

ELECTRICITE DE FRANCE
Service des études d'Outre Mer
Mission A.O.F

BASSIN DU NIGER

MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE
DU COURS SUPERIEUR
DU NIGER

#

par M^r LESGUILLONS *et J RODIER*
chef de mission

Mise à jour Juillet 1949

ELECTRICITE de FRANCE
Service des Etudes d'Outre-Mer
Mission A.O.F

MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE
du Cours Supérieur du NIGER
(par M. LESGUILLONS Chef de Mission)

MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE
du Cours Supérieur du NIGER

Le cours du NIGER se divise en trois régions bien distinctes :

- le cours supérieur qui s'étend du FOUTA-DJALON jusqu'à la région de SEGOU.
- le cours moyen qui forme le vaste coude Sahélien du fleuve.
- le cours inférieur.

Le cours inférieur et le cours supérieur bénéficient de l'alimentation des pluies tropicales. Au contraire dans la région Sahélienne, les précipitations deviennent très faibles et l'évaporation est intense ; les eaux du NIGER dispersées dans un véritable delta intérieur vont aller en s'amenuisant tout au long de ce parcours.

Seul le cours supérieur fera l'objet de cette étude.

Pl. 1 - Carte du bassin du NIGER.

CARTE DU COURS DU NIGER

ECHELLE 1/6.000.000

DAKAR

BAMAKO

SEGOU

SIGUIRI

KOUROUSSA

KANHAN

CONAKRY

ABIDJAN

LOME

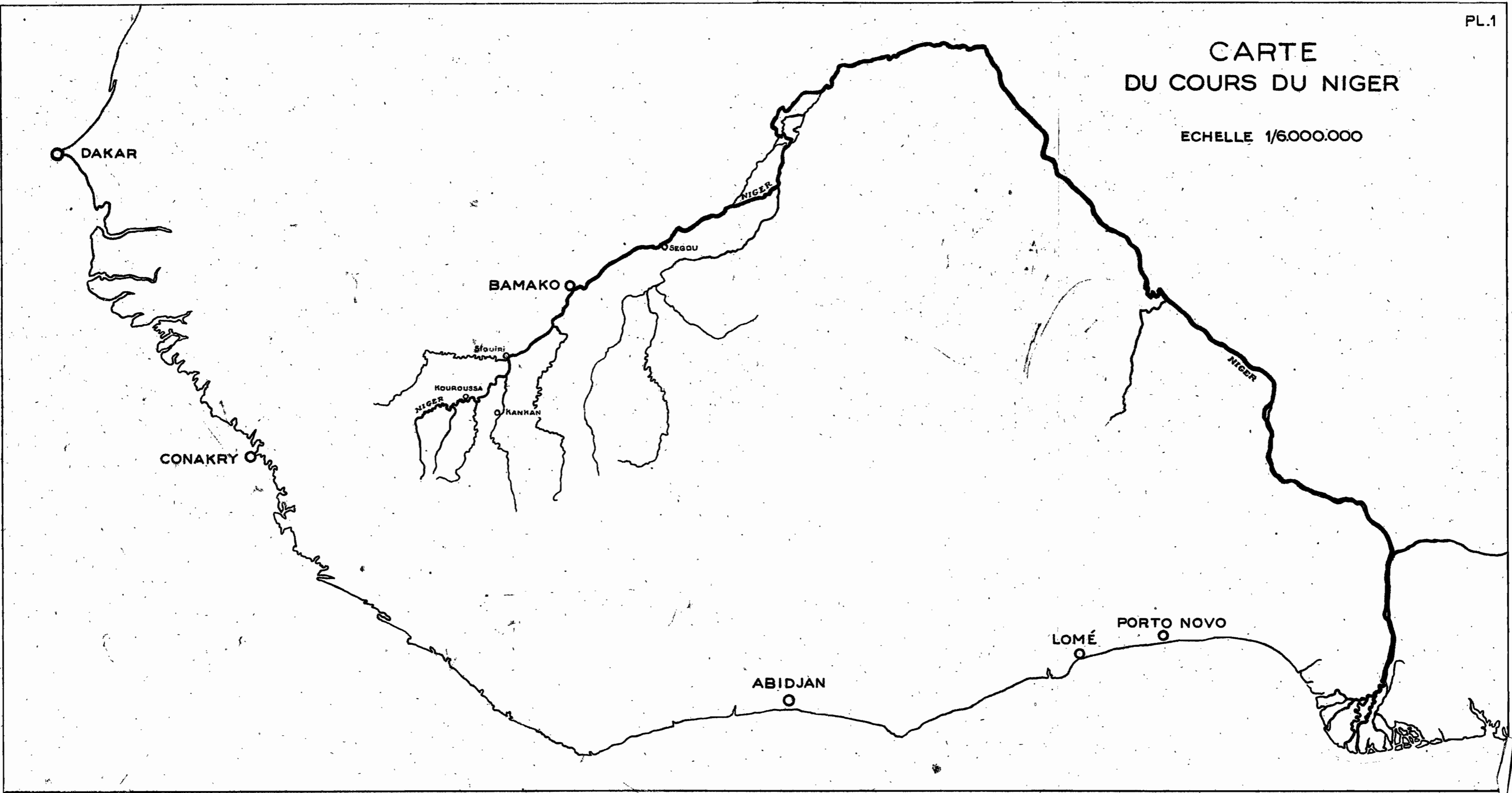
PORTO NOVO

NIGER

NIGER

NIGER

SQU 547



CHAPITRE I

Les FACTEURS CONDITIONNELS du REGIME

A. - RELIEF.

Le bassin du cours supérieur du NIGER s'étend entre les 8°50 et 13°50 de latitude Nord, et les 6° et 11°50 de longitude Ouest. Il est encadré au Sud et à l'Ouest par le Massif du FOUTA-DJALON, et les nombreuses chaînes qui lui font suite vers la frontière Sud de la GUINEE. C'est de ces derniers massifs, que descendent le NIGER lui-même et ses principaux affluents, le TINKISSO, le NLANDAN et le MILO.

A l'ouest il voisine avec le bassin du BAFIN (Cours Supérieur du SENEGAL), au Sud avec les bassins d'un certain nombre de fleuves côtiers qui arrosent la SIERRA-LEONE et le LIBERIA, au Sud-Ouest enfin avec le bassin de la SASSANDRA en COTE-D'IVOIRE.

Sur ces deux faces, Sud et Ouest la ligne de partage des eaux dépasse rarement 1.000 mètres d'altitude et culmine à 1.200 mètres dans le massif de KOURANDOU au Nord-Est de BEYLA.

Pl. 2. - Relief du bassin versant.

Le bassin lui-même se présente comme une vaste plate-forme au relief peu accentué variant entre 300 et 400 mètres d'altitude et qui s'ouvre largement vers le Nord et vers l'Est. Dans ces deux directions la ligne de partage des eaux est incertaine.

Seules les régions avoisinant les limites méridionales et occidentales du bassin sont nettement plus accidentées ; dans la région de DABOLA et sur le plateau situé au Nord de GUECKEDOU et MACENTA, les sommets dépassant 1.000 mètres ne sont pas rares.

Enfin dans la région de BEYLA la chaîne de G'BING se détache de la ligne de crête et borde la rive droite du MELO sur une certaine de kilomètres de longueur. C'est dans cette chaîne que se trouve le point culminant : le pic de TIBE (1.504 m).

La superficie du bassin du cours supérieur du NIGER atteint 140.000 Km². Sur cette surface :

- 48.500 Km² sont compris entre 300 et 400 m. d'altitude
- 43.200 Km² entre 400 et 500 mètres.
- 35.100 Km² entre 500 et 700 mètres.

La superficie du bassin situé au-dessus de 900 m. d'altitude est extrêmement réduite, moins de 1.000 Km².

Le bassin à l'amont de SIGUIRI, peut se décomposer en quatre grands bassins partiels d'importance comparable correspondant aux quatre cours d'eau constituant le NIGER :

- Bassin du TIMKISSO 19.500 Km²
- Bassin du NLANDAN 14.000 Km² 13.000
- Bassin du MILO 13.500 12.500
- Bassin du NIGER à KOUROUSSA 18.000 Km²
ou DIELIBA

En ajoutant le bassin intermédiaire du NIGER entre KOUROUSSA et SIGUIRI, soit 5.000 Km², on obtient un ensemble de 70.000 Km², qui peut être considéré comme le véritable bassin d'alimentation du HAUT-NIGER.

Le bassin versant du SANKARANI et le bassin résiduaire à l'aval de SIGUIRI très mal arrosés ne fournissent au NIGER que des apports assez maigres.

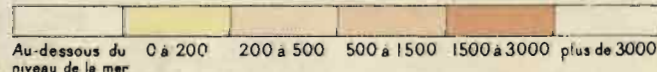
L'orientation générale du cours supérieur du NIGER est Sud-Ouest-Nord-Est. C'est dans la région de SEGOU que le NIGER amorce la grande boucle de TOMBOUCTOU. Nous verrons dans le chapitre climatologie l'influence désastreuse de cette orientation.

Pl.- 3 - Carte des B.V. partiels.

