

CCTA/CSA
Lagos - Nairobi
- PMB 2359, Lagos -

Original : Français
Paris, le 7 Février 1963

DEUXIEME REUNION du COMITE du NIGER

NIAMEY, 19-21 Février 1963

DONNEES HYDROLOGIQUES ESSENTIELLES CONCERNANT le NIGER

par J.A. RODIER

Ingénieur en Chef à Electricité de France

Chef du Service Hydrologique de
l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

Coordinateur du Réseau de Correspondants de
la Commission de Coopération Technique en Afrique pour l'Hydrologie

Hydrologie

70083

C.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
N° : 32981. ex 4
Cote : B

En accord avec l'étendue de son bassin, 1 500 000 km² (1), et la longueur de son cours, 4 200 km environ, le NIGER présente une alimentation assez complexe, comme on peut le voir par ce qui suit :

Les branches supérieures prennent leurs sources sur le revers oriental du FOUTA DJALLON et dans le Massif qui le prolonge vers le Sud-Ouest, au voisinage de la frontière entre GUINEE et LIBERIA. Ces régions montagneuses, relativement élevées et bien arrosées, donnent lieu à des débits spécifiques abondants.

Avec son principal affluent de rive droite, le BANI, le NIGER constitue un fleuve puissant qui se dirige résolument vers le Nord-Ouest, c'est-à-dire le Centre de l'Afrique Occidentale où l'attendent de nombreuses difficultés qui l'empêcheront de tenir les brillantes promesses de son cours supérieur. Entre SEGOU et MOPTI, il arrive en effet dans la zone lacustre, région sahélienne à très faible pente dont on trouve des équivalents sur presque tous les fleuves de cette région tropicale de l'hémisphère Nord, y compris le NIL. Les apports de cette région sont insignifiants, le NIGER se divise en plusieurs bras, et alimente de nombreux lacs, d'innombrables zones d'inondation où les pertes par évaporation sont énormes. Grâce à une capture récente, il finit cependant par sortir de cette zone lacustre, bien amoindri et avec un régime sensiblement modifié.

Il se dirige alors vers le Sud-Est constituant ainsi, avec la zone lacustre, une très grande boucle. Sa direction générale reste à peu près la même jusqu'au NIGERIA. Dans ces conditions, son débit va être renforcé par des apports de plus en plus importants. Mais, jusqu'à NIAMEY, le renforcement dû aux apports sahéliens de la rive droite et subdésertique de la rive gauche est insignifiant. Plus à l'aval, il reçoit les apports des cours d'eau tropicaux du DAHOMEY dont la crue arrive très décalée par rapport à celle du cours supérieur, d'où un hydrogramme annuel à double pointe. Après MALANVILLE, à la frontière du NIGERIA, il reçoit, sur sa rive gauche, les apports des cours d'eau sahéliens du NIGERIA du Nord et surtout, sur sa rive droite, ceux des cours d'eau tropicaux de transition dont les bassins sont plus petits, mais les débits beaucoup plus abondants.

(1) bassin théorique, y compris les zones désertiques.

Enfin, à LOKODJA, la BENOUE, son principal affluent, débouche dans le NIGER. Avec son bassin de 340 000 km² environ, la bonne alimentation des affluents tropicaux de transition de sa rive gauche, la BENOUE à LOKODJA présente un débit annuel égal à 3 400 m³/s, soit 120 % du débit du NIGER à l'amont du confluent.

A l'aval de ce confluent, le NIGER se dirige vers le Sud, reçoit encore quelques petits affluents assez abondants et se jette dans l'Océan Atlantique par un très grand delta qui couvre près de 25 000 km².

Pour l'étude du régime du fleuve, on peut diviser le bassin comme suit :

- 1° - Le bassin supérieur : NIGER à l'amont de KOULIKORO et BANI à l'amont de MOPTI.
- 2° - La zone lacustre qui s'étend jusqu'à TOMBOUCTOU.
- 3° - Le NIGER moyen : depuis la Boucle jusqu'au confluent de la BENOUE.
- 4° - Le bassin supérieur de la BENOUE en amont de la dorsale entre NIGERIA et CAHEROUN.
- 5° - La BENOUE inférieure jusqu'au confluent.
- 6° - Le NIGER inférieur.

Il serait trop beau qu'à la limite aval de chacun de ces bassins partiels se trouve une très bonne station de jaugeage observée depuis longtemps. Mais il est possible de déterminer les caractéristiques hydrologiques de chacun de ces biefs avec une précision suffisante. On les trouvera dans le tableau ci-après.

a) BASSIN SUPERIEUR -

Il est représenté dans notre tableau par la station de KOULIKORO, d'une part, et l'ensemble des deux bassins du NIGER à KOULIKORO et du BANI à DOUNA, d'autre part.

Le NIGER Supérieur est constitué par la réunion de quatre branches mères d'importance comparable :

- le NIGER proprement dit, ou DIOLIBA, (B.V. 18 600 km², module : 250 m³/s),
- le NIANDAN (B.V. 12 700 km², module : 260 m³/s),
- le MILO (B.V. 13 500 km², module : 275 m³/s),
- le TINKISSO (B.V. 19 800 km², module : 220 m³/s).

