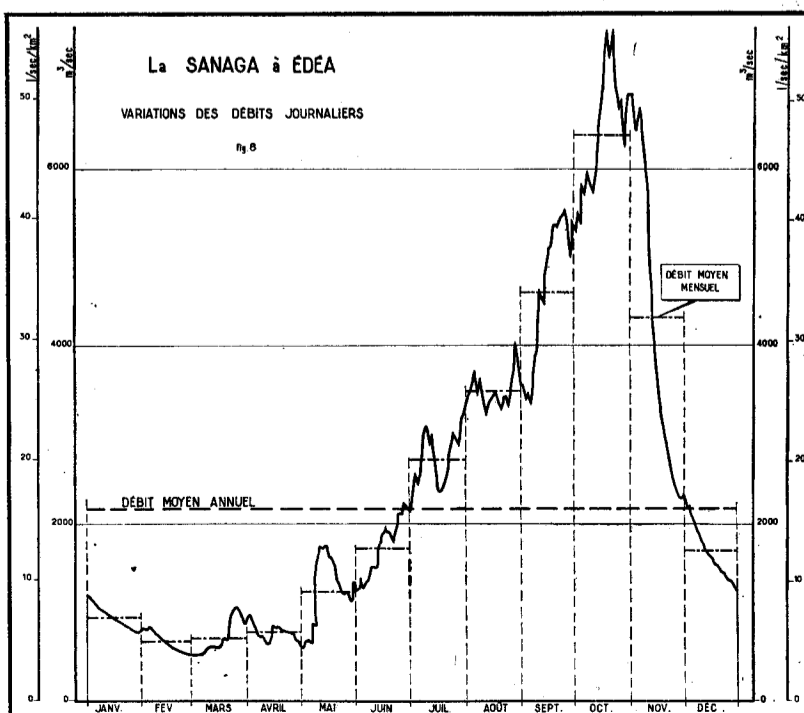
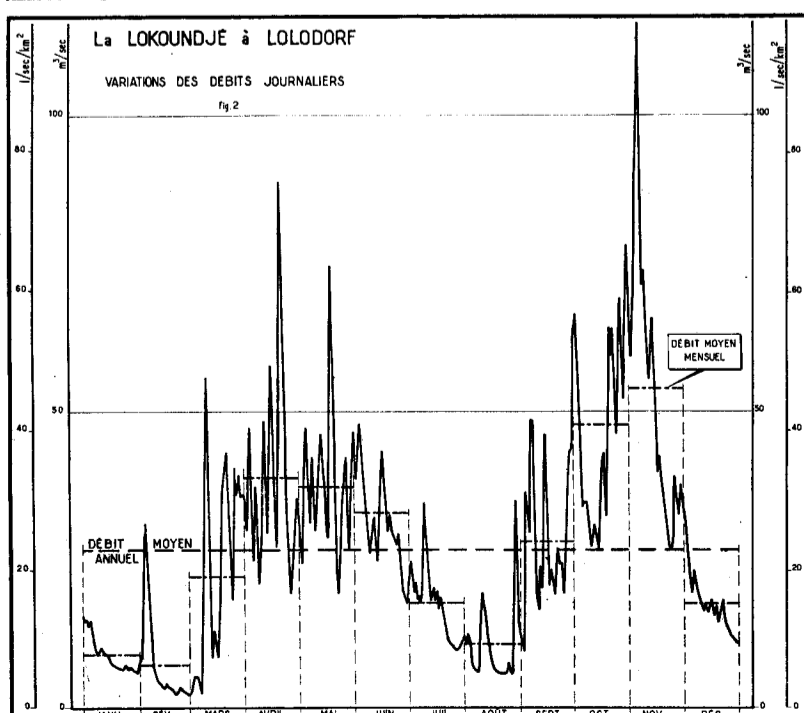
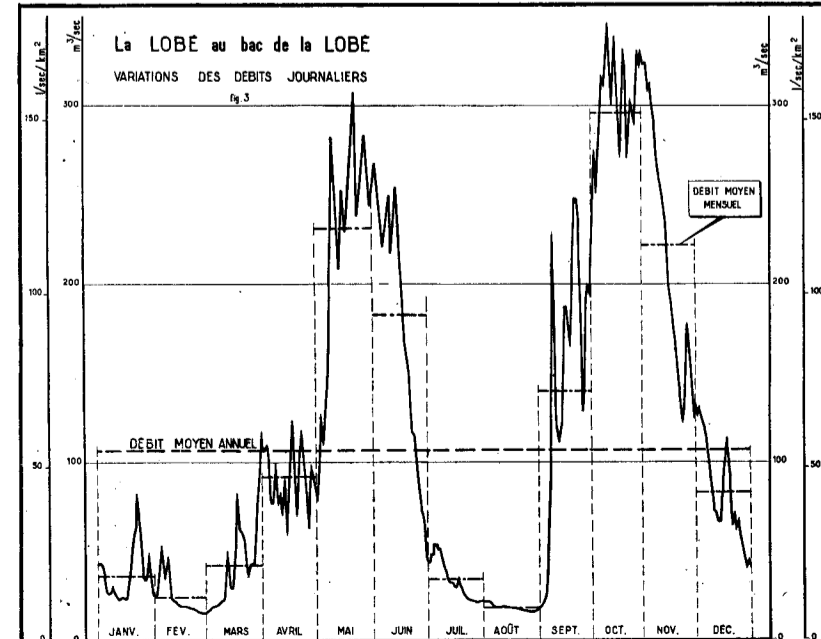
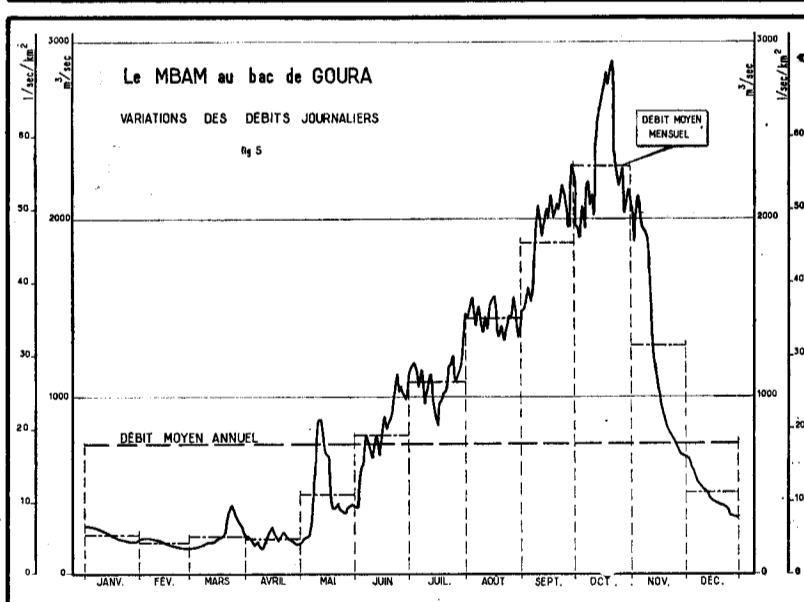
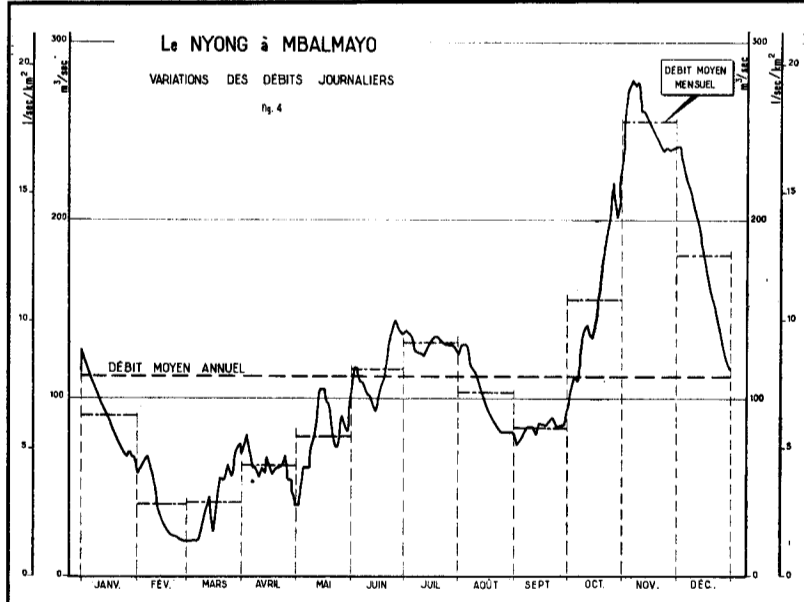
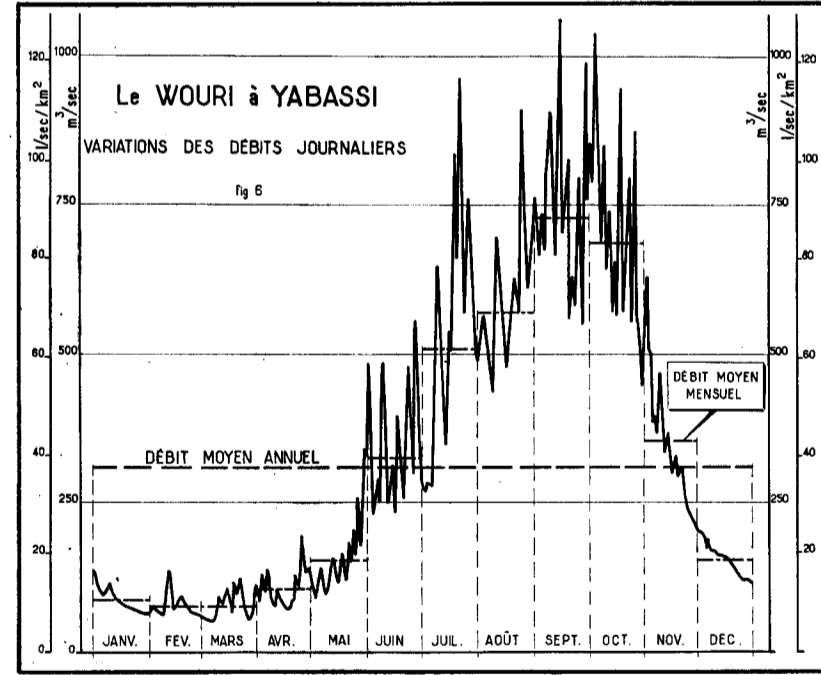
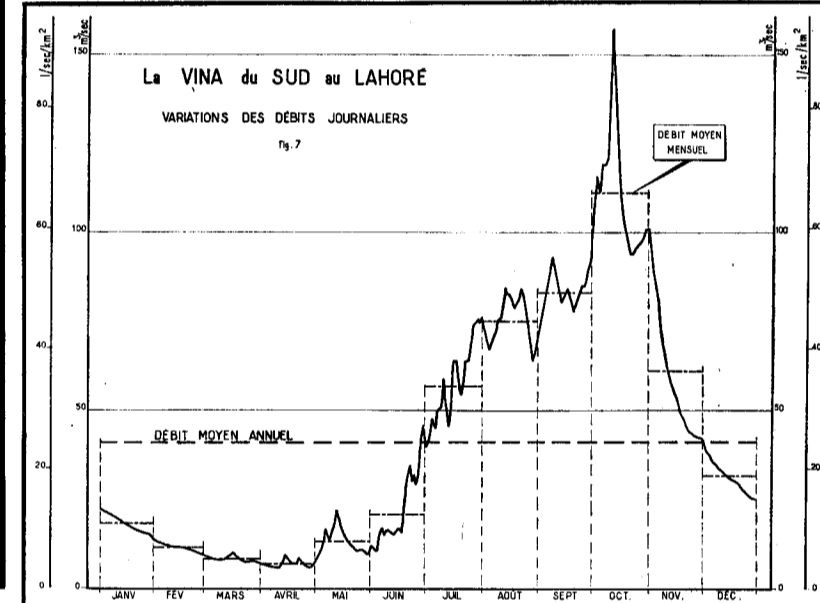
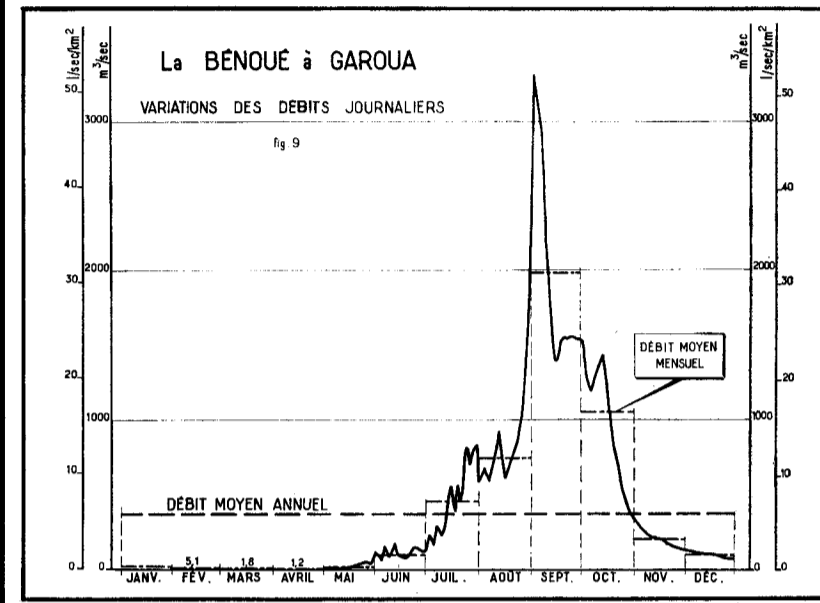
