

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE

▼
Inspection Générale
pour la Coopération Hors Métropole

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

▼
Service hydrologique

Données sommaires sur les régimes hydrologiques du CAMEROUN



par J. RODIER
Conseiller scientifique à EDF
Chef du service hydrologique de l'ORSTOM

ELECTRICITE de FRANCE

Inspection Générale
pour la Coopération Hors Métropole

OFFICE de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE
et TECHNIQUE OUTRE-MER

Service Hydrologique

DONNEES SOMMAIRES
sur les REGIMES HYDROLOGIQUES du CAMEROUN

par
J. RODIER
Conseiller Scientifique à EDF
Chef du Service Hydrologique de l'ORSTOM

1967

DONNEES SOMMAIRES sur les REGIMES HYDROLOGIQUES du CAMEROUN

Par suite de la grande extension de son territoire entre le treizième parallèle Nord et le deuxième parallèle Sud, la Fédération du CAMEROUN présente une grande variété de régimes pluviométriques et, par suite, de régimes hydrologiques. Ceci est encore accentué, dans une certaine mesure, par la vigueur du relief au centre du pays et tout le long de la frontière occidentale.

I - PRECIPITATIONS

Le régime des précipitations est déterminé sur l'ensemble du pays par le phénomène que l'on désigne assez improprement sous le nom de "mousson". Il n'est pas dans le cadre de cet exposé de présenter les processus aérologiques qui caractérisent la mousson dans les diverses parties du CAMEROUN, on se contentera d'en préciser les caractéristiques les plus importantes au point de vue hydrologique.

En première approximation, les précipitations se produisent suivant une bande orientée grossièrement de l'Ouest à l'Est qui, en Mars - Avril, couvre la partie méridionale du pays, puis remonte progressivement vers le Nord, aborde en Avril - Mai l'ADAMAOUA, en Juin la région de GAROUA et en Juillet l'extrême Nord du pays. Elle redescend en Septembre pour atteindre la frontière méridionale en Octobre - Novembre (1).

Il en résulte une saison des pluies, courte au Nord, couvrant les mois de Juillet - Août et Septembre. Cette saison est nettement plus longue au centre sur l'ADAMAOUA.

(1) Cette bande idéale est située au Sud du front intertropical dont l'arrivée au début de saison des pluies précède nettement les premières averses importantes.

Sur le versant Sud de ce plateau apparaît un ralentissement des précipitations en Juillet - Août.

Sous la latitude de YAOUNDE, ce ralentissement est remplacé par une petite saison sèche.

Enfin, près de la frontière du GABON, il y a à la fois deux saisons des pluies au printemps et en automne et deux saisons sèches en hiver et en été, c'est le régime équatorial pur.

Théoriquement, la durée de l'ensemble de la période pluvieuse croît du Nord au Sud et la hauteur de précipitation annuelle devrait suivre des variations parallèles.

En fait, ce schéma simple est perturbé par la présence des montagnes et la configuration de la côte.

Les versants bien exposés des montagnes ou des plateaux reçoivent des précipitations plus abondantes (c'est le cas du versant méridional de l'ADAMAOUA, du versant Sud-Ouest du Mont CAMEROUN). Par contre, les montagnes "abritent" certaines zones dont la hauteur de précipitation annuelle est anormalement faible (c'est le cas de la région de KAELE ou de la zone de savane boisée au Nord-Est de BERTOUA).

Même quand l'exposition des montagnes n'est pas très favorable, la hauteur de précipitation croît avec l'altitude.

Toute la côte du Golfe de GUINEE est très arrosée et pour une bonne partie de cette côte, la petite saison sèche disparaît (la "grande" correspond à un simple ralentissement des précipitations).

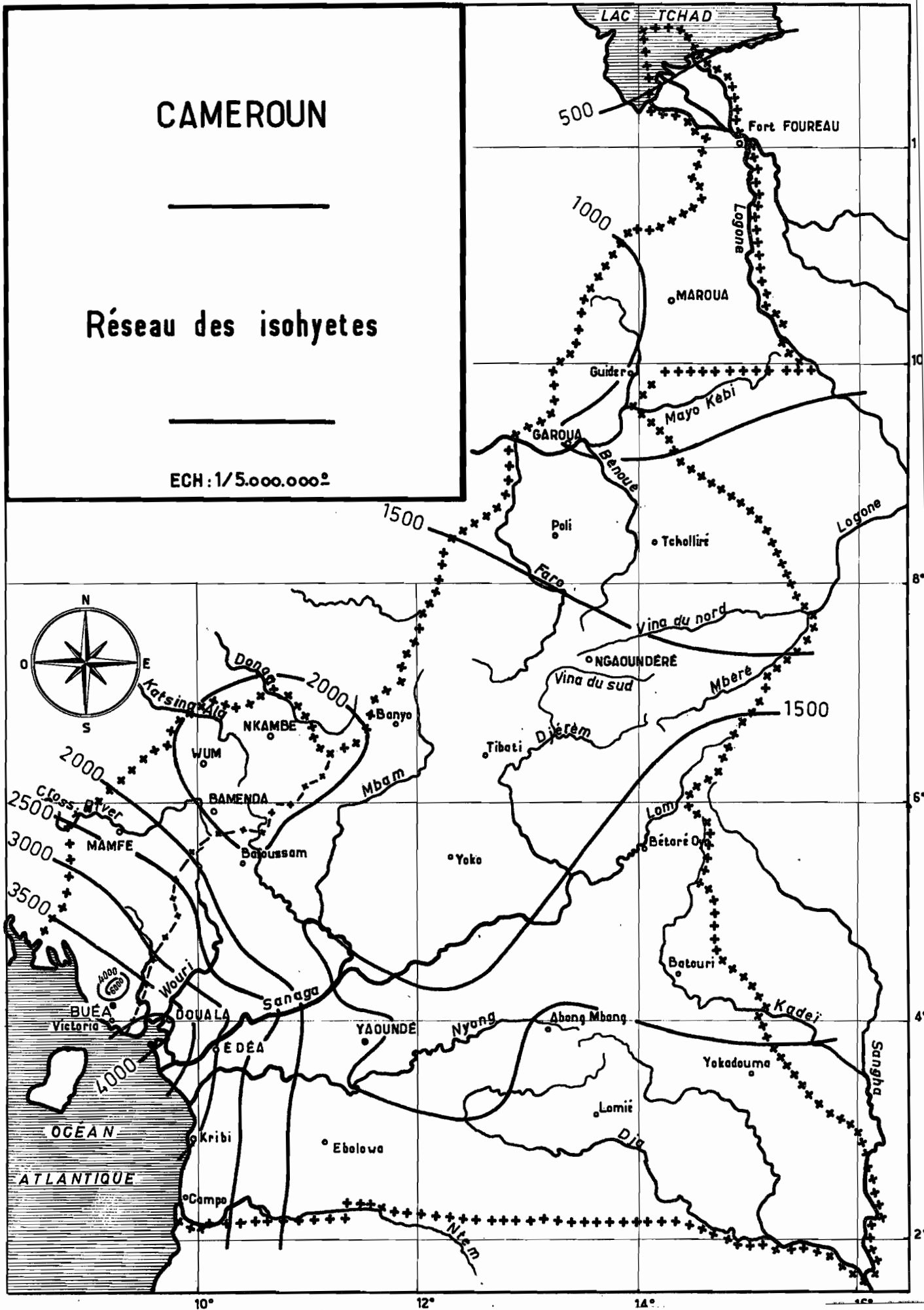
En définitive, le réseau des courbes de précipitations annuelles tel qu'il est figuré sur la carte ci-contre est assez complexe, avec des valeurs minimales de 500 mm environ au Sud du Lac TCHAD, et un maximum de plus de 6 ou 7 000 mm sur les flancs du Mont CAMEROUN.