Le NIANDAN et le MILO, dont les bassins supérieurs sont les mieux arrosés (plus de 2000 mm par an), et dont la pente est la plus forte, présentent les débits spécifiques les plus abondants. Tous ces cours d'eau ressortent du régime tropical de transition : la partie supérieure du NIANDAN et du MILO correspondent à la variante méridionale de ce régime avec une période de hautes eaux très longue, une période de basses eaux très courte, avec quelques petites crues.

Dans leur cours inférieur, NIANDAN, MILO et TINKISSO présentent des plaines d'inondation assez étendues qui contribuent, en année très humide, à laminer les pointes de crues. Le NIGER étant ainsi constitué un peu à l'amont de SIGUIRI, reçoit sur sa rive droite un important affluent, le SANKARANI (B.V. 35 500 km², module : 405 m³/s). Le régime du SANKARANI est intermédiaire entre celui des cours d'eau dont nous venons de parler et le régime du BANI, très voisin du régime tropical pur. Entre le confluent du SANKARANI et BAMAKO ou KOULIKORO, le NIGER ne reçoit aucun affluent important. Seules, les parties septentrionales des bassins du SANKARANI et du TINKISSO ressortent du régime tropical pur. La faible abondance et l'extrême sévérité des étiages de cette petite partie du bassin est compensée par les caractéristiques inverses du MILO et du NIANDAN Supérieur. On peut dire qu'à KOULIKORO le régime correspond sensiblement au régime tropical de transition classique avec un débit d'étiage soutenu et une période de hautes eaux prolongée.

Il est tentant de comparer ces caractéristiques à celles du SENEGAL à BAKEL qui présente un bassin versant actif de superficie voisine : 135 000 km², l'un représentant assez bien le régime tropical pur avec une hauteur de précipitation annuelle de 1160 mm, et l'autre le régime tropical de transition, avec 1600 mm par an.

Le module du NIGER est le double de celui du SENEGAL, bien que la hauteur de précipitation annuelle ne soit supérieure que de 38 %, mais, sur le SENEGAL, l'hydrogramme annuel est nettement plus aigu, les crues du SENEGAL sont nettement plus violentes malgré un réseau hydrographique un peu moins favorable : la crue annuelle correspond à 75 % de la crue du NIGER pour un module deux fois moindre, les crues décennales et centenaires sont très voisines.

Par contre, les basses eaux sont beaucoup moins abondantes sur le SENEGAL. Le débit caractéristique de 9 mois est de 40 m³/s, au lieu de 115 m³/s, le débit d'étiage est 10 à 12 fois plus faible. Notons cependant que le débit d'étiage du NIGER est très irrégulier (les valeurs observées varient entre 18 et 137 m³/s), ceci tient au fait que, sur la partie supérieure du bassin, la saison sèche peut être trop courte certaines années pour que le tarissement soit très avancé, alors que sur le SENEGAL, à la fin de la saison sèche, le tarissement est presque complet. Cette singularité étant mise à part, on voit que le NIGER présente un régime beaucoup plus régulier que le SENEGAL ; le coefficient d'irrégularité interannuel : $K_3 = 1,89$ est beaucoup plus faible d'ailleurs que celui du SENEGAL : 2,75.

Le BANI est constitué par la réunion du BAOULE et de la BAGOË. Ces deux cours d'eau prennent leur source dans des régions de collines au Nord de la COTE d'IVOIRE. Au voisinage de ces sources, la hauteur de précipitations est assez élevée : 1500 à 1600 mm, mais le climat devient plus sec. L'ensemble du bassin occupe une position beaucoup plus septentrionale que le NIGER Supérieur. La pente diminue très rapidement : 70 % du bassin est compris entre 300 et 400 mm, aussi après quelques dizaines de km, ces cours d'eau présentent un lit très sinueux au milieu d'une large plaine d'inondation ; ces caractéristiques, déjà notables pour le TINKISSO et le SANKARANI, sont absolument la règle pour tous les tributaires du BANI. Il en résulte des crues amorties par les pertes dans les plaines d'inondation et un diagramme annuel de forme très régulière ; par contre, les plaines d'inondation restituent

en basses eaux une faible partie de ce qu'elles ont absorbé en crue et c'est fort heureux car, même dans le Sud du bassin, il est assez rare de rencontrer des petites cours d'eau à écoulement permanent. Le tiers méridional ressort du régime tropical de transition, il s'agit d'une variante assez peu abondante, intermédiaire entre celui des branches du NIGER et le régime dahoméen. Le reste du bassin fait partie du régime tropical pur. Mais, par suite de la faible pente, on ne retrouve plus les crues violentes du SENEGAL.

Le module $670 \text{ m}^3/\text{s}$ à DOUNA est un peu plus abondant qu'il ne serait sur le SENEGAL pour un bassin de $102\ 000 \text{ km}^2$, ce qui montre l'influence guinéenne plus marquée sur le BANI, mais la crue: $2980 \text{ m}^3/\text{s}$ est nettement plus faible qu'elle ne le serait sur le SENEGAL pour le même bassin. Ceci est encore mieux marqué pour la crue décennale : $3180 \text{ m}^3/\text{s}$ au lieu de $\frac{7600 \times 102}{135}$, soit $5700 \text{ m}^3/\text{s}$ que l'on trouverait sur le SENEGAL.

L'étiage, $20 \text{ m}^3/\text{s}$ environ, est beaucoup plus fort. Le coefficient d'irrégularité interannuelle est encore plus faible qu'à KOULIKORO.