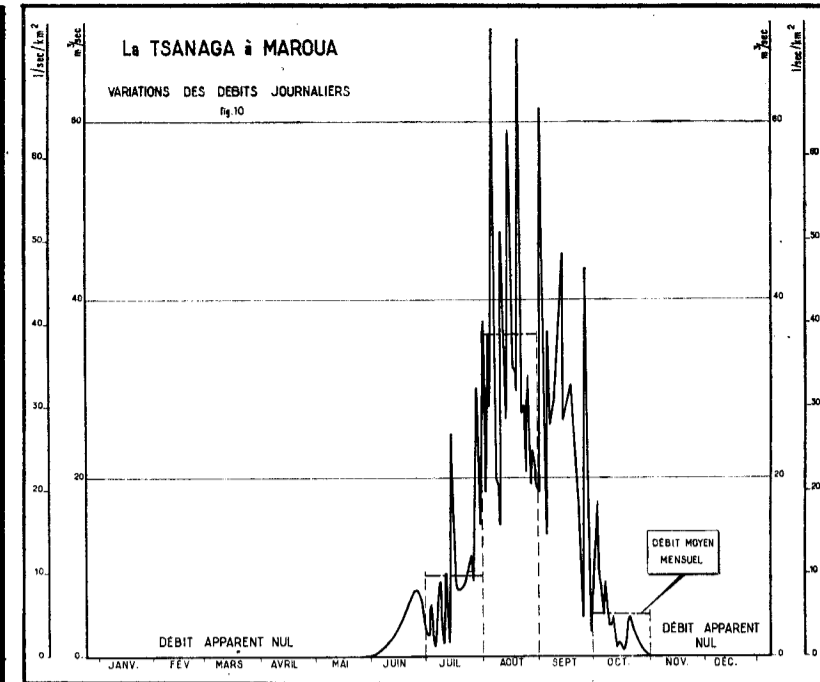
Crues exceptionnelles. — Tout porte à croire qu'elles sont assez élevées : l'intensité des pluies qui peut atteindre 60 mm/h pendant plus d'une heure, les pentes fortes et la végétation maigre favorisant un écoulement rapide entraînent des débits de pointe dépassant 5 m³/s/km² sur un bassin de quelques kilomètres carrés.