Le réseau de courbes n'est pas très précis, la densité des postes pluviométriques est trop faible pour une grande partie du pays et les relevés portent généralement sur moins de 20 ans, une grande partie des originaux antérieurs à 1948 ayant été brûlés et aucune copie n'ayant été retrouvée à ce jour.

CAMEROUN

Réseau des isohyètes

ECH : 1/5.000.000^e



On trouve au Nord une zone de faibles précipitations : 500 à 700 mm par an, correspondant à la plaine du LOGONE. Les précipitations augmentent progressivement sur les Monts du MANDARA pour arriver peut-être à un maximum de 1 100 mm.

La vallée du Mayo KEBI, puis de la BENOUE, présente de l'Est à l'Ouest des valeurs plus faibles croissant de 850 - 900 mm à 1 000 mm à la frontière du NIGERIA. Vers le Sud, les précipitations croissent assez rapidement dès le versant septentrional du Plateau de l'ADAMAOUA sur lequel il tombe entre 1 400 et 1 600 mm.

Vers l'Ouest, les précipitations croissent jusqu'à peut-être 2 100 mm au Nord de FOUMBANI, tout le versant Sud-Ouest de l'ADAMAOUA recevant 1 700 mm environ. A l'Est au contraire, une bande allant de BERTOUA à BOUAR est nettement moins arrosée avec moins de 1 400 mm par an.

Au Sud de l'ADAMAOUA, on distingue :

- 1°) Au Sud-Est, une région très montagneuse et très bien arrosée où les hauteurs annuelles dépassent assez souvent 2 000 et 2 500 mm, la côte présentant elle-même des valeurs respectables : DOUALA 4 300 mm, MANOKA 6 000 mm environ.
- 2°) Au Sud et au Sud-Est de YAOUNDE, à la frontière de la République Centrafricaine, une bande assez peu arrosée : de 1 350 à 1 500 mm.

Plus au Sud, les précipitations décroissent de la côte à l'intérieur, rapidement d'abord : de 3 000 à KIBI à 2 500 mm en quelques dizaines de kilomètres, puis plus lentement, jusqu'à 1 700 mm vers la pointe Sud-Est du CAMEROUN.

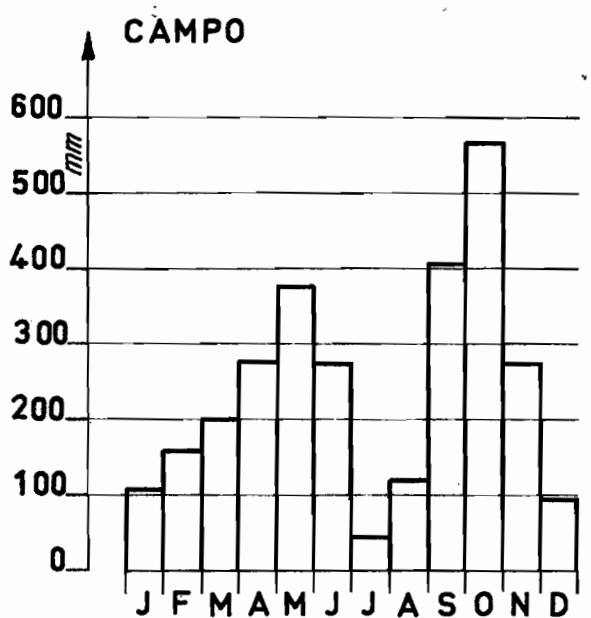
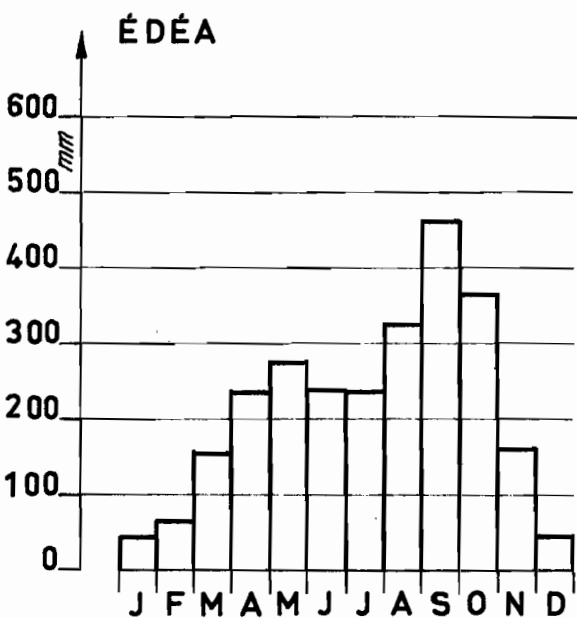
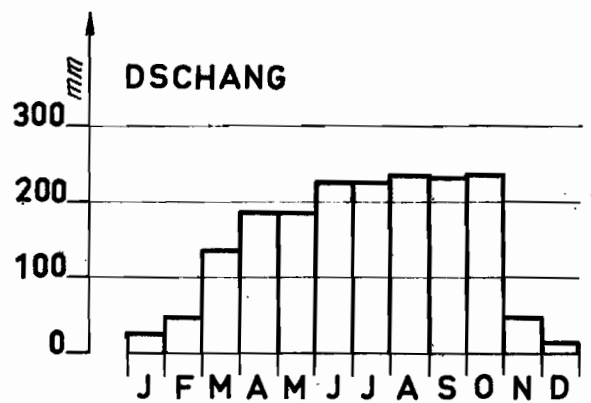
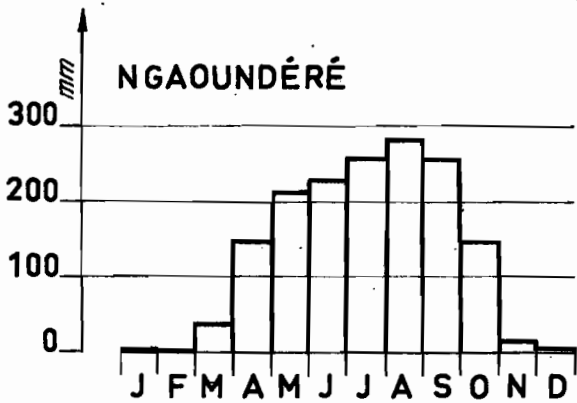
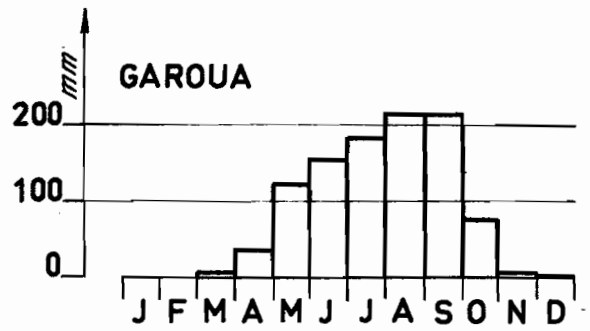
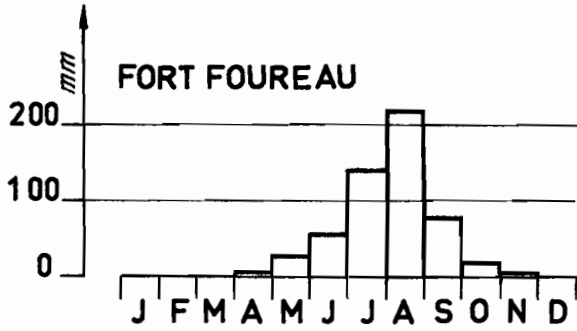
Les variations saisonnières sont représentées sur le diagramme ci-contre. Elles ont été esquissées rapidement au début de cet exposé.