Le Bassin supérieur du NIGER apporte donc 70 milliards de m^3 par an avec un débit maximal annuel de $6220 + 2980 \text{ m}^3/\text{s}$ et un débit d'étiage de $50 \text{ m}^3/\text{s}$. Qu'en resterait-il après l'épreuve redoutable de la traversée de la zone lacustre ?

La zone lacustre du NIGER est un exemple typique de la traversée des régions sahéliennes par un grand fleuve venant de régions méridionales mieux arrosées. Elle est comparable au SUDD que traverse le NIL et à la MESOPOTAMIE Tchadienne formée par le CHARI et le LOGONE.

Il s'agit d'un pays très plat légèrement en contrebas par rapport au niveau de crue dans le NIGER et soumis à une très longue saison sèche pendant laquelle l'évaporation est très forte. On constate en effet que la hauteur d'eau évaporée annuelle est voisine de $2,50 \text{ m}$ en moyenne sur ces eaux peu profondes.

On comprend aisément que, dans ces conditions, les plaines d'inondation s'étendent à l'infini, que de nombreux effluents quittent le bras principal en hautes eaux, et que, la majeure partie de l'eau quittant le fleuve soit perdue par l'évaporation, d'autant plus que, dans le cas particulier du NIGER, ces bras alimentent de nombreux lacs sur la rive droite comme sur la rive gauche. Un autre trait caractéristique de

cette zone lacustre est l'abaissement progressif, au cours des siècles, du plan d'eau par le lent creusement du seuil qui commande l'écoulement à l'aval, le seuil de TOSSAYE. Il en résulte qu'à l'amont de la zone lacustre certains effluents sont maintenant fossiles, tel le bras de MOLODO qui a été remis artificiellement en eau par l'Office du NIGER.

La zone de dégradation hydrographique de la cuvette lacustre commencerait théoriquement à SEGOU avec cet effluent fossile. En fait, elle débute 100 km plus loin vers KE MACINA. De même sur le BANI, elle commence peu après DOUNA mais jusqu'au confluent avec le NIGER, les pertes du BANI vers ce fleuve sont limitées, malgré la présence de nombreux bras secondaires joignant deux cours d'eau.

A DIAFARABE, le DIAKA quitte le fleuve principal et se dirige vers l'Ouest pour rejoindre bien péniblement le lac DEBO. La répartition est la suivante : $\frac{2}{3}$ du débit moyen annuel reste et, dans le NIGER, $\frac{1}{3}$ emprunte le DIAKA, la répartition est la même pour le débit de crue. Une série de bras secondaires quittent encore le NIGER sur la rive gauche vers le DIAKA ou le lac DEBO, tandis que sur la rive droite, de nombreuses communications relient le NIGER et le BANI. Puis le fleuve parvient à MOPTI où il reçoit le BANI, il oblique légèrement vers le Nord et tombe dans le lac DEBO. Il y retrouve d'ailleurs ce qui reste des apports des bras rive gauche.

De la rive Nord du lac DEBO part le BARA ISSA qui rejoint le fleuve juste avant DIRE et alimente, vers l'Est, les lacs de la rive droite dont les plus importants sont : KORAROU, BOUGOUNDOU, NIANGAYE et GAROU ; les plus éloignés ne sont remplis qu'en période de forte hydraulité.

Du lac DEBO sort le bras principal, l'ISSA BER qui s'incurve d'abord légèrement vers l'Ouest avant de reprendre la direction Nord-Est, il est rejoint par le BARA ISSA et passe à la station principale de DIRE. Auparavant, il alimente par sa rive gauche une série de mares et de lacs dont les lacs HORO et FATI. A l'aval de DIRE, le NIGER alimente le lac TELE lequel remplit le lac FAGUIBINE. Ce lac présente beaucoup de points communs avec le lac TCHAD, en particulier, ses eaux restent douces grâce au même processus, ses avancées vers l'Ouest sont de bons repères de l'hydraulité du NIGER et ses rives peuvent donner lieu à une mise en valeur agricole intéressante.

Bien entendu, il faut ajouter à ce schéma déjà complexe de bras principaux et de lacs, d'innombrables bras et dépressions secondaires, les plaines d'inondation qui les bordent, cet ensemble constituant une zone lacustre longue de 450 km, large de plus de 200 km dans sa plus grande largeur et dont la superficie est de l'ordre de 80 000 km².

Au droit de TOMBOUCTOU, les divagations cessent, les plaines d'inondation deviennent très réduites, c'est la fin de cette zone lacustre.

Pour des raisons qui n'ont de rapport ni avec l'hydrographie, ni avec l'hydrologie, la station principale de la sortie de la sortie de cette zone est DIRE, et non KABARA, faubourg de TOMBOUCTOU. Mais les pertes entre DIRE et KABARA sont à peu près de l'ordre de grandeur des erreurs de mesures sur le module à DIRE.

Depuis les stations de KOULIKORO et de SOFARA (sur le BANI), le NIGER a reçu :

- les apports directs des précipitations sur la partie de la cuvette en eau de Juillet à Septembre. Ces apports sont faibles, la superficie correspondante étant minimale à cette époque de l'année.
- les apports d'un unique affluent, la YAME, issue du massif de BANDIAGARA : moins de 500 000 000 m³ par an.