Sur des bassins de quelques centaines de kilomètres carrés, les cas de « tornades » s'abattant simultanément en divers points du bassin ne sont pas rares et les crues seront encore élevées. Pour la Vina, une compensation s'établit entre les différents affluents et le débit spécifique maximum observé est de 93 l/s/km². La crue décennale ne doit guère dépasser 110 à 120 l/s/km². Mais l'écrêtement des crues par la plaine d'inondation est maximum à ce moment. Il faudrait donc envisager, pour le cas général, des débits très supérieurs et voisins de 200 l/s/km².

Irrégularité interannuelle. — On a déjà noté que la saison des pluies ne se reproduit plus avec la même rigueur qu'en climat équatorial; la saison sèche est de durée inégale d'une année à l'autre : ces facteurs ne peuvent qu'augmenter l'irrégularité interannuelle. Le coefficient K³ est de 1,51 après six ans d'observations sur la Vina. Il est nettement plus fort que ceux déjà rencontrés : sur une longue période, il doit atteindre aisément 1,8 ou même 2 sur un bassin de 1.500 kilomètres carrés.

Le déficit d'écoulement commence à décroître par rapport au régime de transition précédemment examiné. Il est assez faible pour la Vina (820 mm) à cause des conditions de température et d'évaporation dues à l'altitude moyenne élevée des plateaux de l'Adamaoua; cependant, la présence de zones marécageuses augmente sensiblement les pertes tant par évaporation directe que par la consommation des plantes; une rivière mieux drainée accumulerait un déficit d'écoulement de 750 à 800 millimètres.