Indiquons que l'on peut distinguer, au point de vue pluviométrique, sept régimes.

- Le régime sahélien à l'extrême Nord, avec une saison des pluies de moins de 3 mois, une saison sèche de 9 mois ; les précipitations sont en général nulles pendant un mois de saison sèche.

CAMEROUN

Précipitations moyennes mensuelles



- Le régime tropical de MAROUA à POLI et REÏ BOUBA, avec une saison des pluies d'un peu plus de 3 mois, une saison sèche rigoureuse d'Octobre à Mai. Pour ce régime et les régimes précédents, les averses sont presque toutes des orages courts et violents. Vers le Nord, le régime passe progressivement au régime sahélien.

- Le régime tropical de transition classique plus au Sud dans les zones de faible altitude, au pied de l'ADAMAOUA, avec une saison sèche de 4 mois à 6 mois.

- Le régime tropical de transition de l'ADAMAOUA avec une saison sèche de 3 à 4 mois : Décembre, Janvier, Février, saison sèche beaucoup moins sévère que dans le régime tropical.

- Le régime tropical de transition de l'Ouest avec une saison des pluies très abondantes.

Ces quatre régimes de transition présentent des averses à caractère continu, à intensité moyenne en plus des tornades orageuses citées plus haut.

- Le régime équatorial de transition présente deux saisons sèches inégales, la petite saison sèche assez courte se produisant en Juillet ou en Août.

- Le régime équatorial pur est caractérisé par deux saisons sèches très comparables, pas plus sévères que dans le régime tropical de transition, et encore beaucoup moins sur la côte. Les saisons des pluies sont comparables, celle d'Octobre-Novembre est la plus abondante.

L'irrégularité interannuelle définie par le rapport K_3 entre l'année humide décennale et l'année sèche décennale est d'autant plus grande que les hauteurs de précipitations sont plus faibles.

Indiquons ci-après quelques valeurs caractéristiques :

FORT-FOUREAU	$K_3 = 1,74$	BETARE-OYA	$K_3 = 1,44$	YAOUNDE	$K_3 = 1,48$
MAROUA	$K_3 = 1,58$	YOKO	$K_3 = 1,52$	DOUALA	$K_3 = 1,48$
GAROUA	$K_3 = 1,72$	DSCHANG	$K_3 = 1,41$	EBOLOWA	$K_3 = 1,35$
NGAOUNDERE	$K_3 = 1,53$	EDEA	$K_3 = 1,51$	CAMPO	$K_3 = 1,50$

Les précipitations exceptionnelles journalières n'ont pas donné lieu à des études systématiques. Elles doivent varier pour la fréquence décennale de 90 mm à 130 mm (1). La côte doit présenter des valeurs décennales généralement supérieures à 200 mm.

(1) Mont CAMEROUN exclu.

II - EVAPORATION

L'évaporation sur nappe d'eau libre et l'évapotranspiration sur un sol couvert de végétation naturelle constituent, avec les précipitations, les facteurs conditionnels climatiques qui exercent la plus forte influence sur le régime hydrologique. L'évaporation est fonction de la radiation solaire globale, de la température et de l'humidité de l'air et du vent. Sans entrer dans le détail de ces données climatologiques, on peut indiquer que l'évaporation, sous sa forme la plus générale, tend à décroître du Nord au Sud avec la décroissance générale des températures, elle tend à décroître également avec l'altitude, enfin, à latitude et altitude équivalentes, elle est d'autant plus faible que la hauteur de précipitation est plus élevée.

L'évaporation sur nappe d'eau libre se mesure au moyen de bac évaporatoire, dont le type le plus simple est le bac Colorado enterré. Quant à l'évapotranspiration réelle, on peut en terrain imperméable la considérer comme égale au déficit d'écoulement.

Le tableau suivant donne, pour un certain nombre de régions du CAMEROUN, dans la première colonne l'évaporation sur bac Colorado enterré, dans la seconde l'évaporation sur nappe d'eau libre d'étendue infinie, dans la troisième l'évapotranspiration réelle :

Régions du Cameroun	Evaporation: bac Colorado (mm)	Evaporation: nappe d'eau: libre (mm)	Evapotrans- piration : réelle (mm)
Extrémité Nord du CAMEROUN	2700	2000	500 à 600
Région de GAROUA	2500	1900	900
Région tropicale de transition Nord	2200	1700 - 1800	1000 - 1100
ADAMAOUA	1700 - 1800	1400 - 1500	1000 - 1100
Région tropicale de transition Sud	1400 - 1600	1200 - 1300	1100 - 1200
Région de YAOUNDE	1000	900	900
Côte du CAMEROUN et Ouest	900 - 1100	800 - 1000	900 - 1000
Sud du CAMEROUN intérieur	1200 - 1300	1200	1200

Les variations saisonnières de l'évaporation sont fortes dans les régions tropicales et surtout sahéliennes : à GAROUA, le maximum se produit en Avril - Mai, sur bac Colorado il est de 10 mm par jour (moyenne mensuelle) ; le minimum voisin de 4 mm se produit en saison des pluies (Août et Septembre).

Dans l'ADAMAOUA les variations sont moins fortes : maximum mensuel, sur bac Colorado : 8,5 en Mars, minimum 3 à 3,2 entre Août et Octobre.

Dans le Sud, les variations sont peu marquées : à YAOUNDE par exemple, on note un maximum à peine perceptible : 3 mm toujours sur bac Colorado entre Février et Mai, et un minimum inférieur à 2 en Septembre.

Au Sud de YAOUNDE, les variations sont certainement plus complexes, mais la courbe reste toujours à peine ondulée.