Mais ses pertes sont énormes. En effet, le module à DIRE n'est plus que de 1110 m³/s (sur 51 ans), soit la moitié du module entrant dans la cuvette lacustre. Les valeurs maximales annuelles à KOULIKORO et DOUNA étaient respectivement de 6 220 m³/s et 2 980 m³/s, il en reste 2350 m³/s. Par contre, nous avons déjà vu qu'il était devenu beaucoup plus régulier. L'étiage, difficile à mesurer, est resté à peu près le même, le maximum correspond seulement à 2,1 fois le module, la crue décennale n'est plus que de 2 640 m³/s, soit 1,12 fois la crue annuelle, alors qu'à KOULIKORO, le même rapport est égal à 1,27, l'irrégularité annuelle définie par le coefficient K₃ est de 1,71, nettement amélioré par rapport à l'ensemble KOULIKORO + DOUNA.

On trouvera, dans le tableau ci-après, les caractéristiques principales à DIRE, à la sortie de la cuvette lacustre.

NIGER SUPERIEUR et ZONE LACUSTRE

CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES ESSENTIELLES aux STATIONS
de KOULIKORO, KOULIKORO + DOUNA et DIRE

Caractéristiques	Unité	KOULIKORO	KOULIKORO + DOUNA	DIRE
Superficie	km ²	120 000	222 000	330 000
Précipitation moyenne annuelle	mm	1 600	1 450	(1)
Débit moyen annuel	m ³ /s	1 545	2 215	1 110
Volume moyen annuel	m ³	49 x 10 ⁹	70 x 10 ⁹	35 x 10 ⁹
Débit d'étiage absolu	m ³ /s	32	(50)	(50)
DC 9	m ³ /s	115	170	250
DC 3	m ³ /s	2 400	3 700	1 960
Débit caractéristique de crue	m ³ /s	5 840	5 840 + 2 900	2 320
Maximum annuel	m ³ /s	6 220	6 220 + 2 980	2 350
Crue décennale	m ³ /s	7 900	7 900 + 3 180	2 660
Crue centenaire	m ³ /s	9 600	9 600 + 3 750	2 800
Volume annuel, année humide - 1er décile	m ³	63,5 x 10 ⁹	90 x 10 ⁹	47 x 10 ⁹
Volume annuel, année sèche - dernier décile	m ³	33,5 x 10 ⁹	50 x 10 ⁹	27,5 x 10 ⁹
Déficit écoulement	mm	1 165	1 135	(1)
Coefficient d'irrégulari- té interannuelle		1,89	1,80	1,71

(1) sans signification.

Après DIRE, le NIGER s'infléchit peu à peu vers l'Est, passe par un défilé étroit au seuil de TOSSAYE par où il peut enfin s'échapper vers l'Océan, il se dirige alors vers le Sud-Est et va rencontrer des affluents de mieux en mieux alimentés ; mais il faut bien reconnaître que pendant une bonne distance ces promesses sont bien cachées.

Le TILEMSI, sur la rive gauche, qui est sensé drainer le Sud de l'ADRAR des IFORAS est désespérément fossile et le premier affluent rive gauche voltaïque présentant un écoulement notable, le GOROUOL, apporte en année moyenne moins de 150 000 000 m³ pour 45 000 km². Jusqu'à NIAMEY on compte, toujours sur la rive gauche, trois affluents sahéliens dont le plus important est la SIRBA, qui apportent au total peut-être 1 000 000 000 m³.

Le régime s'en trouve assez peu modifié, la période des basses eaux est légèrement plus courte et, en Septembre, date correspondant à la crue maximale de ces affluents sahéliens, le débit du NIGER peut se trouver renforcé de 5 % (année faible) sur ces cours d'eau à 25 % (année forte).

En définitive, le module moyen à NIAMEY n'est que de 1020 m³/s, les apports sahéliens n'ayant compensé que très faiblement les pertes par évaporation. Le maximum annuel est égal à 1840 m³/s (valeur médiane).

Si les apports de DIRE à NIAMEY sont encore insignifiants, ils commencent à devenir substantiels de NIAMEY à la frontière du NIGERIA. Sur la rive gauche, les affluents s'obstinent à demeurer fossiles ; dans leur lit démesuré quelques ruisseaux se sont installés, d'autres drainent les pentes qui bordent le NIGER, mais leurs débits de crue sont sans influence sur le régime du NIGER. Rappelons cependant que dans la partie amont du plus important des affluents fossiles, le DALLOL-DOSSO, certains tributaires roulent en crue en année humide des débits de l'ordre de 500 m³/s, mais pas une goutte de ces crues n'arrive au NIGER, même par l'intermédiaire de l'inféro-flux.

Sur la rive droite par contre, les affluents daho-méens qui ressortent du régime tropical pur roulent au total 6 000 000 000 m³. Les trois plus importants affluents sont la MEKROU, l'ALIBORI et la SOTA. Le module du NIGER est en conséquence majoré de 20 %, passant entre NIAMEY et MALANVILLE de 1020 m³/s à 1255 m³/s (période de 35 ans) : volume 39,5 x 10⁹ m³.

Le diagramme annuel subit une modification beaucoup plus importante que le débit moyen annuel. La crue des affluents dahoméens survient en Juillet, juste au moment où le tarissement de la crue soudanaise (crue noire) arrive en sa période finale et où la courbe tend à s'aplatir, la période de basses eaux est écourtée, d'où des débits d'étiage un peu plus forts qu'à NIAMEY : $60 \text{ m}^3/\text{s}$ au lieu de $41 \text{ m}^3/\text{s}$. Mais ce qui est plus important, c'est l'apparition d'une première pointe de crue, aiguë puisqu'elle n'est pas régularisée, qui précède de cinq à six mois la crue noire qui est au moins aussi molle qu'à DIRE.