Érosion. — On ne possède encore aucun chiffre; mais la végétation pauvre, les pentes relativement fortes et les pluies violentes ne peuvent que favoriser des dégradations spécifiques élevées.



### Régime mixte : cas particulier de la Sanaga.

Avec ses 135.000 kilomètres carrés à Édéa et plus de 140.000 kilomètres carrés à l'embouchure, ce bassin versant de forme assez ramassée, sauf à l'aval, s'étend de Ngaoundéré à Yaoundé et de Douala à Meiganga.

Quelques affluents sud ont un régime *équatorial* de transition, les affluents de l'Est, du Nord et de l'Ouest, un régime *tropical* de transition.

Le régime de la Sanaga est donc un régime de transition et plus précisément *tropical de transition* : la grande forêt couvre tout l'Ouest et le Sud du bassin; au Nord et à l'Est de Nanga Éboko, elle fait place progressivement à la savane dont les forêts galeries diminuent d'importance vers le Nord sans toutefois disparaître.

La pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin versant est de 1.650 millimètres environ. Le module est de 16 l/s/km<sup>2</sup>, soit un débit moyen annuel de 2.162 m<sup>3</sup>/sec à Édéa (à titre de comparaison, celui du Rhône, en aval de Valence, est de 1.600 m<sup>3</sup>/sec).

*Variations saisonnières des débits* (fig. 8). — Le caractère tropical du régime se traduit par un graphique simple. Les mois de janvier et de décembre sont les plus secs de l'année. Sur la partie inférieure du bassin on note quelques pluies sans influence sur les débits qui décroissent. Celles de février et mars produisent quelques petites crues qui déforment la courbe de tarissement.

L'étiage se produit en mars. Il est de 3 à 4 l/s/km<sup>2</sup>, c'est-à-dire de 400 à 500 m<sup>3</sup>/sec à Édéa, s'abaissant à 300 m<sup>3</sup>/sec environ en année sèche. La saison des pluies débute en avril dont le total pluviométrique est trois fois supérieur à celui de mars. Les débits augmentent lentement. Le bassin absorbe les eaux de pluie et rétablit le volume de ses réserves. Les pluies augmentent pendant les mois suivants et la Sanaga présente alors des crues de plus en plus violentes.

On note certaines années une baisse très sensible des débits au mois d'août, mais ce phénomène n'est pas systématique et disparaît sur une moyenne de plusieurs années.

Les débits croissent jusqu'au mois d'octobre. La crue maximum annuelle atteint en moyenne de 50 à 55 l/s/km<sup>2</sup> soit 6.000 à 7.000 m<sup>3</sup>/sec.

Les pluies diminuent très rapidement au mois de novembre. Les débits qui ne sont plus alimentés par les eaux de ruissellement, s'effondrent avec régularité et en décembre, sont déjà nettement inférieurs au module.

*Crues exceptionnelles.* — La crue maximum observée (1943) est de 8.500 m<sup>3</sup>/sec, dépassant de peu la crue moyenne annuelle. Il est probable qu'une crue de 80 l/s/km<sup>2</sup>, soit près de 11.000 m<sup>3</sup>/sec, est très rare. En effet, les pluies importantes de grande extension ne sont pas fréquentes, surtout sur la partie amont du bassin.

*Irrégularité interannuelle.* — Le coefficient K<sup>3</sup> est de 1,45 pour une période d'observation de quinze années. Il est assez élevé, compte tenu de la superficie du bassin, mais ne contredit pas les résultats obtenus pour des bassins plus petits sous le même régime.

*Déficit d'écoulement.* — Il est de 1.140 millimètres par an et correspond bien à une moyenne pondérée entre le Mbam, le Lom et les rivières du cours inférieur, influencées par le régime équatorial.

*Érosion.* — Aucune mesure ne permet actuellement d'estimer les phénomènes d'érosion sans doute plus importants au Nord (savanes et pentes fortes) qu'au Sud (zone forestière).

### b. Régime tropical pur.

Les plateaux de l'Adamaoua se terminent brutalement au Nord et à l'Est par une descente rapide sur le bassin de la Bénoué, et se raccordent à l'Ouest aux Monts Alantika. Au Nord de Ngaoundéré, de la cote 1.200, on atteint en quelques dizaines de kilomètres la cote 500 au pied de la falaise. La transition est brusque à tous les points de vue : température, humidité relative, végétation.

Les isohyètes vont en décroissant du Sud vers le Nord. On note encore 1.400 millimètres au pied de la falaise mais il est probable que sur la falaise elle-même les précipitations atteignent des chiffres supérieurs en de nombreux points particulièrement bien exposés. On retrouve au Nord, dans les Monts du Mandara, des pluies de relief atteignant probablement 1.400 millimètres au col de Méri par exemple\*; la pluviométrie moyenne est cependant de l'ordre de 1.000 millimètres et le régime tropical pur est observé au Cameroun entre les isohyètes 1.200 et 850 millimètres.

Les rivières tropicales du Cameroun composent le bassin de la Bénoué (64.000 km<sup>2</sup> à Garoua). Les affluents sud sont moins caractéristiques que ceux du Nord : le Faro en particulier présente des étiages plus riches, un module plus abondant et subit une saison des pluies un peu plus longue que les autres rivières de la région grâce à un séjour prolongé sur les plateaux. Il n'intervient d'ailleurs pas dans le régime de la Bénoué à Garoua, puisqu'il conflue 90 kilomètres en aval de cette ville.

Il faut souligner également que les débits du mois de novembre sur la Bénoué sont parfois soutenus par les débordements du Logone, lorsque la saison des pluies est abondante en A.E.F. Les eaux du Logone empruntent alors le cours du mayo Kébi, lui-même régularisé par la traversée de plusieurs lacs : dépression Toupouri, lacs de Tikem et de Léré. Ces déversements saisonniers des eaux du Logone dans le bassin de la Bénoué ont fait redouter une capture du Logone par la Bénoué. À la suite des études faites par la *Mission Logone-Tchad*, il ne semble pas que le phénomène tende à s'aggraver.