III - REGIMES HYDROLOGIQUES

Ils sont définis par les conditions climatiques, le sol, la couverture végétale et la pente. La couverture végétale varie avec les conditions climatiques et les terrains présentent généralement des perméabilités assez comparables et faibles, c'est pourquoi, en première approximation, les régimes hydrologiques du CAMEROUN sont liés aux climats et plus précisément aux régimes pluviométriques. On retrouvera donc la même classification :

a) Régime sahélien (précipitations annuelles inférieures à 750 mm) :

Il est caractérisé par la dégradation hydrographique. Au Nord CAMEROUN, c'est la plaine rive gauche du LOGONE. S'il n'y avait pas l'inondation du LOGONE, à neuf mois de sécheresse intégrale succéderaient trois mois au cours desquels les dépressions se rempliraient et communiqueraient plus ou moins mal, donnant lieu à un écoulement anarchique. S'il y a un peu de pente, on observerait une quinzaine de crues brutales entre lesquelles on pourrait observer un faible écoulement de base.

b) Régime tropical au Nord de la BENOUE :

La période de basses eaux est encore caractérisée par un débit apparent nul, les crues commencent en Juillet, elles sont très violentes par suite des fortes pentes et de l'imperméabilité du sol. Il est possible d'observer plus de 500 l/s.km² pour 2 ou 3 000 km². Il y a écoulement permanent pendant toute la période de hautes eaux qui se termine par une courte courbe de tarissement en Octobre. Au Nord-Ouest, dans la région de MAROUA, ce régime est très proche du régime sahélien.

c) Régime tropical au Sud de la BENOUE (précipitations annuelles supérieures à 1 000 mm) :

L'extension de ce régime est limitée au Sud aux premières pentes de l'ADAMAOUA.

L'étiage est encore nul pour presque toutes les rivières, mais la période sans écoulement est beaucoup plus courte : 4 à 6 mois. Les pluies de Juin donnent lieu à écoulement, le débit entre les crues est plus soutenu, la courbe de tarissement se prolonge jusqu'en Novembre ou Décembre. Les crues sont encore violentes si la pente est forte, modérées en plaine (sur cours d'eau de 10 000 km², le débit spécifique de crue décennale doit être un peu supérieur à 100 l/s.km² en zone accidentée, seulement 30 à 40 l/s en plaine).

L'abondance annuelle correspond à un débit moyen annuel ou module déjà notable : 5 l/s.km².

L'irrégularité interannuelle est modérée, le coefficient K₃ (rapport des modules décennaux humides et secs) est voisin de 2.

d) Régime tropical de transition au Nord de l'ADAMAOUA :

Le régime tropical de transition (hauteur de précipitation supérieure à 1 200 mm) couvre une grande partie du CAMEROUN. On l'a divisé en 4 variantes : Nord de l'ADAMAOUA, ADAMAOUA, Sud de l'ADAMAOUA et Ouest. Au Nord de l'ADAMAOUA, c'est un régime de type classique, comme on en rencontre en GUINEE, sans que l'altitude ou le sol interviennent pour donner lieu à des caractéristiques particulières, mais la pente assez forte joue un rôle important.

L'écoulement est souvent permanent. Le débit d'étiage est encore très faible : 0,1 à 0,01 l/s.km². L'hydrogramme de crue présente une dentelle de quatre mois : 15 Juin - 15 Octobre, avec quelques pointes préliminaires en Mai et Juin. Les débits de crues sont assez élevés par suite de la forte pente la crue décennale présente des débits compris entre 100 et 150 l/s.km².

Le coefficient d'irrégularité interannuelle doit être voisin de 1,8. A moins de possibilités exceptionnelles de régularisation, ce régime n'est pas encore favorable à la réalisation d'aménagements hydro-électriques.

e) Le régime de l'ADAMAOUA bénéficie de précipitations assez élevées : 1 400 à 1 600 mm et de pertes par évaporation plus faibles (parfois moins de 1 000 mm par an), par suite d'altitudes souvent supérieures à 1 000 mètres.

L'écoulement est permanent, avec un débit d'étiage qui varie de 0,8 à 4 l/s.km². Ces variations sont dues souvent à la diversité des sols, les sols volcaniques donnant lieu, quand ils sont perméables en surface, à des débits d'étiage plus élevés. La période de basses eaux est très courte : Décembre à Mars, les premières petites crues se produisent très tôt. Elles sont assez fortes par suite de l'abondance des précipitations beaucoup plus que de la pente qui, si elle est très faible pour certains points du plateau, devient notable par endroits, quand on considère un bassin de quelques milliers de km². Dans ce cas, le débit spécifique de crue décennale varie de 65 à 110 l/s.km², il peut dépasser 110 l/s.km² si la pente devient plus

forte. Le rapport entre crue décennale et bi-annuelle varie entre 1,10 et 1,30, ce qui laisse présager des distributions des crues voisines de la distribution gaussique ou même hypogaussique, donc des crues de très faible fréquence, ne s'écartant pas outre mesure de la crue décennale, comme le montre la SANAGA à EDEA : crue décennale 55 l/s.km², crue centenaire : 60 l/s.km². Ceci est peut-être dû à une cause climatique et au freinage dû aux galeries forestières. Le débit moyen annuel est toujours élevé : 17 à 23 l/s.km². L'irrégularité interannuelle est très faible : K₃ est compris généralement entre 1,3 et 1,4. La plupart de ces caractéristiques sont favorables à la production d'énergie hydro-électrique.

f) Régime tropical de transition au Sud de l'ADAMAOUA :

Il se différencie du précédent par une altitude et une latitude plus faibles. Par suite, les pertes par évaporation augmentent du fait de températures plus élevées. La période de hautes eaux s'allonge. Il est difficile de donner des chiffres précis car les stations de jaugeages sont situées sur des cours d'eau correspondant à la fois à ce régime et au régime précédent.

g) Régime tropical de transition de l'Ouest :

C'est un régime de montagne avec des pentes plus fortes que sur l'ADAMAOUA et des pluies plus abondantes. Les débits d'étiage sont assez élevés, mais ils varient beaucoup étant donné la diversité des terrains rencontrés dans cette région. Le débit spécifique d'étiage est peut-être compris entre 5 et 20 l/s.km². Le module annuel est très élevé : entre 25 et 60 (peut-être 70 l/s.km²). Les crues présentent, en général, des débits élevés : entre 150 et 350 (peut-être 300 l/s.km²) pour la crue décennale, sur quelques milliers de km². Bien entendu, si la pente devient très faible, par exemple à l'issue de la plaine des M'BOS, les débits de crue diminuent très sensiblement.

L'irrégularité interannuelle redevient plus forte, K₃ varie de 1,45 à 1,9 par suite non plus d'années très déficitaires, mais de quelques années très fortes et également par suite peut-être des fortes pentes diminuant l'effet de rétention.

h) Régime équatorial de transition :

Ce régime, dont l'extension vers le Nord dépasse à peine YAOUNDE, est caractérisé par deux saisons de basses eaux dont une, parfois mal marquée, se produit en Août-Septembre ; l'autre est à l'époque normale en Février.

Il se trouve qu'au CAMEROUN, les régions relevant du régime équatorial de transition sont en général plates et ne reçoivent pas des précipitations très abondantes. Le débit moyen annuel est donc nettement plus faible que pour les régimes précédents : environ 10 l/s.km², sauf bien entendu pour les régions proches de la côte.