Les deux crues présentent la même valeur médiane : $2200 \text{ m}^3/\text{s}$, mais la première, crue dahoméenne, présente un écart-type double, les crues exceptionnelles seront donc des crues dahoméennes. La crue décennale est voisine de $2800 \text{ m}^3/\text{s}$.

L'influence dahoméenne ne change guère, le coefficient d'irrégularité K_3 est égal à 1,73. Le régime des nouveaux affluents est irrégulier, mais l'apparition d'une nouvelle pointe, dont l'abondance est en corrélation très lâche avec la crue soudanaise, tend au contraire à réduire cette irrégularité.

A partir de MALANVILLE, le NIGER va recevoir des apports de plus en plus importants qui transformeront le diagramme annuel et augmenteront considérablement le module. Les plus importants parviendront de la rive gauche.

La dépression du DALLOL-MAOURI, en zone sahélienne, ne doit apporter, comme le DALLOL-DOSSO, que des débits tout à fait insignifiants. Il n'en est pas de même de la SOKOTO. Celle-ci draine un important bassin, à régime mi-sahélien, mi-tropical pur, l'extrême Nord de ce bassin correspondant au GOULBI de MARADI, typiquement sahélien, qui communique tant bien que mal avec le reste du réseau hydrographique de la SOKOTO. Mais plus les affluents de cette rivière sont méridionaux, plus leurs débits spécifiques sont abondants et une bonne partie du bassin, tropicale, présente une forte crue (le débit de basses eaux restant pratiquement nul). Il en résulte une forte pointe venant se superposer à la crue dahoméenne, mais le module du NIGER augmente nettement moins que le débit maximal. Du confluent de la SOKOTO, jusqu'à la station de JEBBA, il reçoit, sur la rive droite et sur la rive gauche, une série de petits affluents dont les plus méridionaux ont un régime qui se rapproche du régime tropical de transition.

A JEBBA, le module est passé de 1255 à 1600 m³/s, mais la crue locale a plus que doublé, le débit d'étiage a beaucoup augmenté par un processus qui sera expliqué plus loin.

Peu après JEBBA, le NIGER reçoit sur sa rive droite un second affluent important, la KADUNA (S = 65 500 km²), venu du plateau de JOS dont le régime est du type tropical pur, avec une légère influence du régime tropical de transition ; étant donné la forte pente de ce cours d'eau dans sa partie amont, l'hydrogramme présente des séries de pointes aiguës comparables à celle de la Haute BENOUE, avec un débit d'étiage pratiquement nul, un débit maximal annuel qui atteint probablement 3000 m³/s, soit beaucoup plus que le maximum à MALANVILLE, et un module sur une longue série d'années, qui doit être voisin de 600 m³/s, soit la moitié du module de MALANVILLE, plus du tiers du module du NIGER à JEBBA. Du confluent de la KADUNA jusqu'à BARO, le NIGER reçoit encore deux petits affluents à régime tropical de transition.

A BARO, le régime du fleuve peut être défini comme suit : le module 2525 m³/s (1914-1957) a doublé depuis MALANVILLE : 50 % du supplément proviennent de la KADUNA, le reste provient surtout de la SOKOTO. Le maximum annuel 9000 m³/s a quadruplé (il avait déjà doublé à JEBBA, ce qui montre que l'influence de la SOKOTO est loin d'être négligeable). La crue décennale est passée à 12 000 m³/s.

Les affluents depuis NIAMEY ont reconstitué un fleuve présentant des débits comparables au NIGER Supérieur. L'hydrogramme annuel présente certaines ressemblances : la pointe principale est bien en Septembre-Octobre mais, beaucoup plus aiguë, elle rappelle celle du SENEGAL, ce qui est normal, les apports dominants ressortant du régime tropical pur. Suit une longue période de basses eaux, mais cette partie de l'hydrogramme diffère nettement des parties correspondantes des hydrogrammes de KOULIKORO et de DOUNA, et c'est ici qu'il convient de reparler de la crue soudanaise ou crue noire. On reconnaît assez mal la pointe arrondie des stations de NIAMEY et de MALANVILLE, il en reste un palier de Décembre à Avril avec parfois un léger bombement en Mars qui atteint 1800 m³/s en moyenne, la décrue de la crue noire est à peine commencée lorsque les affluents les plus méridionaux fournissent déjà en Juin des débits non négligeables, d'où des débits d'étiage beaucoup plus élevés qu'on ne les trouverait dans le régime tropical de transition, on observe un étiage de 600 m³/s environ, qui n'est plus comparable à celui de MALANVILLE.

NIGER MOYEN

CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES aux STATIONS de
MALANVILLE, WUYA (KADUNA) et BARO

Caractéristiques	Unité	MALANVILLE	WUYA (KADUNA)	BARO
Superficie	km ²	440 000 (1)	65 500	730 000
Module	m ³ /s	1 255	600	2 525
Volume moyen annuel	m ³	40 x 10 ⁹	19 x 10 ⁹	80 x 10 ⁹
Débit d'étiage absolu	m ³ /s	(60)		700 à 800
DC 9	m ³ /s	(450)	30 ?	1 100
DC 3	m ³ /s	1 800	((700))	2 500
Débit caractéristique de crue	m ³ /s	2 100	(2 500)	8 700
Maximum annuel	m ³ /s	2 204 2 152	3 000	9 000
Crue décennale	m ³ /s	2 800	4 500	12 000
Crue centenaire (calculée)	m ³ /s			14 000
Volume annuel (année humide) 1er décile	m ³	50 x 10 ⁹		104 x 10 ⁹
Volume annuel (année sèche) 2ème décile	m ³	29 x 10 ⁹		56 x 10 ⁹
Déficit d'écoulement				
Coefficient d'irrégularité interannuelle		1,72		1,85

(1) Bassin actif seulement.