Pl.- 4 - Courbe hypsométrique



Teintes hypsométriques



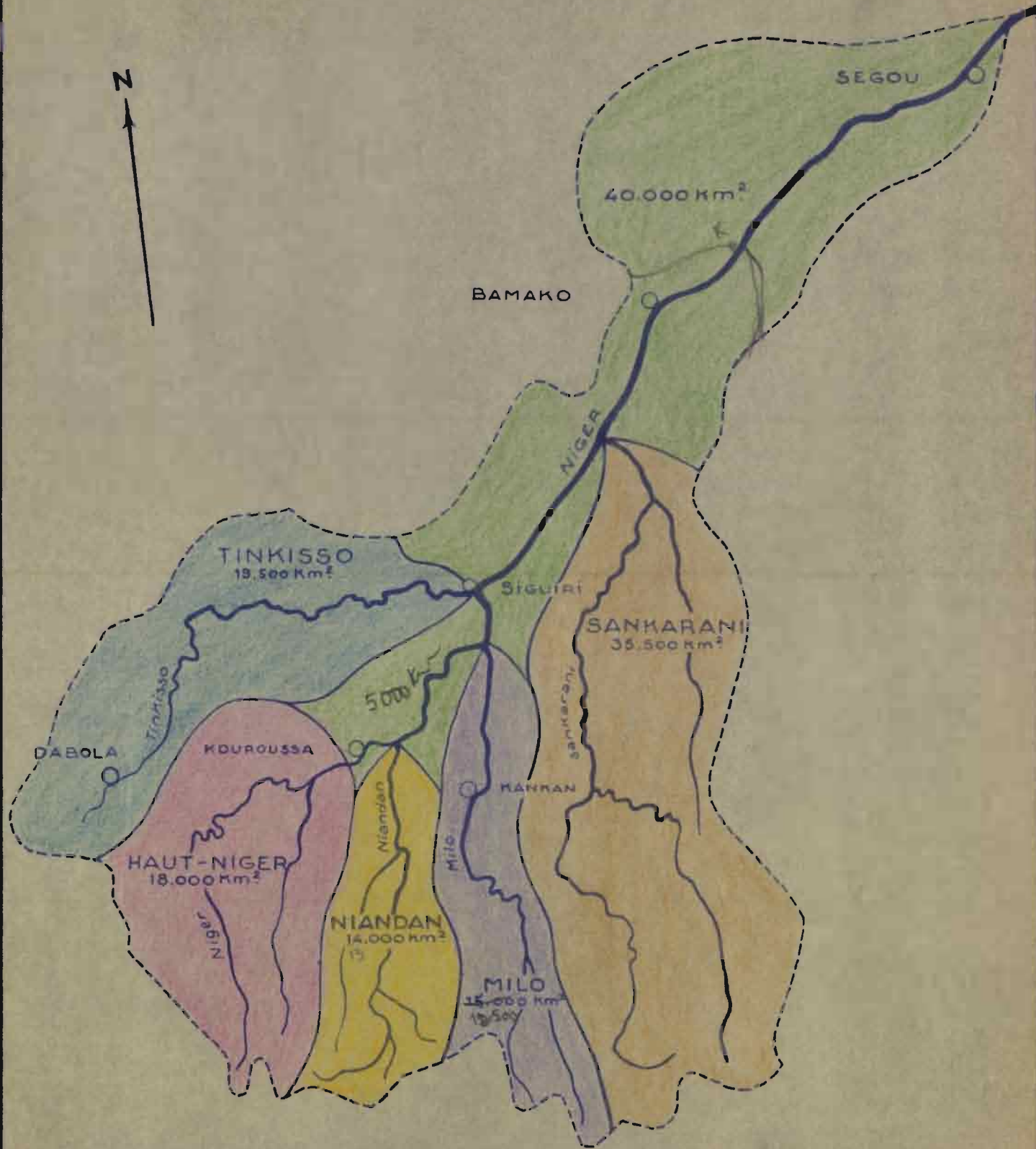
Au-dessous du 0 à 200 200 à 500 500 à 1500 1500 à 3000 plus de 3000
niveau de la mer

Les limites des teintes ne sont qu'approximatives.

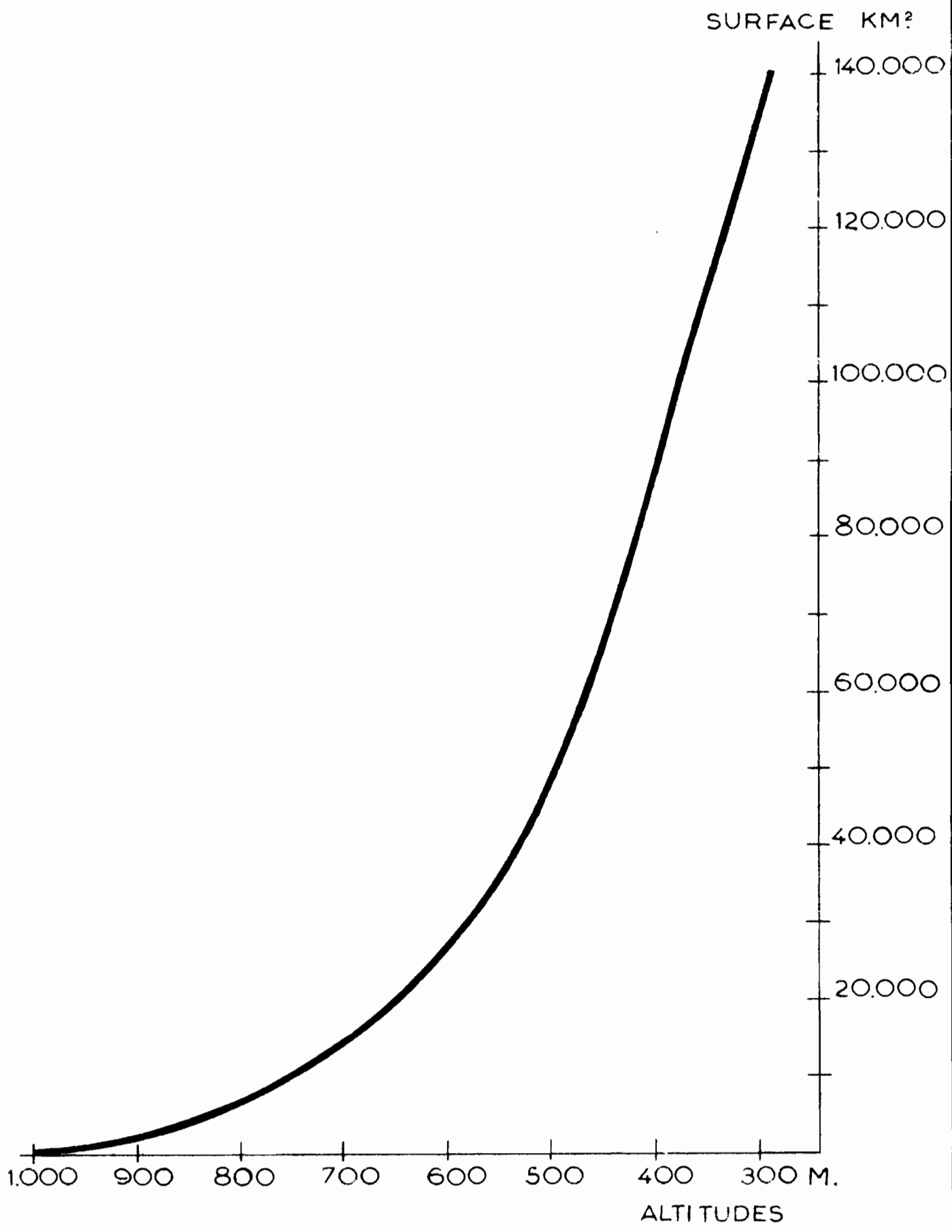
548 504

RELIEF DU BASSIN VERSANT

SOW 549



SOU 550



PI. 4

COURBE HYPSONÉTRIQUE

B - LE SOL.

On distingue un certain nombre de régions géologiques à caractères bien définis (croquis géologique pl.5).

Toute la région située au-dessous du 10° parallèle (50 Km. au Sud de KANKAN), et à l'Ouest du MILO, région que les géologues ont appelée le pays de MACENTA est constituée par les granito-gneiss du bouclier libérien. Le granite y domine, on y rencontre des lambeaux assez nombreux de terrains métamorphiques rattachés au birrimien quartzites, amphibolites, gneiss divers. Cette région porte la trace de plissements d'époque huronienne de direction générale Nord-Sud.

Le modelé arrondi caractéristique des vieux pays granitiques est interrompu de place en place par des falaises de dolérites résultant de venues éruptives postérieures aux plissements huroniens.

Le phénomène de latérisation est encore peu marqué, sauf vers le Nord, les affleurements rocheux sont très nombreux.

A l'Ouest du MILO, la chaîne d'IBING de direction Nord-Sud est formée de roches métamorphiques, surtout de quartzites auxquelles est dû le profil irrégulier et dentelé des crêtes.

A l'Est de cette chaîne la région de BEYLA où se trouvent les sources du SANKARANI est de constitution très analogue à celle du pays de MACENTA.

Au Nord du 10° parallèle, le sol est surtout constitué par des terrains métamorphiques, birrimiens, (antécambriens) très plissés, "roches vertes" et schistes. Ils sont fréquemment traversés par des venues de roches éruptives, dolérites et granites. Les massifs principaux de cette région sont : la chaîne du NIANDAN-BANIE, et les massifs de la région de DABOLA.

Enfin plus au Nord, les terrains birrimiens sont recouverts par des grès ordoviciens, grès blancs siliceux en formations subhorizontales. Ce sont les grès que l'on rencontre dans les rapides de SOTUBA et du KENYE sur le NIGER, et dans les chutes du FELOU et de GOUINA sur le SENEGAL.

L'ensemble de ces terrains est pratiquement

impermeable. La seule réserve que l'on puisse faire s'applique aux grès pour lesquels les avis restent très par-tagés.





La couverture du sol est, soit latéritique, soit alluvionnaire. Le grand développement de la cuirasse latéritique, surtout au Nord du 9° parallèle, indique que la forêt actuellement limitée aux bords des rivières, et à l'extrême Sud du bassin était autrefois beaucoup plus étendue. En effet, à l'origine du phénomène latéritique, il y a la décomposition en argile des roches silicatées, phénomène qui doit se produire principalement dans les régions forestières au climat humide. C'est après disparition de la forêt et par conséquent lorsque le climat à longue saison sèche a fait son apparition, que par évaporation remontent à l'intérieur de ces argiles les solutions d'hydroxydes de fer et d'alumine qui précipitent en surface et constituent peu à peu la croûte latéritique dure.