Les débits de crues sont faibles en général, peut-être 30 à 50 l/s.km² pour la crue décennale. L'irrégularité interannuelle un peu plus forte que dans l'ADAMAOUA : K₃ sur le NYONG est égal à 1,55. Ce régime est cependant assez intéressant pour les aménagements hydro-électriques, la faible durée des périodes de basses eaux permettant une certaine régularisation avec des réservoirs de volume modéré.

i) Régime équatorial pur - zone côtière :

On doit distinguer la zone côtière de l'intérieur car la différence entre hauteurs de précipitations est telle que les caractéristiques hydrologiques sont très différentes. La côte reçoit plus de 2 500 mm par an.

Les deux saisons "sèches" sont à peu près comparables, avec des débits spécifiques d'étiage compris probablement entre 4 et 7 l/s.km², la première est centrée sur Janvier et la seconde sur Août. Suivant les années, l'une ou l'autre des deux périodes de hautes eaux est la plus abondante.

Les crues sont fortes : pour 1000 à 2000 km², la crue décennale correspond à 250 à 300 l/s.km² (ce qui correspondrait peut-être à 180 à 200 l/s.km² pour 10 000 km²).

Le débit moyen annuel est élevé : 25 à 50 l/s.km², peut-être plus pour certaines zones particulièrement bien arrosées.

L'irrégularité interannuelle est comparable à celle du régime tropical de l'Ouest : K₃ varie de 1,6 à 1,9.

j) Régime équatorial pur - Régions de l'intérieur :

L'hydrogramme annuel a la même forme que précédemment, mais les débits spécifiques sont beaucoup plus faibles, en rapport avec des précipitations moins abondantes.

Les étiages caractéristiques sont voisins de 2 l/s.km².

Les débits spécifiques de crue décennale, pour 10 000 km², sont de l'ordre de 60 l/s.km².

Le débit moyen annuel n'est plus que de 15 l/s.km². L'irrégularité interannuelle, par contre, est beaucoup plus forte, ce qui est normal, et légèrement supérieure à 2. L'ensemble de ces caractéristiques est nettement moins favorable à la réalisation d'aménagements hydro-électriques que pour les régimes précédents.

IV - REGIMES des COURS d'EAU du CAMEROUN -

Au lieu de considérer les régimes par zones climatiques, on étudiera ci-après les régimes des cours d'eau les plus intéressants pour la production d'énergie hydro-électrique, chaque cours d'eau important étant alimenté par des affluents de régimes hydrologiques souvent différents.

Le Plateau de l'ADAMAOUA constituant un vaste château d'eau au centre du pays, envoie les rivières qui le drainent vers quatre collecteurs : le CHARI, le NIGER par l'intermédiaire de la BENOUE, le CONGO par l'intermédiaire de la SANGA et la SANAGA qui se jette directement dans le golfe de GUINEE. On doit ajouter à cet ensemble les cours d'eau issus au Nord du Massif de MANDARA et qui rejoignent le LOGONE, ceux de l'Ouest du CAMEROUN qui se jettent dans le golfe de GUINEE et toute une série de fleuves côtiers au Sud de la SANAGA qui rejoignent l'Océan Atlantique, le plus important étant le NYONG.

On passera sous silence les mayos du Nord CAMEROUN au Nord de la BENOUE : cours d'eau sahéliens ou tropicaux, variante Nord, dont le régime est sans intérêt pour l'objet principal de ce rapport.

La BENOUE est le plus grand affluent du NIGER, à certains points de vue on pourrait le considérer comme fleuve principal puisqu'au confluent son débit moyen annuel est supérieur à celui du NIGER. Elle prend sa source vers l'extrémité Nord du Plateau de l'ADAMAOUA dont elle descend presque dès son origine, l'influence du régime de l'ADAMAOUA sera donc très faible. Dès son arrivée en plaine, à 90 km de GAROUA, elle reçoit 3 affluents rive droite : les mayos REI, LISRAKA et TCHINA, et un affluent rive gauche, le Mayo BOKI. L'ensemble constitue un éventail fort propice à la génération de crues violentes, d'autant plus que le Mayo TCHINA étant mis à part, la pente des autres cours d'eau est notable et le sol imperméable. Le régime du Mayo TCHINA est tropical pur ; ceux des autres cours d'eau, tropical de transition, sauf pour l'extrémité aval des bassins. La BENOUE, après avoir traversé une plaine de 50 km de long, arrive au défilé de LAGDO que suit la station de RIAO.

A RIAO, le régime est mixte-tropical pur, fortement influencé par le régime tropical de transition (variante Nord). On en trouvera les caractéristiques principales sur le tableau ci-après. On notera plus particulièrement la faiblesse des étiages (la période de très basses eaux dure 5 mois), le débit moyen annuel $274 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondant à $8,8 \text{ l/s.km}^2$, l'irrégularité interannuelle assez forte, $K_3 = 2,2$, et, enfin, le débit de crue décennale de $3400 \text{ m}^3/\text{s}$, la crue centenaire atteindrait $4100 \text{ m}^3/\text{s}$; la fréquence 1/1000 correspondrait à $4700 \text{ m}^3/\text{s}$.

A l'aval de LAGDO, la BENOUE reçoit, sur la rive droite, le Mayo KEBI qui, à l'époque où il apportait toutes les eaux du LOGONE, était le cours d'eau principal. Le Mayo KEBI reçoit, sur sa rive droite, les mayos les plus torrentiels du Nord CAMEROUN, dont le Mayo LOUTI (la rivière folle). Puis la BENOUE passe à GAROUA, importante station repère qui, observée depuis une trentaine d'années, fournit des indications précieuses pour le régime à LAGDO. A la frontière du NIGERIA, la BENOUE reçoit, sur sa rive gauche, le FARO, important cours d'eau à régime mixte : tropical de transition, variante Nord, et ADAMAOUA, dont les crues sont très violentes par suite de la forte pente de son bassin.

Sur le Plateau de l'ADAMAOUA prend naissance la VINA du NORD (BINI à son origine), branche principale du LOGONE. Les débits sont observés depuis peu de temps à TOUBORO. Par comparaison avec le LOGONE à MOUNDOU, il a été apporté quelques corrections aux données brutes d'observations et on a prévu les données suivantes qui confirment le caractère du régime intermédiaire entre le régime tropical de transition au Nord de l'ADAMAOUA et le régime de l'ADAMAOUA :

Débit moyen annuel ou module : $145 \text{ m}^3/\text{s}$, soit $11,8 \text{ l/s.km}^2$, nettement supérieur à celui de la Haute-BENOUE, l'irrégularité interannuelle doit être plus faible, mais certainement supérieure aux chiffres vraiment faibles de $1,3 - 1,4$ caractéristiques de l'ADAMAOUA.

La crue décennale doit être de l'ordre de 115 à 120 l/s.km^2 . La fréquence millénaire correspondrait peut-être à $2\ 000 \text{ m}^3/\text{s}$. Le débit d'étiage caractéristique commence à être notable : $8 \text{ m}^3/\text{s}$, près de $0,7 \text{ l/s.km}^2$; d'ailleurs la période de basses eaux ne dure que 3 à 4 mois.