*Modules.* — Ils sont inférieurs à 10 l/s/km<sup>2</sup> sauf pour le Faro et la très haute Bénoué, qui subissent l'influence des plateaux de l'Adamaoua. On observe 7,5 l/s/km<sup>2</sup> sur la Bénoué à Riao et 6 à Garoua. Les valeurs correspondantes sont plus faibles pour les affluents nord : 2,9 pour le Kébi à Famou.

*Variations saisonnières des débits* (fig. 9). — La saison sèche occupe une partie de l'automne, l'hiver et un mois du printemps boréal. Les débits sont très faibles et, sur un petit bassin, s'annulent dès le mois d'octobre. Un sous-écoulement persiste dans les alluvions dont la section, jusqu'au bed rock, peut être très importante. Il semble que l'humidité soit permanente dans le talweg d'un ruisseau de quelques kilomètres carrés. Il est évident que la nature géologique et pédologique du bassin joue alors un grand rôle.

\* Valeur obtenue par extrapolation.

Si un seuil rocheux oblige les eaux à cheminer en surface pendant un temps appréciable, le tarissement est alors total, l'évaporation absorbant sur ce seuil le faible débit qui circulait dans les sables.

Sur un bassin moyen la courbe de récession se prolonge de novembre à janvier-février. Les débits apparents s'annulent généralement ou sont insignifiants, mais l'écoulement est pérenne dans le lit de sable parfois très épais.

Sur un grand bassin comme celui de la Bénoué, les débits apparents subsistent jusqu'à la saison des pluies. Ils sont très maigres et ne dépassent pas 0,01 l/s/km<sup>2</sup>, mais supposent un écoulement dans les sables probablement très important.

L'évaporation n'est pas très élevée, car en décembre, janvier et février, les températures maxima sont modérées. Dès le mois de mars, les températures remontent, l'humidité relative diminue pour passer par un minimum en mars ou avril. L'évaporation dépasse facilement 5 millimètres par jour sur une nappe d'eau libre. Au mois d'avril, les premiers grains orageux s'abattent sur la région : les pluies sont rares ou nulles au début, mais le vent est violent et l'électricité atmosphérique active. C'est la période la plus pénible de l'année car la température est élevée et l'humidité relative assez forte.

En mai, les averses sont plus nombreuses surtout dans le Sud. Le déplacement Sud-Nord du F.I.T. explique ce retard des bassins du Nord sur ceux du Sud. La fréquence des grains augmente jusqu'en août, diminue à nouveau jusqu'en septembre ou octobre. Les pluies cessent totalement en novembre.

Les premières tornades ne ruissellent généralement pas sur un petit bassin sauf si le sol est imperméable et la pente très forte comme sur les monts des environs de Guider et de Figuil par exemple. Le lit s'assèche après chaque crue car les pluies sont espacées de cinq à dix jours. Sur des terrains plus perméables il faudra attendre la fin de juin ou le début de juillet pour observer les premières crues. L'évaporation est encore forte et le sol desséché peut absorber des hauteurs d'eau considérables durant les premières semaines de la saison des pluies. La végétation renaît et consomme elle aussi une part appréciable des eaux de ruissellement. Au mois de juillet, les crues sont assez fréquentes (une averse tous les trois ou quatre jours) pour qu'un écoulement de base subsiste entre deux crues. Cet écoulement permanent se maintiendra jusqu'à la fin d'octobre. Les débits les plus élevés se rencontrent indistinctement en juillet, août ou septembre avec une concentration plus grande pendant les deux premiers mois car la végétation n'est pleinement développée qu'au début de septembre, réduisant alors le coefficient d'écoulement. Les débits spécifiques maxima peuvent atteindre 5 à 6 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> pour des bassins de 30 à 50 kilomètres carrés.

Sur un grand bassin comme celui de la Bénoué, les premières précipitations d'avril et mai sont sans effet. Les eaux commencent à monter en juin. La crue se développe assez rapidement en juillet pour atteindre son maximum en août ou septembre. Elle reste étale avec de brusques poussées dues à des coïncidences d'averses sur le bassin et la décrue s'amorce en octobre; aucune pluie ne vient perturber la courbe de tarissement. Le débit moyen de novembre est cinq fois plus faible que celui d'octobre. On observe assez souvent en août, correspondant au passage du soleil au zénith, un ralentissement des pluies et des débits. Survenant en pleine période navigable, ce creux gêne considérablement le mouvement des navires.

Les débits spécifiques de crue sont modérés, 50 l/s/km<sup>2</sup> pour la Bénoué, mais bien plus élevés sur les bassins plus petits comme celui du Louti (1.000 à 2.000 km<sup>2</sup>). Le caractère montagneux prépondérant explique une crue annuelle dépassant 500 l/s/km<sup>2</sup> : c'est un véritable torrent qui se calme d'ailleurs dans la plaine un peu avant son confluent avec le Kébi : sa pente en amont est de 1 à 2 ‰.

*Crues exceptionnelles.* — D'après des études effectuées sur petits bassins et dont les résultats sont très différents de ce que l'on mesure sur des rivières plus grandes, il semble que pour quelques hectares on atteigne 30 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>, 15 à 20 pour 4 à 5 kilomètres carrés et probablement 5 à 10 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> pour 25 à 50 kilomètres carrés; ces crues, extrêmement violentes, sont dues à des précipitations intenses (70 mm en 1 heure par exemple) et centrées sur le bassin. La surface arrosée par une averse importante n'est pas très grande, quelques dizaines de kilomètres carrés au maximum; au-delà, s'il pleut, la hauteur pluviométrique est beaucoup plus faible.

Sur le grand bassin de la Bénoué, les crues sont produites par des additions de crues élémentaires et la loi des grands nombres montre qu'il est improbable que tout le bassin soit arrosé par des averses de 50 à 80 millimètres en une heure. Il en résulte une pondération des crues élémentaires : la plus forte crue depuis plusieurs décades est de 6.700 m<sup>3</sup>/s, soit 105 l/s/km<sup>2</sup>.