La forte pointe tropicale, d'autre part, a pour effet d'augmenter le coefficient K_3 d'irrégularité interannuelle qui, depuis MALANVILLE, passe de 1,72 à 1,85 environ. Tel est le régime du NIGER avant le confluent de la BENOUE,

Avant la capture du NIGER Supérieur par le seuil de TOSSAYE, la BENOUE était le fleuve principal, d'autant plus qu'à cette époque elle était grossie par les déversements de la mer paléotchadienne. Actuellement encore, son débit moyen et sa crue sont plus importants que ceux du NIGER à BARO.

Comme on le verra pour la VOLTA, la BENOUE rencontre, de l'amont vers l'aval, des affluents de plus en plus abondants, mais alors que le bassin de la VOLTA est essentiellement un bassin de plaine alimenté par des pluies pas très abondantes, la BENOUE, et presque tous ses affluents, viennent de zones montagneuses souvent fort bien arrosées. Leurs hydrogrammes de crues sont donc très aigus, la majeure partie d'entre eux correspondant au régime tropical de transition. On examinera ce cours d'eau en deux points : à GAROUA où le régime est tropical pur et à MAKURDI où il est à peu près le même qu'au confluent avec le NIGER.

La BENOUE à GAROUA est alimentée par deux cours d'eau de régime tropical pur : le Mayo KEBBI et la BENOUE. Au point de vue morphologique, la vallée principale est celle du Mayo KEBBI qui part de la dépression des lacs TOUBOURIS au voisinage de la ligne indécise de partage des eaux entre LOGONE et BENOUE. C'est par cette vallée que passait autrefois le cours d'eau principal alimenté par l'ensemble du réseau constitué actuellement par le CHARI et le LOGONE. C'est pourquoi le lit actuel a une pente très faible, mis à part l'accident des chutes GAUTHIOT (hauteur: une quarantaine de mètres), et les sections immédiatement à l'amont et à l'aval. La capture partielle du LOGONE n'est plus qu'un lointain souvenir de cet état de choses ancien. En Octobre, 1 000 000 000 m³ en année humide ou 300 000 000 m³ en année moyenne, provenant du LOGONE, rejoignent la dépression des lacs TOUBOURIS, par les seuils de DANA et ERE. En année sèche, le phénomène ne se produit pas. A moins de changements climatiques ou d'importantes divagations du LOGONE, le phénomène ne s'aggravera pas avant bien des siècles.

Le lit de la BENOUE n'est manifestement pas fait pour le fleuve actuel au moins jusqu'à LAU, or, presque tous ses affluents dans cette partie du cours ont des pentes fortes et charrient de grandes quantités de sable. Il en résulte qu'à

L'arrivée dans la vallée principale ce sable constitue des barrières qui créent des lacs à l'amont, ceci se produit jusqu'au confluent avec la BENOUE proprement dite. Celle-ci charrie peu, nous verrons pourquoi plus tard.

Plus à l'aval, chaque affluent donne lieu, sur une dizaine de kilomètres à l'aval du confluent, à des "flats" sableux qui gênent considérablement la navigation. Certains même de ces affluents débouchent dans la rivière principale par un delta. Par ailleurs, la longueur de la vallée et la grande profondeur des alluvions, quelques dizaines de mètres, sont bien en rapport avec un fleuve puissant.

La BENOUE prend naissance vers la cote 1200 m sur la partie septentrionale du plateau de l'ADAMAOUA, assez bien arrosé, mais ce cours d'eau et ses premiers petits affluents descendent très rapidement du plateau, de sorte qu'au confluent avec le Mayo KEBBI, la BENOUE est simplement un cours d'eau à régime tropical pur avec une légère influence tropicale de transition; mais l'influence montagnaise est moins sensible qu'on pourrait le croire, en particulier, le déficit d'écoulement reste assez élevé. Elle parvient assez vite dans une large plaine constituée probablement par un ancien lac à l'amont du défilé de LAGDO. L'existence de cette plaine, conjuguée avec la faible pente des affluents rive droite, explique pourquoi la BENOUE ne charrie pas trop de sable, d'où un confluent normal avec le Mayo KEBBI, contrairement à ce qui peut être observé à l'amont et à l'aval.

Au confluent, la BENOUE apporte un module de 280 m³/s, soit 75 % du débit à GAROUA, la crue correspond à un hydrogramme dentelé de la fin de Juillet au début d'Octobre, auquel succède une longue courbe de tarissement. L'écoulement est permanent, quoi qu'il soit réduit parfois à quelques dizaines de litres à l'étiage ; ceci est dû aux apports du plateau de l'ADAMAOUA en saison sèche et à la restitution provenant du lit majeur très large et à faible pente.