En tête du bassin, la BINI, mieux arrosée, a des caractéristiques plus favorables qui annoncent celles de la VINA du SUD ; à BEREM où elle n'a pas encore quitté le plateau, elle présente un module annuel de $28,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (18 l/s.km^2) pour $1\ 585 \text{ km}^2$, un étiage caractéristique de $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ($2,8 \text{ l/s.km}^2$) une crue décennale de $250 \text{ m}^3/\text{s}$ (160 l/s.km^2). En année sèche, le débit d'étiage caractéristique descend peut-être à $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

A son arrivée en plaine, au TCHAD, la VINA se joint à la MBERE, issue également de l'ADAMAOUA, pour constituer le LOGONE.

De nombreux cours d'eau de l'ADAMAOUA se dirigent, non sans hésitation parfois, vers le Sud pour constituer le plus important des fleuves camerounais, la SANAGA.

Le plus oriental est le LOM qui, à BETARE-OYA, présente un module normal pour l'ADAMAOUA : $178 \text{ m}^3/\text{s}$, $16,5 \text{ l/s.km}^2$, et un débit d'étiage caractéristique élevé : $4,2 \text{ l/s.km}^2$.

Puis vient le DJEREM avec deux affluents intéressants : le MENG et la VINA du SUD. Le débit moyen annuel spécifique est encore plus élevé que sur le LOM, il dépasse 20 l/s.km^2 : $437 \text{ m}^3/\text{s}$ sur le DJEREM à MBAKAOU correspondant à près de 14 milliards de m^3 , $40 \text{ m}^3/\text{s}$ sur la VINA du SUD au LAHORE. L'irrégularité interannuelle est faible, le coefficient K_3 est compris entre 1,3 et 1,4.

La période de très basses eaux ne dure plus que 3 mois compris entre Février et Mai, avec des débits caractéristiques d'étiage compris entre 1 et 4 l/s.km^2 .

VINA au LAHORE : $7 \text{ m}^3/\text{s}$; DJEREM à MBAKAOU : $29 \text{ m}^3/\text{s}$.

Les débits de crue semblent un peu moins élevés que dans les régimes précédents. Les crues décennales sont les suivantes :

VINA au LAHORE : $170 \text{ m}^3/\text{s}$; MENG à TIBATI : $510 \text{ m}^3/\text{s}$ (110 l/s.km^2) ; DJEREM à MBAKAOU : $2\ 000 \text{ m}^3/\text{s}$ (98 l/s.km^2). On a admis pour le DJEREM à MBAKAOU un débit de crue exceptionnelle de $3\ 200 \text{ m}^3/\text{s}$, soit 157 l/s.km^2 .

Le MBAM draine une portion de l'ADAMAOUA beaucoup moins importante que le LOM et le DJEREM, la moyenne des pentes est plus faible et l'évapotranspiration plus forte d'où un déficit d'écoulement nettement plus fort qui compense et au-delà une hauteur de précipitation plus forte.

Le module du MBAM à GOURA est de $760 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondant à $16,5 \text{ l/s.km}^2$ au lieu de $21,4$ à MBAKAOU. La partie Ouest du bassin ne tend guère à remonter ce débit car le bassin du NOUN est très marécageux, de sorte que son module n'est, à BAFOUSSAM, que de $105 \text{ m}^3/\text{s}$, soit 22 l/s.km^2 , nettement inférieur à celui de son voisin le WOURI. L'irrégularité interannuelle est la même que pour le LOM et le DJEREM. Comme les modules, les crues sont plus faibles que sur l'ADAMAOUA : la crue décennale, sur le MBAM à GOURA, est de $3\ 035 \text{ m}^3/\text{s}$, soit 70 l/s.km^2 au lieu de 100 à 120 sur l'ADAMAOUA. Le NOUN à BAFOUSSAM, quoique bien arrosé, ne peut pas relever ce chiffre puisque la crue décennale n'atteint que $375 \text{ m}^3/\text{s}$, soit 80 l/s.km^2 , chiffre faible pour un bassin de $4\ 700 \text{ km}^2$.

Les étiages caractéristiques restent assez confortables : $90 \text{ m}^3/\text{s}$ à GOURA ($2,1 \text{ l/s.km}^2$) et $12 \text{ m}^3/\text{s}$ ($2,6 \text{ l/s.km}^2$) sur le NOUN, mais ils peuvent descendre assez bas en année exceptionnelle (1 l/s.km^2 en 1961 sur le NOUN). Les caractéristiques du CHOUMI sont à rapprocher de celles du NOUN avec, pour la station de BANOCK, les caractéristiques suivantes :

- Débit moyen annuel : $7,25 \text{ m}^3/\text{s}$ (21 l/s.km^2)
- Crue exceptionnelle : $100 \text{ m}^3/\text{s}$ (300 l/s.km^2)

La SANAGA, formée par le LOM et le DJEREM, grossie du MBAM, intègre ces diverses caractéristiques avec cependant une réduction générale des débits due à l'amortissement des ondes de crues, aux pertes dans les zones d'inondation et aux pentes plus faibles dans les affluents secondaires, dont les débits spécifiques sont ainsi nettement inférieurs à ceux des branches formatrices et des affluents principaux. Ceci n'est valable que pour les petits affluents compris entre BETARE OYA et YOKO, dont les débits spécifiques doivent être nettement inférieurs à ceux du LOM et encore plus pour le Sud du bassin dont le régime est à comparer à celui du NYONG avec faibles modules et très faibles crues. Ceci est lié à des précipitations de 1 400 - 1 500 mm conjuguées avec un régime très proche du régime équatorial de transition. Le régime est mixte : tropical de transition (Sud de l'ADAMAOUA), tropical de l'ADAMAOUA et tropical de transition Ouest, pour une faible part.

Le module de 2 073 m³/s correspond à 15,5 l/s.km².

Le débit d'étiage reste lui assez élevé : 2,7 l/s.km², les petits affluents du Sud ne souffrant pas d'une longue saison sèche.

Les crues sont très affaiblies pour toutes les raisons énumérées plus haut, la crue décennale à EDEA est de 7 400 m³/s (55 l/s.km²), la crue centenaire de 8 200 m³/s (60 l/s.km²).

Plus à l'amont d'ailleurs la station de NACHTIGAL montre bien l'influence des bassins rejoignant LOM et DJEREM à l'aval de BETARE-OYA et de MBAKAOU. Le module est de 1 177 m³/s, correspondant seulement à 15,2 l/s.km² ; la crue décennale de 3 800 m³/s, soit 49 l/s.km² pour un bassin versant nettement inférieur à celui d'EDEA. Il faut dire que les galeries forestières, courantes au Sud de l'ADAMAOUA, exercent sur les grandes crues une action de freinage très importante, comparable à celle que l'on connaît sur la plupart des rivières centrafricaines et en particulier sur les affluents de l'OUBANGUI. La crue de fréquence 1/1000 serait peut-être de l'ordre de 5 000 m³/s.

Le débit d'étiage caractéristique, par contre, reste soutenu : 3,1 l/s.km², les petits affluents de cette région ayant des étiages pas trop sévères.