Sur un bassin comme celui du Louti, les coïncidences sont plus fréquentes et les débits spécifiques peuvent atteindre 1 à 2 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>.

On constate que le régime tropical favorise les crues les plus sévères : les éléments qui leur sont favorables l'emportent de beaucoup, dans le bassin de la Bénoué, sur les éléments modérateurs : les pluies sont toujours violentes, les pentes généralement fortes et la végétation clairsemée. Les débits sont assez élevés pour créer un réseau hydrographique dense, surtout dans le bassin supérieur. Mais dès l'entrée dans la plaine, les premiers symptômes de dégradation apparaissent. Le franchissement du bourrelet de rive par chaque affluent pose un problème : les cours d'eau restent parallèles et confluent en un point correspondant à une dépression naturelle. Les eaux se rejoignent et inondent des surfaces importantes pendant les crues en perdant de leur vigueur : d'où des débits spécifiques très importants sur les petits bassins et des débits spécifiques modérés sur les grands bassins.

*Irrégularité interannuelle.* — On peut supposer a priori qu'elle sera forte. La pluviométrie annuelle n'est pas très importante et la saison des pluies est courte. Sur vingt-cinq ans, on a trouvé 2,2 pour la Bénoué, coefficient élevé par rapport à la grande superficie du bassin. Il dépasse vraisemblablement 3 pour les bassins de 1.000 ou 2.000 kilomètres carrés.

*Le déficit d'écoulement*, très inférieur au potentiel d'évaporation de l'air (2.500 mm environ), est de 890 millimètres en moyenne sur la Bénoué. Ce n'est pas excessif pour plusieurs raisons : les débits s'écoulent rapidement sur le terrain et dans le fleuve, évitant ainsi une longue évaporation; ils sont totalement écoulés lorsque la saison sèche s'installe et que l'humidité relative descend à quelques pour cent avec des températures diurnes de 40°; la consommation végétale appréciable certes, n'est pas comparable à celle des autres régimes où la forêt crée une rétention très importante; pendant la saison sèche, le sol est déshydraté sur plusieurs décimètres et malgré l'humidité très faible, l'évaporation

est réduite, d'où la différence entre le déficit d'écoulement et le potentiel d'évaporation mesuré sur nappe d'eau libre; le déficit est aggravé dans le cas où les plaines d'inondation et les lacs sont nombreux.

*Érosion.* — Comme on l'a vu, la dégradation des vallées est déjà sensible. Les rivières rongent leurs berges friables et basses et s'élargissent démesurément en d'immenses lits de sable. Les fortes pentes sur les petits bassins et l'absence de végétation dense favorisent une érosion active en tête de bassin. Des mesures récentes ont donné des dégradations spécifiques de 6 à 700 tonnes par an et par kilomètre carré. Ces alluvions se déposent dans la plaine, remblaient les lits, forment des bourrelets de rive, ce qui diminue d'autant les transports solides en aval : aussi la dégradation spécifique sur la Bénoué mesurée à Kinada en aval de Garoua ne semble-t-elle pas dépasser 4 à 6 tonnes par an et par kilomètre carré, c'est-à-dire beaucoup moins que la Seine ou la Loire.

### c. Régime sahélien.

C'est une variante du régime tropical. Il se caractérise par une dégradation beaucoup plus prononcée du réseau hydrographique, et par une pluviosité annuelle inférieure à 700 ou 800 millimètres. Ces caractéristiques s'appliquent aux rivières situées au Nord de Maroua.

La Tsanaga (fig. 10), à Bogo, peut être prise comme rivière type.

*Modules.* — En régime tropical, et à fortiori en régime sahélien, la dissymétrie est très importante et les moyennes n'en rendent évidemment pas compte : le « débit moyen » n'est observé que quelques jours par an. Le module de la Tsanaga, de 3,5 l/s/km<sup>2</sup> à Bogo est plus important qu'on aurait pu le penser compte tenu de la pluviométrie moyenne du Nord Cameroun. Mais les Monts du Mandara culminent à 1.000 mètres et la pluviométrie, mal connue d'ailleurs, y est assez forte; on a mesuré 1.400 millimètres au col de Méri. Ces régions montagneuses présentent toutes les caractéristiques des zones à fort ruissellement : terrain imperméable, fortes pentes et végétation clairsemée; le réseau hydrographique y est bien tracé et les crues se propagent rapidement. Les débits spécifiques sont élevés et analogues à ceux du régime tropical pur; mais quand le mayo entre en plaine, la dégradation du réseau y est beaucoup plus nette; les apports du bassin intermédiaire, négligeables ou nuls, ne compensent pas les pertes par évaporation et infiltration dans les immenses vallées alluviales. On constate donc un amoindrissement des débits d'amont vers l'aval. Sur la Tsanaga, le débit moyen annuel passe de 7 m<sup>3</sup>/s à Maroua pour 930 kilomètres carrés, à 5 m<sup>3</sup>/s à Bogo pour 1.630 kilomètres carrés; il y a souvent disparition complète des débits apparents. En saison des pluies, la Tsanaga se perd dans une zone d'inondation, ou Yaéré, qui borde le Logone, mais son apport est faible et sensible uniquement en fin de saison.

*Variations saisonnières des débits.* — La saison sèche dure d'octobre à mai. Les quatre premiers mois sont entièrement secs et les débits nuls avant la fin de novembre. Durant toute cette période, le sous-écoulement dans les sables est permanent pour un bassin de quelques centaines de kilomètres carrés. Les températures sont élevées, l'humidité relative réduite à quelques pour cent : l'évaporation est donc intense.

Les premières « tornades » sèches apparaissent en avril.