La dépression du Mayo KEBBI, outre les apports de la capture, reçoit d'abord des cours d'eau tropicaux de plaine à crue lente et à sec pendant plusieurs mois, mais très rapidement, il reçoit surtout sur la rive gauche de véritables torrents : les mayos du Nord CAMEROUN, dont les plus importants sont les mayos BINDER, OULO et LOUTI. Ces cours d'eau tropicaux, avec parfois une légère tendance sahélienne, ont un véritable régime d'oued. Les crues se présentent comme des séries

de pointes de plusieurs centaines de m^3/s , séparées par des périodes où le débit tombe à quelques m^3/s . L'écoulement, qui a commencé en Juillet, cesse en Octobre et pendant près de 9 mois le lit reste à sec.

Comme nous l'avons vu, le lit du Mayo KEBBI comporte un certain nombre de lacs : lac de FIANGA, lac de TIKEM, étang TRENE, lac de LERE.

La superposition des crues des affluents donne au Mayo KEBBI un diagramme très dentelé avec un débit de base de hautes eaux assez faible ; la capture du LOGONE, qui arrive en Novembre à l'amont du confluent de la BENOUE, produit simplement une grosse bosse sur la courbe de tarissement. Grâce à la capture du LOGONE et à l'influence des lacs, l'écoulement est permanent en année moyenne.

Le régime qui en résulte à GAROUA est un régime tropical pur, correspondant à un bassin de montagne. Le tableau et le diagramme montrent deux périodes très contrastées : les hautes eaux avec un maximum moyen de $3100 m^3/s$, le diagramme comporte plusieurs pointes assez aiguës, de fin Juillet à début Octobre et, après une courbe de tarissement à peine troublée par la capture du LOGONE, une longue période de basses eaux ; la valeur médiane de l'étiage est difficile à déterminer. Elle est certainement très variable ; pour des débits si faibles, le lit doit être considéré comme instable ; enfin, suivant les années, les débits ont été plus ou moins bien surveillés, la valeur, faible, de $400 l/s$ doit être simplement considérée comme un ordre de grandeur.

Il est très intéressant de comparer la Haute BENOUE à la KADUNA, dont le bassin présente la même superficie. Toutes deux ressortent du régime tropical pur, ont une forte pente, elles sont alimentées en partie, l'une par le plateau de JOS, l'autre par celui de l'ADAMAOUA ; tous deux reçoivent à peu près la même hauteur de pluie annuelle, mais la région bien arrosée sur la KADUNA présente une superficie beaucoup plus grande que sur la BENOUE d'où un module nettement plus fort sur la première et un débit d'étiage un peu supérieur ; les deux diagrammes annuels sont très comparables cependant, alors que la crue commence très brutalement à GAROUA, fin Juillet, la transition est nettement mieux marquée sur la KADUNA ; par contre, les pointes de crue de GAROUA sont aussi élevées que celles de la KADUNA, malgré un module nettement plus faible, ceci tient à la disposition en éventail du réseau hydrographique de la Haute BENOUE, alors que le réseau de la KADUNA est plutôt en arête de poisson.

A l'aval de GAROUA, la BENOUE va recevoir sur sa rive gauche une série d'affluents tropicaux de transition dont l'influence aura pour principal effet d'allonger la période de hautes eaux, surtout vers les mois de Juillet et Juin, et d'augmenter très sérieusement le débit spécifique ; les affluents rive droite sont du régime tropical pur. C'est la disposition inverse du NIGER Moyen entre MALANVILLE et BARO,

Le premier affluent rive gauche, le FARO, est du type tropical de transition, la majeure partie de son bassin se développant sur le plateau de l'ADAMAOUA ou dans les monts ALLANTIKA. Malgré un bassin presque trois fois plus petit, son module est légèrement supérieur à celui de la station de GAROUA, le maximum annuel $3300 \text{ m}^3/\text{s}$ est légèrement plus élevé, le mois de Juillet est un mois de hautes eaux, le mois de Juin nettement un mois de transition. Ces circonstances devraient être bénéfiques pour la navigation, malheureusement, le FARO charrie beaucoup de sable, la charge annuelle de ruissellement passe de $1\ 000\ 000 \text{ m}^3/\text{an}$ à GAROUA à $3\ 000\ 000 \text{ m}^3/\text{an}$ à l'aval du confluent du FARO, à OURO BOKI. Le maximum annuel de la BENOUE est passé à $4200 \text{ m}^3/\text{s}$, le coefficient d'irrégularité interannuelle K_3 diminue de 2 à 1,9.

Sur la rive droite après quelques mayos, la BENOUE reçoit la GONGOLA, torrent tropical pur dont le régime est très voisin de celui des affluents rive droite du Mayo KEBBI, mais le bassin est beaucoup plus étendu ($21\ 500 \text{ km}^2$), une partie s'étend même sur le plateau de JOS, de sorte que le module est beaucoup plus élevé et les débits de crue également, malheureusement, comme le FARO, il débite beaucoup de sable et il contribue aussi très fortement à allonger le secteur difficile pour la navigation, alors que le régime favorable des affluents rive gauche tendrait à l'améliorer. Le module de la GONGOLA doit être légèrement supérieur à $200 \text{ m}^3/\text{s}$, la crue annuelle est voisine de $1200 \text{ m}^3/\text{s}$.

Les crues sont un peu moins fortes qu'on pourrait le craindre en raison de la très grande longueur du bassin.

La GONGOLA est le dernier affluent turbulent de la BENOUE. A l'aval, les gros affluents présentent des pointes moins fortes et des débits plus prolongés, aussi, à partir de la station de LAU, sur la BENOUE, la navigation va s'améliorer très nettement.