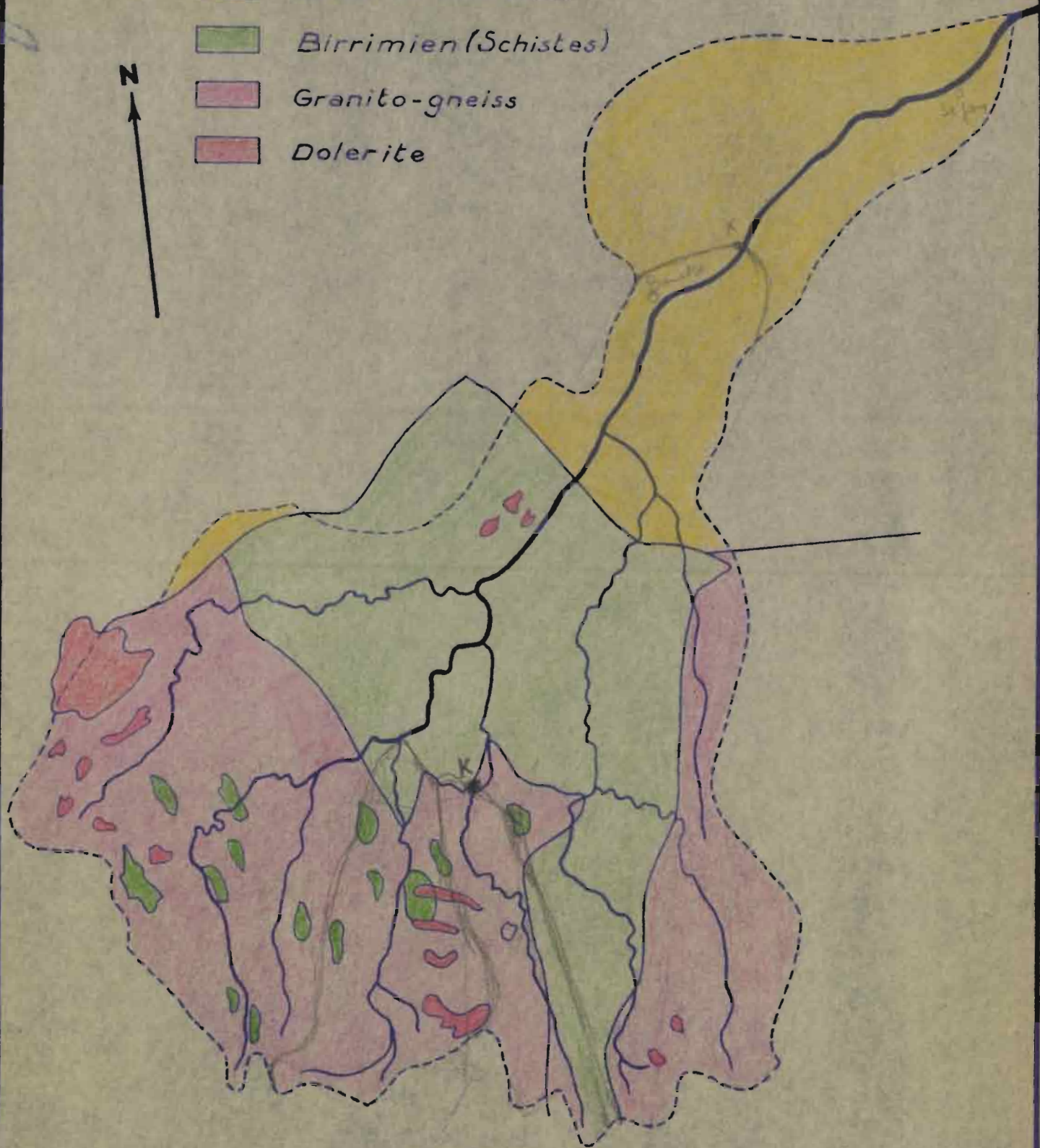
Les terrains alluvionnaires récents ont une très faible extension. Le NIGER et les affluents les plus importants, dans leurs cours moyen et inférieur, présentent sur leurs rives, des plaines dont la largeur totale n'ex-cède pas 15 Km. Ces plaines sont constituées de limons sablo-argileux à grains très fins recouvrant parfois des

pl.5 - Croquis géologique.

lits de sable, d'argiles ou de galets. La partie supérieure de ces dépôts contient des produits de décomposition organiques et est particulièrement favorable à l'aménagement de rizières.

L'érosion des cours d'eau paraît avoir été assez forte, l'alluvionnement considérable du delta central en est le témoin.

-  *Gres Ordovicien*
-  *Birrimien (Schistes)*
-  *Granito-gneiss*
-  *Dolerite*



SOU 551

Pl. 5

CROQUIS GEOLOGIQUE

1/3.000.000

C.- LA VEGETATION.

A mesure que l'on se déplace vers le Sud la savane fait place à la savane boisée avec galerie forestière plus ou moins fournie le long des cours d'eau puis à la forêt véritable qui n'apparaît qu'à la limite Sud du bassin.

Il est possible de définir plusieurs zones dont les limites correspondent en général au tracé des isohyètes que l'on aura l'occasion d'examiner dans le chapitre "météorologie".

La zone Sahélienne, borde le bassin étudié vers le Nord, mais ne le pénètre pas. Nous en disons un mot cependant pour encadrer les autres zones. La végétation de la zone Sahélienne est en grande partie tropophile, et les cultures ne viennent que dans les zones inondables. La limite Sud de cette zone correspond sensiblement à l'isohyète (400 mm) qui passe à une centaine de kilomètres au Nord de SÉGOU.

La zone Soudanienne, qui peut se définir comme une région où les pluies sont suffisantes pour entretenir certaines cultures. Cette zone s'étend approximativement entre les isohyètes (400) et (1.500 mm)

Il est possible de préciser davantage en subdivisant cette zone en :

- a) Zone Subsahélienne entre les isohyètes (400) et (600)
C'est le type de la savane herbeuse. Le Baobah et le Rônier font leur apparition.
Les possibilités agricoles sont précaires.
- b) Zone Présoudanienne entre les isohyètes (600) et (750). Cette zone intéresse la partie Nord du bassin du HAUT-NIGER, entre SEGOU et SANSANDING. Les arbres deviennent plus nombreux : Baobabs, Rôniers, et Epineux. L'agriculture est encore précaire et peu variée (Mil et Sorgho), sauf au voisinage immédiat du NIGER : culture du riz et du coton.
- c) Zone Soudanienne proprement dite : entre les isohyètes (750) et (1.250). La savane herbeuse fait place peu à peu à la savane boisée, en plus du Baobab apparaît le Karité. Partout où le sol est recouvert de terre arable la culture est possible (arachides et maïs).

Cette zone et la zone suivante constituent un des grands centres de production de riz de l'A.O.F. Les rizières se succèdent presque sans interruption dans le lit majeur des cours d'eau importants. Toute la région située entre SEGOU et SIGUIRI est comprise

dans cette zone.

- d) Zone Préguinéenne entre les isohyètes (1.250) et (1.500). La saison sèche est moins longue et le faciès de la végétation en est nettement influencé. La savane boisée caractérise le paysage avec prédominance du Karité. De même l'abondance des précipitations favorise la latéritisation et de place en place la savane boisée est coupée par de vastes plateaux recouverts d'une croûte latéritique (bowals). Dans cette région quelques marigots coulent toute l'année. Les cultures sont nettement plus riches et plus variées, en plus des céréales apparaissent les plantes à tubercules et la banane.
- e) La zone Guinéenne, qui couvre presque tout le bassin en dessous de l'isohyète (1.500). Cette zone présente du Nord au Sud la transition entre la savane et la forêt. Les marigots à débits permanents sont assez nombreux au Nord. Vers le Sud l'eau est partout persistante dans les plus petits cours d'eau. Les galeries forestières encore très minces, au Nord s'épaissent de plus en se rapprochant de la forêt. Les bowals latéritiques deviennent de plus en plus rares.
- Le palmier à huile fait son apparition et devient

assez commun vers la bordure Sud de la zone. Les plantations de sisal, kapok, bananes, ananas caractérisent la zone guinéenne.

Sur les grands plateaux mamelonnés du Sud, la grande forêt détruite par les feux de brousse depuis une époque assez récente, ne subsiste plus que dans quelques îlots, elle a fait place à une savane à herbes relativement basses presque toujours vertes. Par suite de l'altitude et de la brièveté de la saison sèche, le climat y est tempéré et les cultures européennes (pommes de terre, tabac) y réussissent sans trop de difficultés.

f) La Zone Forestière caractérisée par une constance de la température et un état hygrométrique élevé, règne seulement à la limite Sud du bassin. C'est la grande forêt avec palmiers à huile, arbres et lianes à caoutchouc, cacaoyers, caféiers, bananiers, etc...