Le WOURI, appelé en amont le NKAM, constitue un des cours d'eau les plus typiques de l'Ouest avec fortes précipitations annuelles et fortes pentes.

Le débit moyen annuel est plus élevé que sur l'ADAMAOUA : 327 m³/s, soit 39 l/s.km² à YABASSI. Le NKAM présente un module spécifique de 33 l/s.km² seulement, par suite des pertes dans la plaine des MBOS. Pour la même raison les crues du NKAM sont faibles pour la région : 151 l/s.km² pour la crue décennale, alors que l'on devrait s'attendre au double au moins, chiffre en rapport avec les 220 l/s.km² du WOURI. Sur des bassins du type du WOURI il faut s'attendre à des crues exceptionnelles très fortes : 3 à 400 l/s.km² pour des bassins de 5000 km².

L'irrégularité interannuelle est assez forte par suite de la présence d'années exceptionnellement fortes : K_3 est égal à 1,85 sur le WOURI.

Le MUNGO, petit fleuve côtier à l'Ouest du WOURI reçoit sur son bassin de 2330 km² (à MOUNDAME) des précipitations beaucoup plus fortes. Le module est voisin de 140 m³/s, soit 60 l/s.km², très supérieur à celui du WOURI. L'étiage est voisin de 40 m³/s à MOUNDAME, soit 17 l/s.km². Les crues sont très fortes, la crue médiane est de l'ordre de 250 l/s.km², la crue décennale est de 800 m³/s environ, soit 350 l/s.km². Le diagramme annuel des débits présente déjà une première bosse qui annonce le régime équatorial de transition, la période de basses eaux est donc très courte.

Au Sud de la SANAGA commence le régime équatorial, la plupart des cours d'eau sont orientés à peu près de l'Est vers l'Ouest ou de l'Ouest vers l'Est, sauf le KADEÏ, affluent de la SANGA qui, grossie de la DOUME, présente un régime mixte tropical de transition - équatorial de transition.

Parallèlement à la SANAGA coule le NYONG, cours d'eau de régime équatorial de transition typique. La station principale est MBALMAYO. La petite saison sèche présente presque toujours des débits au moins doubles de ceux de la grande (sauf en 1958). La période principale de très basses eaux ne dure que 2 à 3 mois (1 mois de moins que sur l'ADAMAOUA), avec un débit d'étiage de 2,3 l/s.km² (33,5 m³/s) pendant les 10 jours les plus faibles. Cette circonstance est favorable aux aménagements hydro-électriques, mais, malheureusement, la hauteur annuelle moyenne de précipitations est relativement faible : moins de 1500 mm alors que le déficit d'écoulement est voisin de 1200 mm, la pente du bassin est faible également, d'où un module spécifique : 9,3 l/s.km² (correspondant à 133 m³/s à MBALMAYO) beaucoup plus faible que sur l'ADAMAOUA, et une irrégularité interannuelle plus forte : $K_3 = 1,55$ à MBALMAYO.

La distribution des crues se ressent de l'écart relativement faible entre précipitations et déficit d'écoulement, elle est moins régulière que dans certains régimes plus abondants de l'ADAMAOUA, se traduisant par un diagramme qui se relève davantage que la courbe gaussique, alors qu'à EDEA la courbe de distribution est presque gaussique (légèrement en dessous) et qu'il doit en être de même pour certains de ses affluents. La conséquence pratique est que malgré la valeur faible des crues habituelles, ces crues très rares peuvent être décalées par rapport aux crues décennales, comme l'a montré la crue de 1964.

La crue décennale est de 460 m³/s, si l'on extrapole la courbe de distribution jusqu'à la fréquence millénaire, on trouve 850 m³/s.

Au Sud du NYONG, la LOKOUNDJE à LOLODORF présente presque le régime équatorial pur. Bénéficiant de précipitations abondantes, elle a un module spécifique élevé.

Plus au Sud, le petit fleuve côtier de la LOHE est caractéristique du régime équatorial pur de la zone côtière. Les deux périodes de basses eaux présentent des longueurs et des débits comparables ; chacune dure deux mois à deux mois et demis en moyenne. Le débit d'étiage caractéristique à KRIBI est de 12 m³/s, soit 6,2 l/s.km², valeur élevée. Le débit moyen annuel est fort sur un si petit bassin : 108 m³/s, soit 56 l/s.km², valeur comparable à celles observées sur la côte Est de MADAGASCAR, en rapport avec une hauteur de précipitations annuelles moyenne de 2500 mm au moins. L'irrégularité interannuelle reste modérée mais plus élevée que pour l'ADAMAOUA : $K_3 = 1,6$. La crue décennale est relativement forte : 510 m³/s (263 l/s.km²). Il est très difficile, pour un si petit bassin et un régime mal connu, de donner une valeur pour la "crue de fréquence millénaire". Il ne serait pas raisonnable d'admettre moins de 1000 m³/s.

Enfin, à la frontière méridionale du CAMEROUN coulent le NTEM et le DJA. Le NTEM, fleuve côtier avec régime équatorial de l'intérieur a son bassin beaucoup moins bien arrosé que la LOHE, son module spécifique est 3 fois plus faible et son débit d'étiage spécifique est inférieur à la moitié de celui de la LOHE.

Le DJA, affluent de la SANGA, a un régime analogue.

Dans tout ce qui précède, il n'a pas été question de transports solides car, en général, ils ne posent pas de problèmes pour l'exploitation des retenues. Si l'érosion est forte sur les parcelles cultivées, la proportion de celles-ci par rapport aux jachères ou à la savane est faible en général, les produits arrachés au sol se déposent très vite, bien avant d'atteindre les grands cours d'eau, de sorte que la turbidité de ceux-ci est faible : 3 à 400 g/m³ au maximum, 60 g en basses eaux au Nord de l'ADAMAOUA (1).

(1) Il n'en est pas de même pour la région de MAROUA où l'érosion est forte.

En forêt, la turbidité est beaucoup plus faible encore. Mais il conviendra de se méfier de certains cours d'eau de l'Ouest, où la hauteur de précipitations est forte, la population dense et la pente du terrain élevée : toutes circonstances favorables à l'érosion. Des mesures de turbidité s'imposeront dans ces régions.