La saison des pluies commence pratiquement en mai. Les grains sont violents mais leur fréquence ne dépasse pas une averse tous les deux à trois jours au plus fort de la saison humide, en août par exemple. Les premiers mois n'enregistrent que de petites crues isolées qui disparaissent peu à peu vers l'aval, absorbées par les sables. L'écoulement permanent ne s'établit qu'en juillet et le maximum de débit se situe généralement en août ou septembre. Chaque averse inscrit une pointe très acérée sur le graphique des débits, atteignant facilement 400 l/s/km<sup>2</sup>; après chaque crue, les débits retombent très vite à leur valeur initiale. Au mois d'octobre, les pluies cessent : les débits diminuent immédiatement et disparaissent quelques semaines plus tard.

*Crues exceptionnelles.* — Pour un petit bassin, les chiffres sont analogues à ceux qui ont été donnés pour le régime tropical pur, car les phénomènes météorologiques générateurs sont les mêmes. Les facteurs *pente, constitution du sol, végétation*, et *période de l'année* viendront modifier les chiffres proposés c'est-à-dire 15 à 20 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> pour 5 kilomètres carrés et 5 à 10 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> pour 25 à 50 kilomètres carrés.

Sur 1.000 ou 2.000 kilomètres carrés et à condition que le bassin supérieur soit montagneux, c'est-à-dire sans dégradation sensible, on observe encore des débits de pointe de 1 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>. En plaine les crues sont très rapidement amorties et les débits dépendent essentiellement du point où sont faites les mesures.

*Irrégularité interannuelle.* — Les observations sont encore trop récentes pour que l'on puisse annoncer des chiffres précis. L'irrégularité doit être forte. On peut supposer que le coefficient K<sup>3</sup> atteint 4 ou peut-être même 5 : il augmente quand la hauteur pluviométrique annuelle diminue.

*Le déficit d'écoulement*, si l'on considère un fleuve de plaine, dépend lui aussi de l'endroit où les mesures sont faites. En montagne le ruissellement est important : sol imperméable, averses intenses, forte pente et végétation pauvre; le déficit est plus faible.

Il est de 600 à 650 millimètres pour la Tsanaga à Maroua mais pour une pluviométrie de 900 millimètres environ, c'est-à-dire supérieure à la pluviométrie du régime typique sahélien.

*L'érosion* est très active dans ces régions. Des mesures de transport solide donneraient certainement des chiffres élevés en montagne, où l'écoulement est important, la végétation rare et ne protégeant pas le sol. En plaine au contraire, les dégradations spécifiques sont modérées puisque l'écoulement faible lui-même décroît d'amont en aval, ce qui explique en partie la création de lacs et de marécages.

H. PELLERAY,

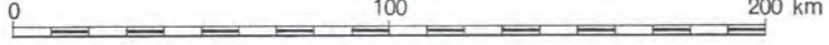
Ingénieur I.E.T. à l'Électricité de France  
Chef de la Section d'Hydrologie  
de l'Institut de Recherches scientifiques  
du Cameroun.  
(O.R.S.T.O.M.)

Rivières	B. V. km <sup>2</sup>	Pluviométrie annuelle - m/m	Régimes	Modules m <sup>3</sup> /s	Modules l/s/km <sup>2</sup>	Étiages caracté- ristiques m <sup>3</sup> /s	Étiages caracté- ristiques l/s/km <sup>2</sup>	Crues annuelles m <sup>3</sup> /s	Crues annuelles l/s/km <sup>2</sup>	Crues de 1, 2, ou 3 jours	Crues de 1, 2, ou 3 jours l/s/km <sup>2</sup>	Crues maxima observées m <sup>3</sup> /s	Crues maxima observées l/s/km <sup>2</sup>	Irrégularité interannuelle	Déficit d'écou- lement m/m
Lobé à Kribi.....	1.940	2.450	Équatorial.	107	55,0	16,0	8,3	365	188	1 j. (411)	212	546	282	1,16 0,85 1,36	750
Lokoundjé à Lolodorf.....	1.177	1.840	Équatorial.	25,8	22,0	3,5	3,0	73	62	1 j. (126)	107	219	187	1,17 0,89 1,32	1.160
Nyong à Mbalmayo.....	14.300	1.480	Équatorial de transition.	108	7,5	30,5	2,1	286	20	1 j. (293)	20,5	370	26	1,18 0,89 1,32	1.250
Mbam à Goura.....	41.000	1.750	Tropical de transition.	731	17,8	131,0	3,2	2.440	60	2 j. (2700)	66	3.150	77	1,12 0,85 1,32	1.300
Lom à Bétaré Oya.....	10.680	1.900	Tropical de transition.	183	17,2	47,0	4,4	530	50	1 j. (600)	56	674	63	1,12 0,86 1,29	1.300
Vina au Lahoré de Wakwa.....	1.690	1.500	Tropical de l'Adamaoua.	37	22,0	7,3	4,3	104	62	1 j. (130)	77	157	93	1,22 0,81 1,51	50
Wouri à Yabassi.....	8.250	2.160	Tropical de l'Ouest.	286	34,7	56,0	6,8	825	100	1 j. (1022)	124	1.075	130	1,1 0,94 1,19	1.200
Bénoué à Garoua.....	64.000	1.080	Tropical.	377	6,0	0,8	0,01	2.230	35	2 j. (3150)	49	6.700	105	1,4 0,64 2,2	890
Sanaga à Édéa.....	135.000	1.650	Mixte.	2.162	16,0	460	3,4	6.643	49	3 j. (6730)		8.500	63	1,15 0,79 1,45	1.140