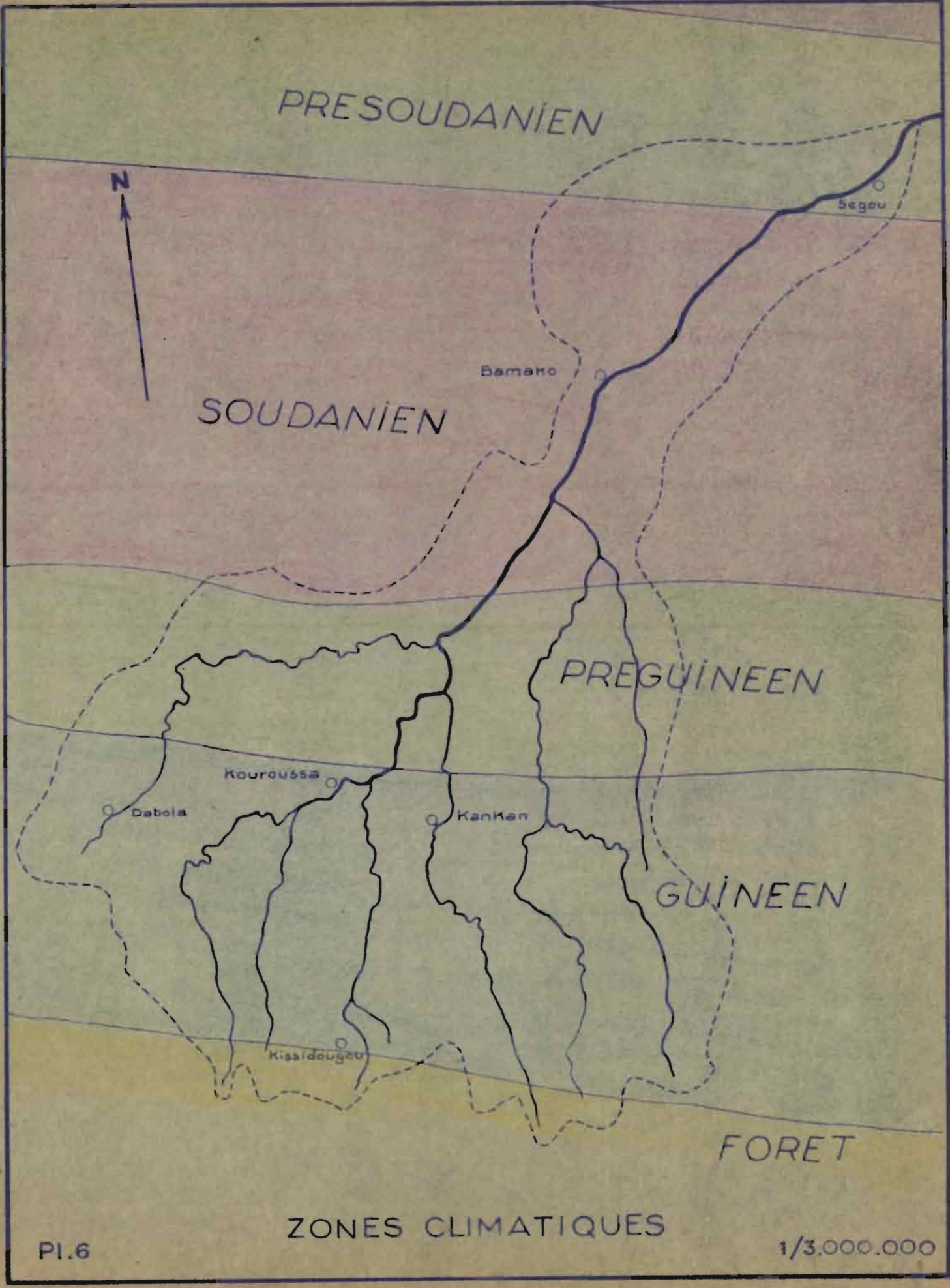
La superficie du bassin se répartit ainsi suivant les différentes zones :

Zone Présoudanienne	5.000 Km ²
Zone Soudanienne	30.000 Km ²
Zone Préguinéenne	30.000 Km ²
Zone Guinéenne	70.000 Km ²
Zone Forestière	5.000 Km ²

Il est évident que cette répartition est approximative et ne correspond pas à des limites précises

Pl. 6 - Zones climatiques.-

SOU 552



Pl. 6

ZONES CLIMATIQUES

1/3.000.000

D - LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE -

Autant le réseau hydrographique du FOULA-DJAÏON est complexe sur le versant Sud, autant il est simple sur le versant Nord.

Les deux grands fleuves, le NIGER et le SENE-GAL, en forment les artères principales qui sont d'ailleurs la vie des régions qu'elles parcourent.

Dans son cours supérieur le NIGER forme avec ses principaux affluents un éventail, dont les principales branches sont le TINKISSO, le HAUT-NIGER, le NIANDAN et le MILO.

Sur la rive gauche et en partant de l'amont vers l'aval on trouve :

- à l'amont de KOUROUSSA quelques petits affluents, BALE, TOMPOLI et NIANDAN.
- entre KOUROUSSA et SIGUIRI, à peu près pas d'apports en dehors du TINKISSO. Celui-ci grossi lui-même sur sa rive gauche du KOUKA, et sur sa rive droite du BANIE.
- entre SIGUIRI et SEGOU, un certain nombre de marigots à sec presque toute l'année.

Sur la rive droite le NIGER reçoit :

- de sa source à KOUROUSSA, un seul affluent important le MAFOU.
- entre KOUROUSSA et SIGUIRI, le NIANDAN grossi du KOUYA sur sa rive gauche et du BALE sur sa rive droite, puis le MILO grossi du BAOULE sur sa rive gauche et de quelques petits marigots sur sa rive droite.
- en aval de SIGUIRI, le SANKARANI formé par le DION et la KOURAI, grossi de l'OUSOURALE sur sa rive droite.
- entre BAKAKO et SEGOU quelques marigots sans importance.

Les profils en long des principaux cours d'eau TINKISSO, HAUT-NIGER, NIANDAN et MILO sont assez comparables. A quelques dizaines de Km. de leurs sources et après un parcours torrentiel, on les retrouve tous à des altitudes de 500 à 600 mètres. Leurs profils deviennent alors très doux, (pente moyenne de 15 à 40 cm. au Km). et sauf incidents locaux de faible amplitude cette pente se continuera sur tout le cours du NIGER. Cette forme de profil en long, caractéristique de très nombreux fleuves africains est, en général, assez défavorable à l'aménagement des centrales hydro-électriques.

Toutefois on constatera sur la pl. 8 que les

cours d'eau descendant du bouclier libérien, présentent sur leurs 200 premiers Km une pente nettement plus forte (50 à 60 cm. au Km.), le profil en long serait rajeuni par suite d'un lent soulèvement des massifs formant la ligne de partage des eaux. Ce phénomène est d'ailleurs beaucoup plus visible sur les rivières descendant vers le LIBERIA.

Le cours supérieur du TINKISSO est relativement le plus accidenté ; prenant sa source dans une région où la ligne de partage des eaux atteint 1.000 mètres d'altitude il descend brusquement des hauts-plateaux à quelques Kms à l'amont de DABOLA en une chute spectaculaire de 60 m de hauteur. Au-delà de DABOLA, vers BISSIEKIMA on le retrouve à la cote (400), et il ne descendra plus que d'une quarantaine de mètres sur plus de 250 Kms avant de se jeter dans le NIGER, ce qui représente une pente moyenne de 16 cm. au kilomètre.

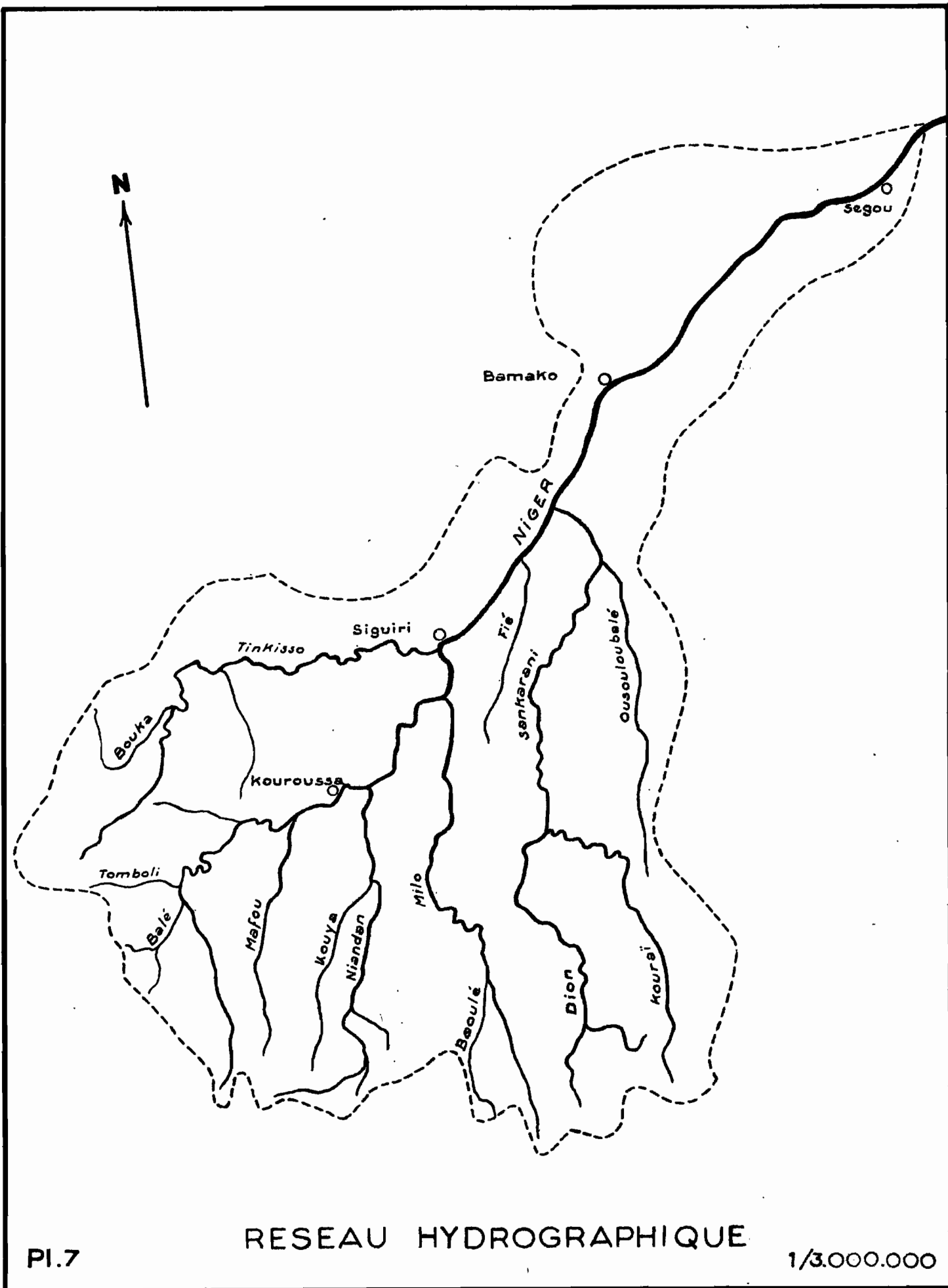
Le NIGER descend également d'une région où la ligne de partage des eaux atteint 1.000 m. Son cours est torrentiel pendant 60 Km, descendant de 300 m. sur ce parcours, ce qui donne une pente moyenne de 5 m. au Km. Sur les 200 Kms suivants, il descend encore de 100 m. soit une pente de 50 cm au Km. Au-delà de KOUROUSSA sa

pente moyenne devient extrêmement faible et de l'ordre de 20 cm entre KOUROUSSA et SEGOU. Deux accidents représentent à eux seuls une part importante de cette dénivelée : ce sont les rapides de SOTURA et de KENYE à 35 km plus loin. Sur cette distance la dénivelée est d'environ 20 mètres ; il existe également de nombreux seuils rocheux, absorbant une partie importante de la dénivelée. Il reste donc qu'en dehors de ces rapides la pente moyenne du NIGER entre KOUROUSSA et SEGOU, n'est que de 10 cm par kilomètre.