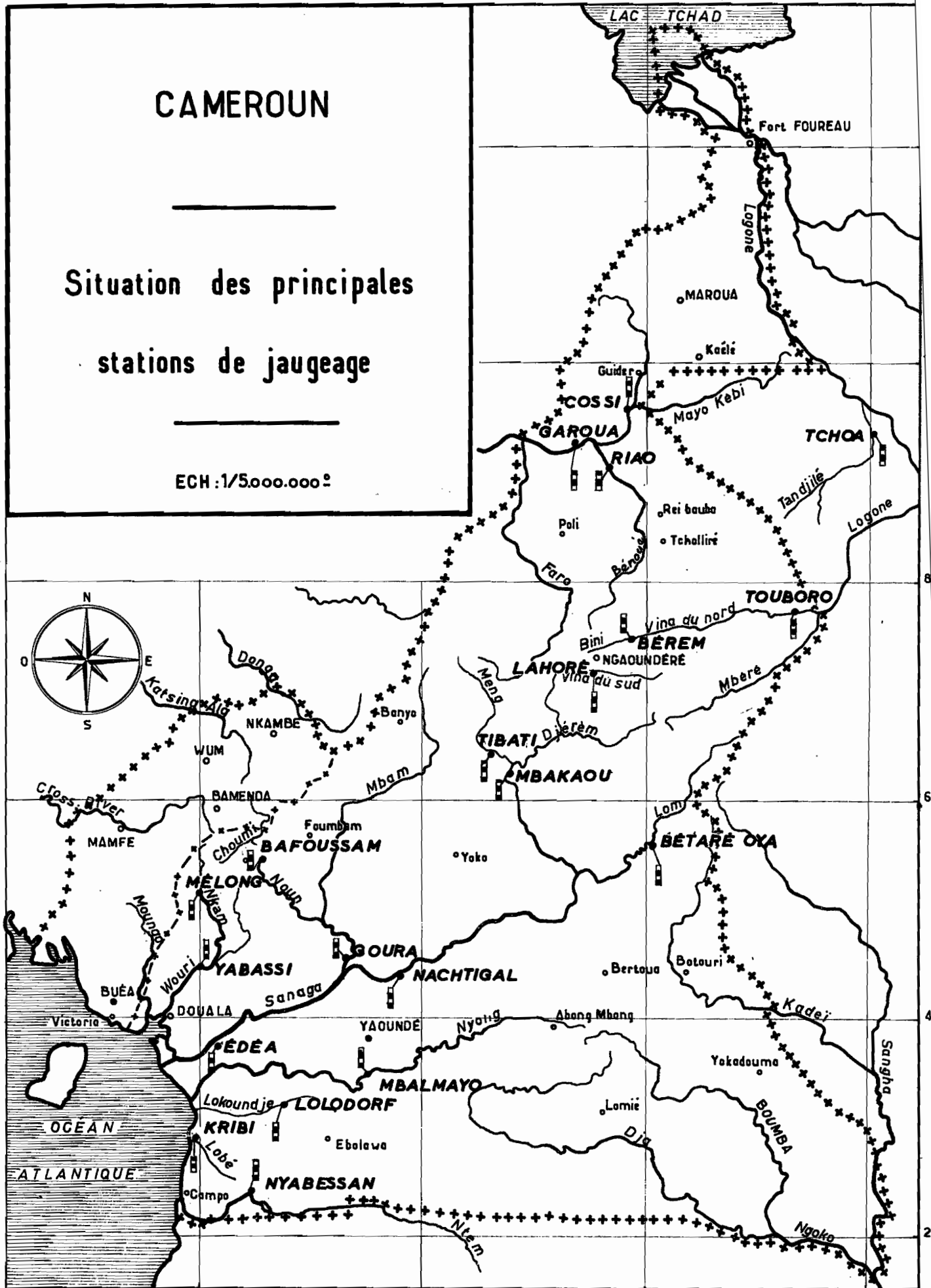
Pour les cours d'eau de bassins plus grands que 1 000 km², le volume total de charriage étant très inférieur au volume en suspension, des mesures de turbidité suffisent.

En ce qui concerne la qualité des eaux, elles risquent souvent d'être agressives. Des analyses s'imposeront dans tous les cas.

CAMEROUN

Situation des principales stations de jaugeage

ECH : 1/5.000.000^e



REGIME aux STATIONS PRINCIPALES du CAMEROUN

Station	Régime	Superficie : km ²	Module : m ³ /s	Module spéc. : l/s.km ²	Etiage car. : m ³ /s	Etiage spéc. : l/s.km ²	Q _M observé : m ³ /s	Q _M spéc. : l/s.km ²	Q ₁₀ spéc. : l/s.km ²	Q ₁₀₀ spéc. : l/s.km ²	K ₃
Le MAYO KEBI à KOSSI	TN + S	30 000	100	3,3	0	0	1 184	40	38		1,75
La BENOUE à GAROUA	TN + TS+TT	64 000	386	6	1	0,016	6 130	95	70	95	1,9
La TANDJILE* à TCHOA	TS	5 650	15,6	2,8	0,7	0,12	188	33	34		
La BENOUE à RIAO	TS + TT	31 000	274	8,8	(0,15)	(0,005)	3 180	103	110	135	2,2
La VINA à TOUBORO	TT + TA	12 280	145	11,8	8,2	0,67	1 005	85	(120)		
La VINA au LAHORE	TA	1 690	40	23,8	7	4,1	157	93	(100)		(1,4)
Le MENG à TIBATI	TA	4 600	106	23	3,9	0,8	529	115	110		1,3
Le DJEREM à MBAKAOU	TA	20 390	437	21,4	29	1,4	2 025	100	98		(1,35)
Le LOM à BETARE OYA	TT + TA	10 680	178	16,5	45	4,2	689	64	64		1,40
Le MBALI à GOURA	TT + TW + TA	43 000	760	17,5	90	2,1	3 035	70	70		1,35
Le NOUN à BAFOUSSAM	TW	4 700	105	22	12	2,6	(400)	85	80		1,45
La SANAGA à NACHTIGAL	TA + TT	77 200	1 177	15,2	240	3,1	4 069	53	49	55 ?	1,40
La SANAGA à EDEA	TA + TT + TW+ ET	135 000	2 073	15,5	360	2,7	7 625	56	55	60	1,40

TN : Tropical au Nord de la BENOUE

TS : Tropical au Sud de la BENOUE

TT : Tropical de transition

TA : ADAMAOUA

TW : Tropical Ouest

ET : Equatorial de transition

E : Equatorial pur

S : Sahélien

Etiage car. : étiage caractéristique : 10 jours

*Affluent tchadien du LOGONE - Régime TS pur
Station de référence

REGIME aux STATIONS PRINCIPALES du CAMEROUN (Suite)

Station	Régime	Superficie km ²	Module m ³ /s	Module spéc. l/s.km ²	Etiage car. m ³ /s	Etiage spéc. l/s.km ²	Q _M observé m ³ /s	Q _M spéc. l/s.km ²	Q ₁₀ spéc. l/s.km ²	Q ₁₀₀ spéc. l/s.km ²	K ₃
Le NKAM à MELONG	TW	2 290	75	33	12,5	5,5	345	151	151		1,5
Le WOURI à YABASSI	TW	8 250	327	39	71	8,6	1850	221	220		1,85
Le NYONG à MBALMAYO	ET	14 300	133	9,3	33,5	2,3	557	39	32	40	1,55
La LOKOUNDJE à LOLODORF	ET + E	1 177	29	24,6	3,5	3	300	255	102		1,9
La LOHE à KRIBI	E	1 940	108	56	12	6,2	546	281	263		1,6
Le NIEM à NYABESSAN	E	18 060	276	15,3	51	2,8	1000	55	54		2,2

TN : Tropical au Nord de la BENOUE

TS : Tropical au Sud de la BENOUE

TT : Tropical de transition

TA : ADAMAOUA

TW : Tropical Ouest

ET : Equatorial de transition

E : Equatorial pur

S : Sahélien

Etiage car. : étiage caractéristique : 10 jours