On ne trouvera plus désormais sur la rive droite que des affluents relativement peu importants, par contre, sur la rive gauche, trois rivières très importantes viennent se jeter dans la BÉNOUE à l'amont de MAKURDI : ce sont la TARABA, la DONGA, la KATSINA ALA, avec des bassins versants respectifs de : 21 500 km², 20 000 km² et 22 000 km². Toutes trois prennent leur source dans le massif montagneux qui sépare le NIGERIA du CAMEROUN et présentent un régime tropical de transition. On peut évaluer approximativement leur module respectif à : 400/500 m³/s, 500 m³/s et 700/800 m³/s, les valeurs maximales annuelles sont de l'ordre de 1800 m³/s, 1800 m³/s et 2800 m³/s. Les hydrogrammes sont très voisins avec une montée assez rapide au début de Juin, puis un diagramme dentelé de Juin au 20 Octobre, avec maximum au mois d'Octobre (parfois à fin Septembre) et un léger fléchissement en Août, de plus en plus net de la TARABA à la KATSINA ALA, trahissant une très légère influence équatoriale.

La BÉNOUE, qui a bénéficié de tous ces apports, apparaît transformée à la station de MAKURDI.

Le module est passé à 3150 m³/s. Sur l'hydrogramme annuel, la période des hautes eaux tropicales d'Août et Septembre donne encore une pointe bien nette qui se produit en Septembre et Octobre par suite du temps de parcours, mais devant cette pointe apparaît, suivant les années, soit une première bosse en Juin, Juillet et Août, soit une montée progressive pendant la même période. Ceci est dû surtout aux trois derniers affluents. La courbe de tarissement est beaucoup plus progressive qu'à GAROUA, ce qui se traduit par une valeur du DC 9 importante. Cette courbe de tarissement comporte un certain nombre de petites irrégularités, légères crues d'Avril et de Mai des affluents rive droite. L'étiage 240 m³/s n'est plus du tout négligeable. Malgré un module huit fois plus fort qu'à GAROUA, le maximum annuel, en Octobre, n'est que quatre fois plus élevé, la crue décennale trois fois seulement. En liaison avec tout ceci, le coefficient K₃ est passé de 2 à 1,5. Il avait certainement peu évolué de GAROUA au confluent de la GONGOLA. On mesure toute l'influence des trois derniers affluents.

A LOKOJA, la BÉNOUE se jette dans le NIGER (on serait un peu tenté de dire le contraire), avec un module qui est voisin de 3400 m³/s. Peu d'affluents importants à l'échelle de ce fleuve, le rejoignent entre MAKURDI et ce confluent.

BENOUE et NIGER INFERIEUR

CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES aux STATIONS de
GAROUA, MAKURDI, ONITSHA

Caractéristiques	Unité	GAROUA	MAKURDI	ONITSHA
Superficie	km ²	64 000	305 000	1 110 000
Précipitation annuelle	mm	1 130		
Module	m ³ /s	375	3 150	7 000
Volume moyen annuel	m ³ /s	12 x 10 ⁹	100 x 10 ⁹	220 x 10 ⁹
Débit étiage absolu	m ³ /s	0,40	240	1 500
DC 9	m ³ /s	10	400	2 600
DC 3	m ³ /s	390	4 800	9 000
Débit caractéristique de crue	m ³ /s	2 375	11 500	24 000
Crue annuelle	m ³ /s	3 100	12 000	25 000
Crue décennale	m ³ /s	4 500	14 500	28 000
Crue centenaire	m ³ /s	6 000		(32 000)
Volume annuel année humide	m ³ /s	16 x 10 ⁹	120 x 10 ⁹	275 x 10 ⁹
Volume annuel année sèche	m ³ /s	8 x 10 ⁹	80 x 10 ⁹	175 x 10 ⁹
Déficit écoulement	mm	945		
K ₃		2	1,50	1,58

Le régime, dans le cours inférieur jusqu'au delta, correspondra donc à la superposition des régimes du NIGER à BARO et de la BENOUE ; or, ces régimes sont assez voisins. Cependant, chacun des hydrogrammes annuels apporte un élément intéressant : celui de la BENOUE présente un gonflement à la crue, en Juin et Juillet, et son maximum est en retard de 15 jours à 3 semaines sur celui de BARO ; sur l'hydrogramme de BARO, la courbe de tarissement se termine par le palier légèrement ascendant de la crue noire qui maintient un débit de 2 000 à 2 500 m³/s en Janvier, Février et Mars. Il en résulte à ONITSHA un hydrogramme tropical de transition avec une pointe dissymétrique ; une montée progressive, un maximum en Octobre, une décrue rapide au début.

Le tarissement conserve le palier de BARO, il est suivi sur le diagramme d'ONITSHA par un léger creux en Mai, époque d'un étiage assez confortable de 1500 m³/s.

La seule modification du confluent de la BENOUE au delta est l'atténuation des petites pointes secondaires et, vers le delta, l'aplatissement de la pointe de Septembre-
Octobre.

Le NIGER arrive au delta avec un module de 7 000 m³/s, soit 220 milliards de m³ par an ; le maximum annuel est de 25 000 m³/s. Mais peu de chose dans le régime de ce fleuve puissant vient rappeler le NIGER Supérieur, juste le palier de Février, Mars, Avril et un étiage un peu trop abondant.