Le MIANDAN a son origine dans une région où la ligne de crête est de l'ordre de 500 m d'altitude c'est probablement une des raisons pour lesquelles son bassin bien ouvert aux vents du Sud est mieux alimenté que ses voisins. Nous le verrons dans le chapitre «Pluviométrie». La conséquence en est aussi que le profil en long de ce cours d'eau n'a pas d'accidents notables : il coule immédiatement sur le plateau entre la cote (500) à quelques kilomètres de sa source et la cote (360) à son confluent avec le NIGER 320 Km plus loin, ce qui représente une pente moyenne de 43 cm par kilomètre. Sur les 120 km du cours inférieur, la pente n'est plus que de 10 à 15 par Km.

Le MILLO a son cours supérieur torrentueux, il des-

SOU 553



PI.7

RESEAU HYDROGRAPHIQUE

1/3.000.000

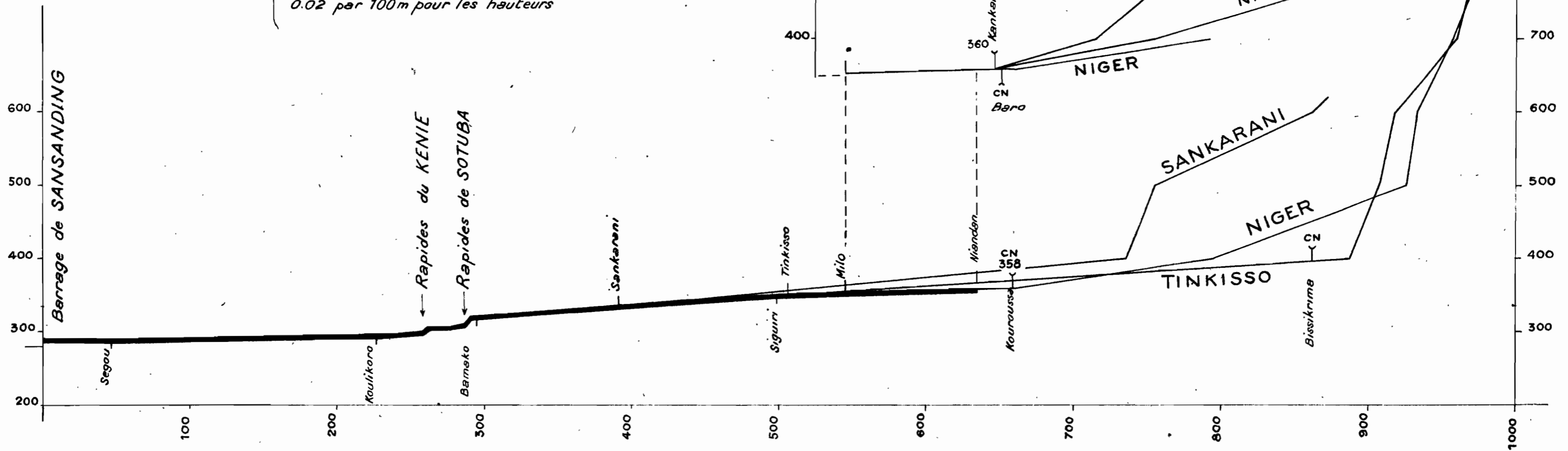
PROFIL EN LONG DU NIGER

EN AMONT DE SANSANDING

Echelles

0.04 par 100 km pour les distances

0.02 par 100m pour les hauteurs



SOU 554

ceint d'un massif culminant à 1.170 mètres, jusque vers KOUSANKORO cote(600), sur un parcours d'une vingtaine de Km. Il s'assagit alors, mais garde une pente relativement forte jusque vers KANKAN, la pente diminue alors nettement (20 cm par kilomètre), entre KANKAN et son confluent avec le NIGER.

Les profils en travers de ces rivières sont ceux d'une vallée concave classique avec zones d'inondation assez peu importantes (largeur 2 à 10 Km.). Ce n'est qu'après SECOU que la vallée s'élargit et présente des champs d'inondation considérables, car la vallée devenant alors convexe, des zones éloignées du NIGER se trouvent plus bas que celui-ci.

En basses-eaux le cours du lit mineur est souvent extrêmement réduit, principalement au passage des nombreux seuils rocheux, dont les plus importants sont ceux de SOTUBA et de KENYE, où tout le débit d'étiage se trouve rassemblé dans des cheneaux larges tout au plus d'une dizaine de mètres.

Pl. 7 - Réseau hydrographique.

Pl. 8 - Profils en long des rivières.

B. - LE CLIMAT et les PRECIPITATIONS. -

a) - Equipement du bassin au point de vue climatologique

La partie du bassin qui nous intéresse comporte 14 postes météorologiques. Il est utile de considérer cependant les postes voisins. Le tableau suivant donne la nomenclature des stations situées à l'intérieur du bassin versant avec indication de leur situation géographique, longitude, latitude et altitude et de leur mise en service.

HAUTE-GUINEE. -

BEYLA	- 8°41 N	- 8°39 W	- Alt. 620	- 1922
FARANAH	- 10°02 N	- 10°42 W	- Alt. 450	- 1923
KISSIDOUGOU	- 9°14 N	- 10°04 W	- Alt. 450	- 1922
KOUROUSSA	- 10°39 N	- 9°53 W	- Alt. 350	- 1923
KANKAN	- 10°23 N	- 9°18 W	- Alt. 350	- 1922
SIGUIRI	- 11°27 N	- 9°08 W	- Alt. 350	- 1924
BISSIKRIMA	- 10°53 N	- 10°51 W	- Alt. 430	- 1923
DABOLA	- 10°55 N	- 11°07 W	- Alt. 450	- 1924

SOUDAN. -

BAMAKO	- 12°39 N	- 8° W	- Alt. 325	- 1929
SEGOU	- 13°27 N	- 10°17 W	- Alt. 305	- 1935
SANSANDING	- 13°43 N	- 13° W	- Alt. 305	- 1936
BAROUELI	- 13°04 N	- 6°52 W	- Alt. 327	- 1930
KOULIKORO	- 12°53 N	- 7°35 W	- Alt. 320	- 1936
NIAMING	- 13°18 N	- 7° W	- Alt. 320	- 1937

Le tableau suivant donne la nomenclature des

stations situées sur le pourtour du bassin versant et dont l'examen permet un tracé plus exact des isohyètes et la compréhension de certaines particularités dans la répartition des pluies.

HAUTE-GUINÉE.-

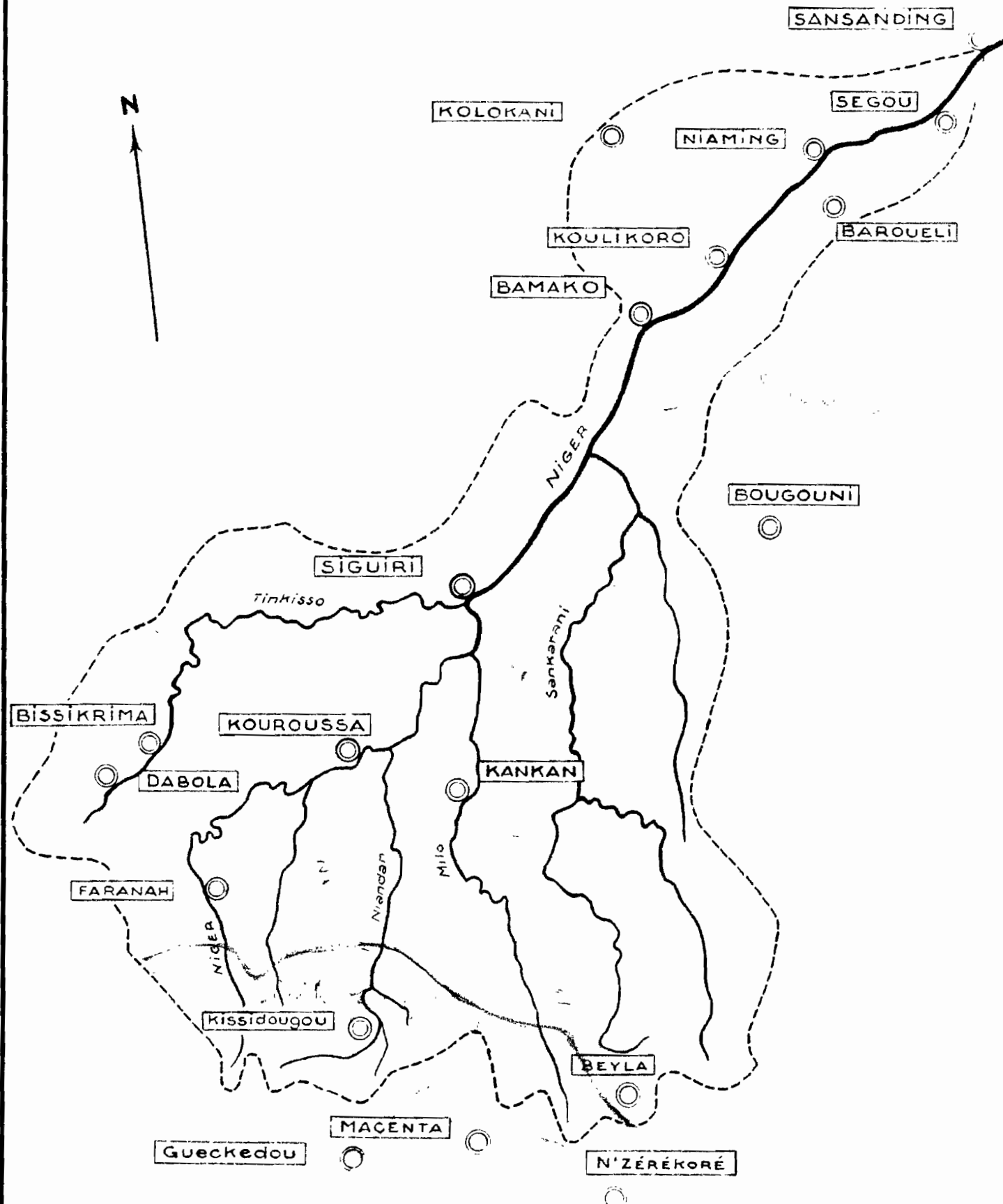
MACENTA	-	8°34 N	-	9°23 W	-	Alt. 620	-	1932
N'ZEREKORE	-	7°45 N	-	8°47 W	-	Alt.	-	1923
GURKEDOU	-	8°33 N	-	10°03 W	-	Alt. 435	-	1923
MAMOU	-	10°22 N	-	12°05 W	-	Alt.	-	1922
TOLO	-	10°22 N	-	11°45 W	-	Alt.	-	
TOUGUE	-	11°26 N	-	11°40 W	-	Alt. 870	-	1920