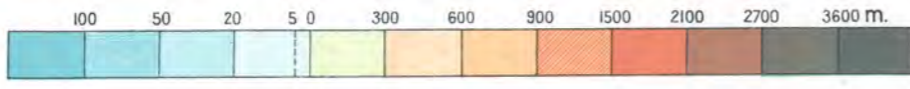


# CAMEROUN ORO-HYDROGRAPHIE

ÉCHELLE : 1/2.000.000



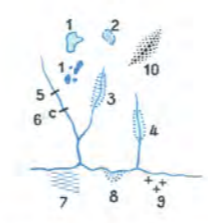
## LÉGENDE



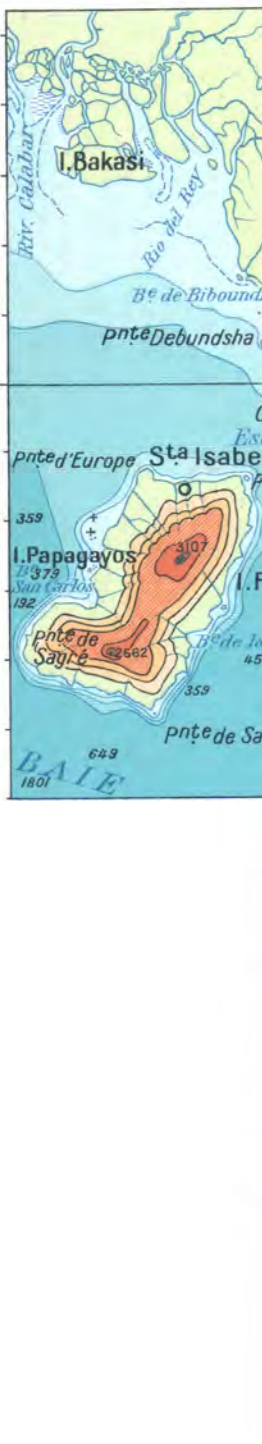
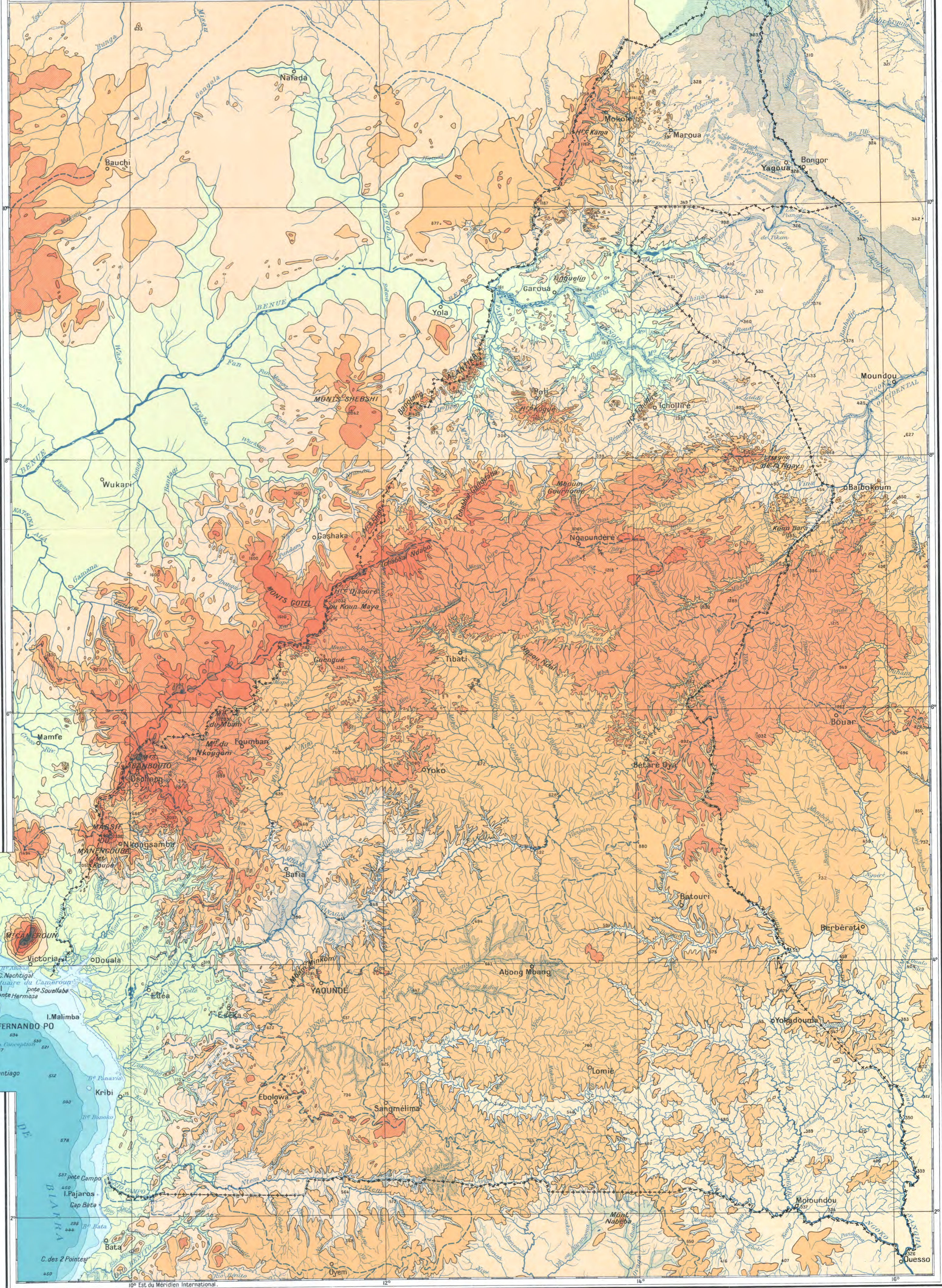
### SIGNES CONVENTIONNELS

--- Limite des principaux bassins

----- Frontière du Cameroun



- 1 - Lacs
- 2 - Lacs ou mares temporaires
- 3 - Zone inondable
- 4 - Marais
- 5 - Rapide
- 6 - Chute
- 7 - Vase
- 8 - Sable
- 9 - Fief
- 10 - Dune





Pelleray H. (1958).

Fleuves et rivières du Cameroun.

In : Atlas du Cameroun.

Yaoundé : IRCAM, 8 p.