SOUDAN.-

BOUGOUMI	-	11°25 N	-	7°30 W	-	Alt. 410	-	1929
FOLOKANI	-	13°36 N	-	8°02 W	-	Alt.	-	1929
FALADIA	-	13°15 N	-	8°10 W	-	Alt.	-	1931

Pour l'ensemble du bassin versant, nous disposons donc de 23 stations météorologiques, soit 1 station pour 6.000 km. Mais la valeur de ces stations n'est pas égale, certaines ont subi des interruptions dans les lectures et, en général, la compétence du personnel est faible. Enfin, il est difficile d'avoir des renseignements sur la qualité de ces installations, exposition, matériel employé, etc.. Néanmoins la masse de renseignements permet de se rendre compte qu'il n'y a pas d'anomalies résultant d'erreurs grossières et systématiques, et qu'on peut tirer des con-

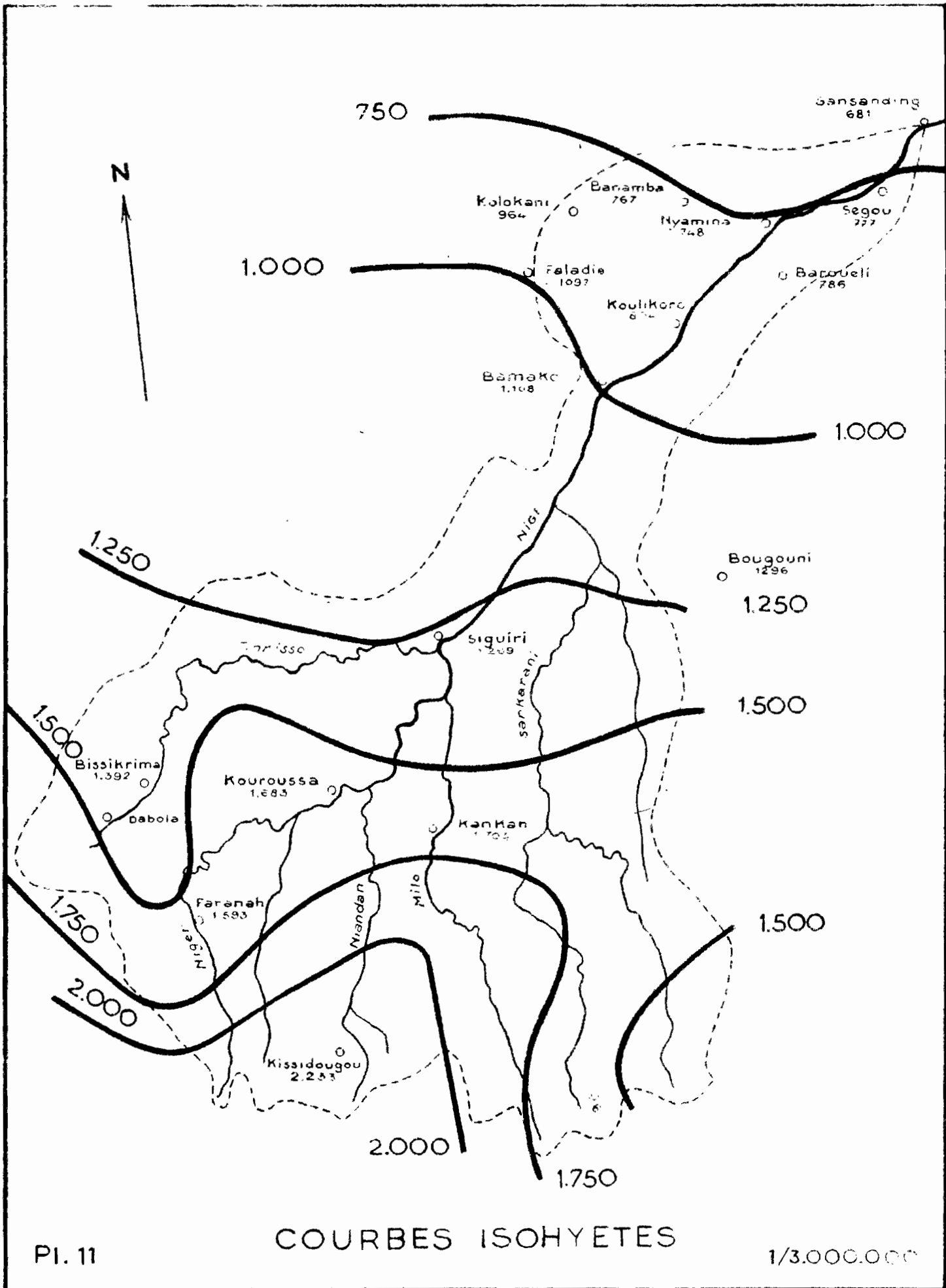
SOU 555



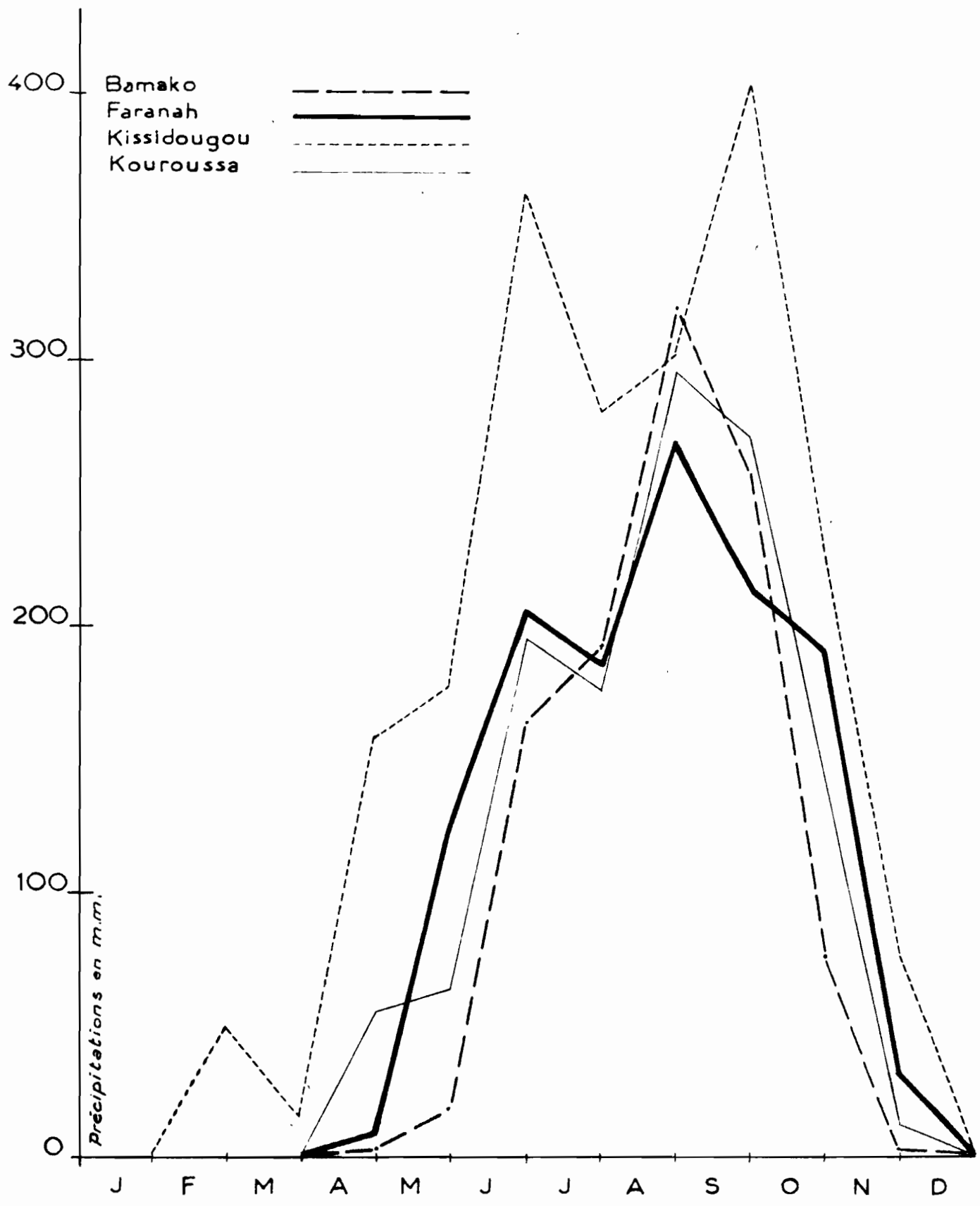
clusions assez précises sur le régime des pluies.

Pl. 9 - Carte de situation des postes météorologiques.

SOW 556



SOU 701



PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES

B.- PLUVIOMETRIE.

Les pluies abordent le sud du bassin versant du NIGER dans la seconde quinzaine de Mars. Elles remontent peu à peu vers le nord atteignant KANKAN au début de Mai, et BAMAKO au début de Juin. Elles règnent alors sur tout le territoire jusqu'en Août, puis elles vont en diminuant en Septembre et Octobre et rétrogradent vers le sud.

Il en résulte que dans les régions du centre et du nord du bassin versant, on observe un seul passage des pluies, donc un seul maximum de précipitations alors que dans le sud de la forêt on observe deux maxima (caractéristique du régime équatorial). Ces deux maxima sont encore bien visibles à la limite sud du bassin versant, le minimum d'été ayant lieu vers Juin ou Juillet (pl. 12).

Pour les mêmes raisons, la saison sèche devient de plus en plus longue du sud au nord; elle passe de 2 à 3 mois à KISSIDOUGOU et BEYLA, à 7 mois à BAMAKO. De plus, la quantité d'humidité apportée par la mousson diminue progressivement, de sorte que la hauteur d'eau annuelle décroît avec la latitude (pl. 10 et 11).

Ce phénomène est un peu compliqué par la configuration locale du relief.

En effet, la ligne de crête qui domine le bassin vers le sud et l'ouest, forme un écran qui condense partiellement les pluies amenées par la mousson, et la décroissance des hauteurs de pluies à la traversée de cet écran est nettement conditionnée par l'élévation de ces crêtes.

Il est très visible que c'est grâce à la dépression de l'isthme séparant les deux ensembles de massif Est et Sud-Ouest dans la région de GUECKEDOU-KISSIDOU, qu'est due la pénétration dans le bassin du NIGER des isohyètes (1.750) et (2.000). Mais ces isohyètes se retournent rapidement vers le sud à leur rencontre avec les chaînes de montagne du G'BING bordant la rive droite du MILO.

C'est en somme le bassin du NIANDAN qui profite le mieux de cette circonstance. C'est dans cette zone que l'on relève la lame d'eau annuelle la plus forte avec plus de 2.200 mm. à KISSIDOU.

Le début de la saison des pluies est annoncé par des coups de vents violents dits "tornadoes sèches", des orages et des grains.

Un phénomène assez curieux le précède souvent plusieurs mois à l'avance : c'est le "pluie des mangues" vers le mois de Février ou Mars. En pleine saison sèche sur la majeure partie du bassin, on observe quelques précipitations peu importantes qui créent cependant des crochets assez importants dans les courbes de tarissement du NIGER et de ses affluents sans décaler sensiblement les courbes. En Février 1949, nous avons ainsi observé une montée subite de 50 cm. sur le NIANDAW et 20 cm. sur le NIGER.

Ces faibles précipitations font repartir la végétation et permettent souvent au bétail de passer sans trop de dommage la période difficile de l'étiage.

Les pluies ont, en général, un caractère assez orageux, de sorte qu'à l'inverse des autres phénomènes météorologiques tels que : variations de pression, de température, vents qui se répartissent de façon uniforme sur de vastes espaces; la répartition des pluies est assez irrégulière sur toute la partie sud du bassin versant. Il en résulte que dans deux régions voisines l'année peut être sèche dans l'une et supérieure à la moyenne dans l'autre. Il

faut donc être circonspect dans l'examen des relevés de précipitations et ne pas imputer systématiquement à des lectures fantaisistes les discordances observées.

Les hauteurs de pluies annuelles sont données par les pl. 10 et 11.

Sur la planche 10, les stations météorologiques ont été groupées par région naturelle. Les premières correspondent à la région forestière; les secondes à la bordure de cette forêt (nous avons adjoint à ces dernières stations, celles voisines du FOUTA-DJALON), puis vient la région guinéenne et enfin la région soudanienne.

Les précipitations décroissent de 2.700 à 700 mm. Dans chaque région, il faut noter des écarts importants dus à des différences d'exposition et d'altitude : par exemple N° ZEREKORE est beaucoup plus abrité de la mousson que MACENTA et GUECKEDOU, ce qui explique que cette station soit beaucoup moins arrosée.

MAMOU est beaucoup plus près de la mer que les autres stations guinéennes.

KANKAN subit encore l'influence favorable de la "trouée" de GUECKEDOU dont nous avons parlé plus haut

contrairement à BISSIKRIMA abritée de la mousson par le FOUTA-DJALON.

La lame d'eau qui tombe en année moyenne sur l'ensemble du bassin est de 1.660 mm., ce qui correspond à un volume de 200 milliards de m³.

La répartition des précipitations au cours de l'année est indiquée par la planche 12 où nous avons reporté les courbes caractéristiques de quelques stations. Ces courbes ne sont pas des courbes moyennes car les légers décalages dans le temps des maxima et du début ou de la fin de la saison des pluies, déforment les courbes moyennes en les étalant et masquent complètement certains phénomènes. Nous avons seulement choisi des courbes annuelles correspondant à la forme la plus fréquente.

On observera les deux maxima et la longue durée de la saison des pluies des stations les plus méridionales. Les tornades tombant en Mars, Avril et Novembre sur ces bassins méridionaux relèvent le débit d'étiage du NIGER de façon sensible; on peut s'en rendre compte en comparant aux étiages du NIGER les étiages du SENEGAL qui ne bénéficient pas des mêmes circonstances.

En année sèche, le débit minimum du NIGER

BAMAKO est de l'ordre de 40 m³/sec. Celui du SENEGAL à KAYES est de l'ordre de 1 m³/sec, alors que les volumes débités annuellement par chaque fleuve sont dans le rapport de 1 pour le SENEGAL, à 7 ou 8 pour le NIGER.

On notera par ailleurs que les précipitations mensuelles les plus fortes des stations soudanaises sont au moins aussi élevées que celles des autres stations. Ce phénomène est encore beaucoup plus marqué si l'on considère les précipitations journalières maxima au lieu des précipitations mensuelles maxima.

Les tornades de la partie méridionale du SOUDAN sont peut-être plus brutales que les tornades de la forêt. C'est la durée des précipitations dans les régions forestières qui conduit à des totaux élevés et non la violence de ces précipitations. Il semble que l'importance de la couverture végétale ait dans ce cas une influence modératrice.

- P1, 10. Hauteur de pluie annuelles.
- P1, 11. Courbes isohyètes.
- P1 12. Précipitations mensuelles.

C.- ETUDE des AUTRES ELEMENTS METEOROLOGIQUES.-

Températures.-

La température va en croissant du Sud vers le Nord, car sa valeur est étroitement liée à la durée de la saison sèche.

L'amplitude des oscillations entre les températures diurnes et nocturnes va également en croissant du Sud au Nord.

Les températures maximum le long d'un même parallèle croissent pendant la saison sèche, passent par un premier maximum à la fin de celles-ci puis décroissent à la saison des pluies. Un second maximum moins élevé que le précédent a lieu généralement fin Octobre.

A BAMAKO, les températures maximum passent par les valeurs extrêmes suivantes :

- Fin Décembre - début Janvier 32°
- Fin Mars - début Avril 40°
- Fin Juillet - début Octobre 30°
- Fin Octobre - début Novembre 37°

La courbe 40° des températures maxima ne descend généralement pas jusqu'à SIGULFI.

De même la courbe 30° n'atteint pas BAMAKO.

Les températures minima sont maxima en Avril-Mai et sont de l'ordre de 25° à BAMAKO.

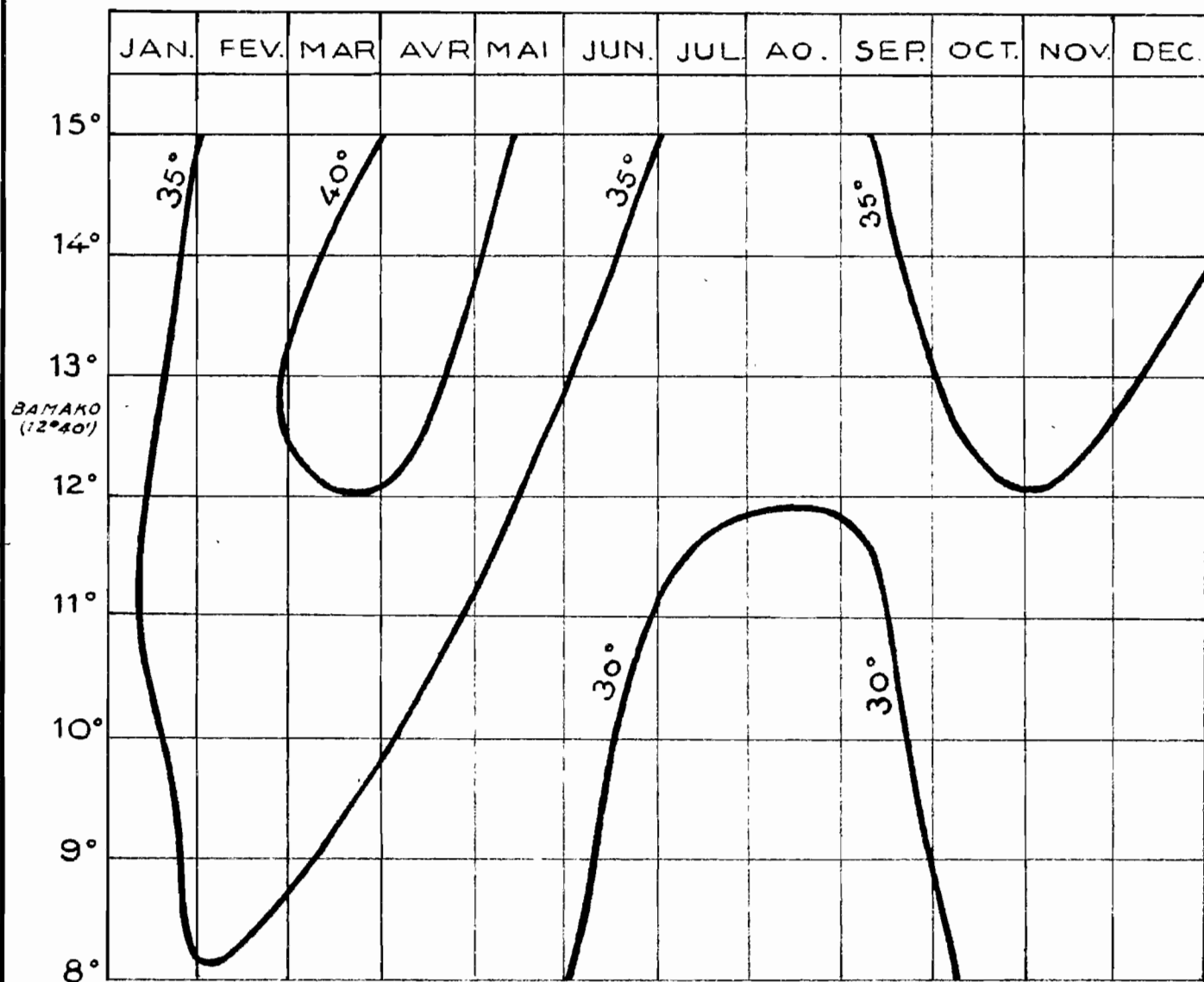
Elles descendent à 15° de Novembre à Janvier.

Bien entendu ces températures maxima et minima sont les moyennes de températures maxima et minima journalières pendant 1 mois.

Les maxima absolus sont nettement supérieurs, et de même les minima absolus sont très inférieurs aux valeurs données plus haut. C'est ainsi que dans la région de KANKAN-KOUROUSSA on observe parfois des températures de l'ordre de 5 à 7°.

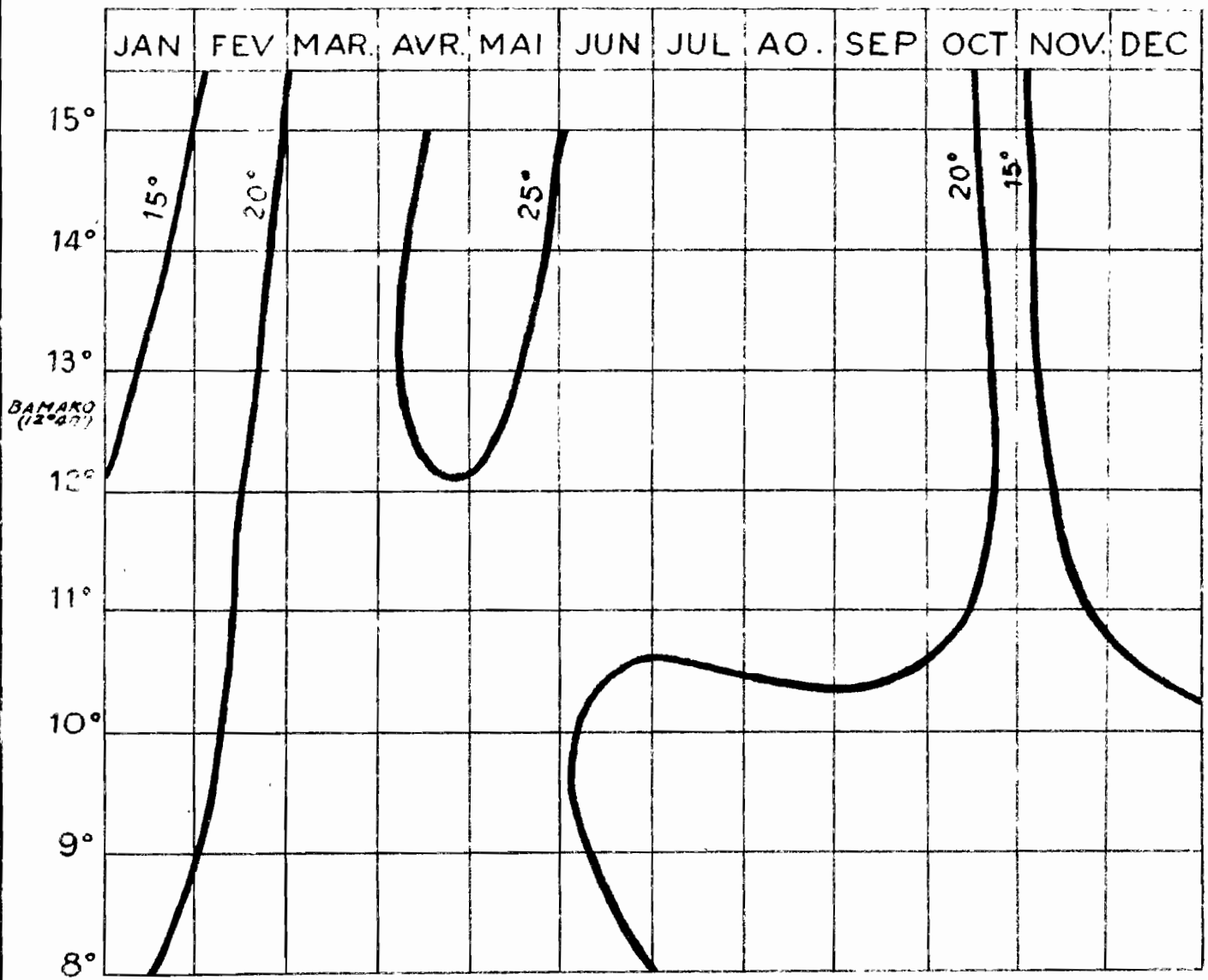
Pl. 13 - Variation des températures maxima.
Pl. 14 - Variation des températures minima.

SOU 557



VARIATION DES TEMPERATURES MAXIMA
SUR LE MERIDIEN MAN BAMAKO (8°)

501558



VARIATION DES TEMPERATURES MINIMA
SUR LE MERIDIEN MAN-BAMAKO (8°)

VENTS -

Le régime des vents est simple:

L'Harmattan souffle toute l'année d'Est ou d'Est Nord-Est:

C'est un vent essentiellement continental qui souffle au sol pendant la saison sèche. Son effet déshydratant est néfaste pour la végétation et il crée une évaporation intense des nappes liquides:

Vers le mois d'Avril la Mousson apportant les pluies du Sud-Ouest aborde le Sud du bassin, l'envahit entièrement jusqu'au mois d'Août et l'abandonne fin Octobre. Pendant cette saison appelée l'hivernage l'Harmattan reste superposé à la Mousson:

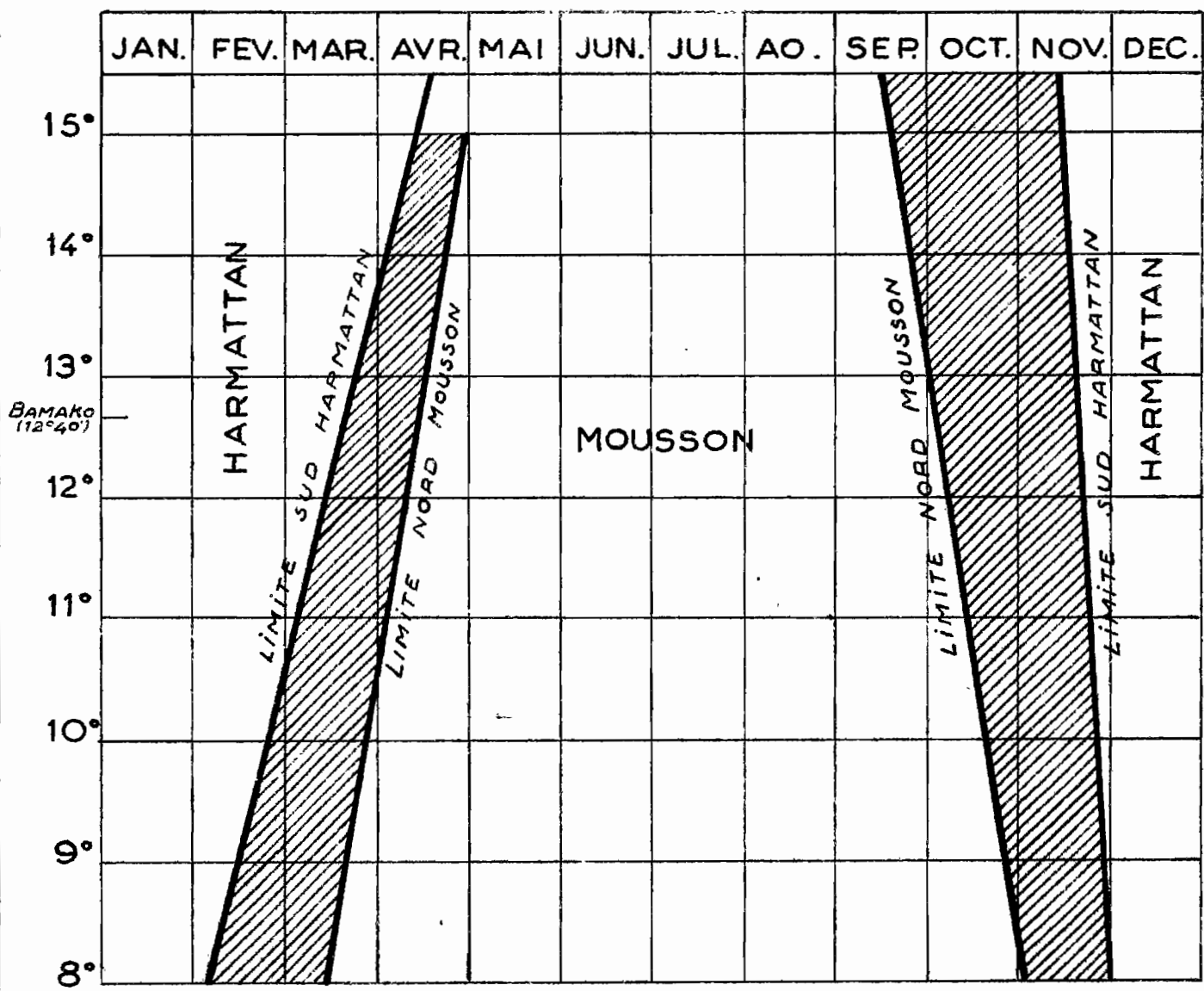
Ces vents influent fortement sur la température lorsque la Mousson souffle; la température est relativement basse et ses variations diurnes sont faibles. Au contraire, la température est élevée avec l'Harmattan et les variations diurnes sont importantes:

Hors le cas des tornades violentes, mais courtes, la vitesse du vent est plutôt faible:

Le graphique donne les limites de l'Harmattan et de la
Mousson au cours de l'année le long du méridien de BAMAKO.

Pl. 15.- Limite Mousson-Harmattan.

SOU 559



LIMITE DE LA MOUSSON ET DE L'HARMATTAN
SUR LE MERIDIEN MAN-BAMAKO (8°)

ETAT HYGROMETRIQUE DE L'AIR:-

L'état hygrométrique de l'air va en croissant du Sud vers le Nord et passe par un maximum pendant l'hivernage:

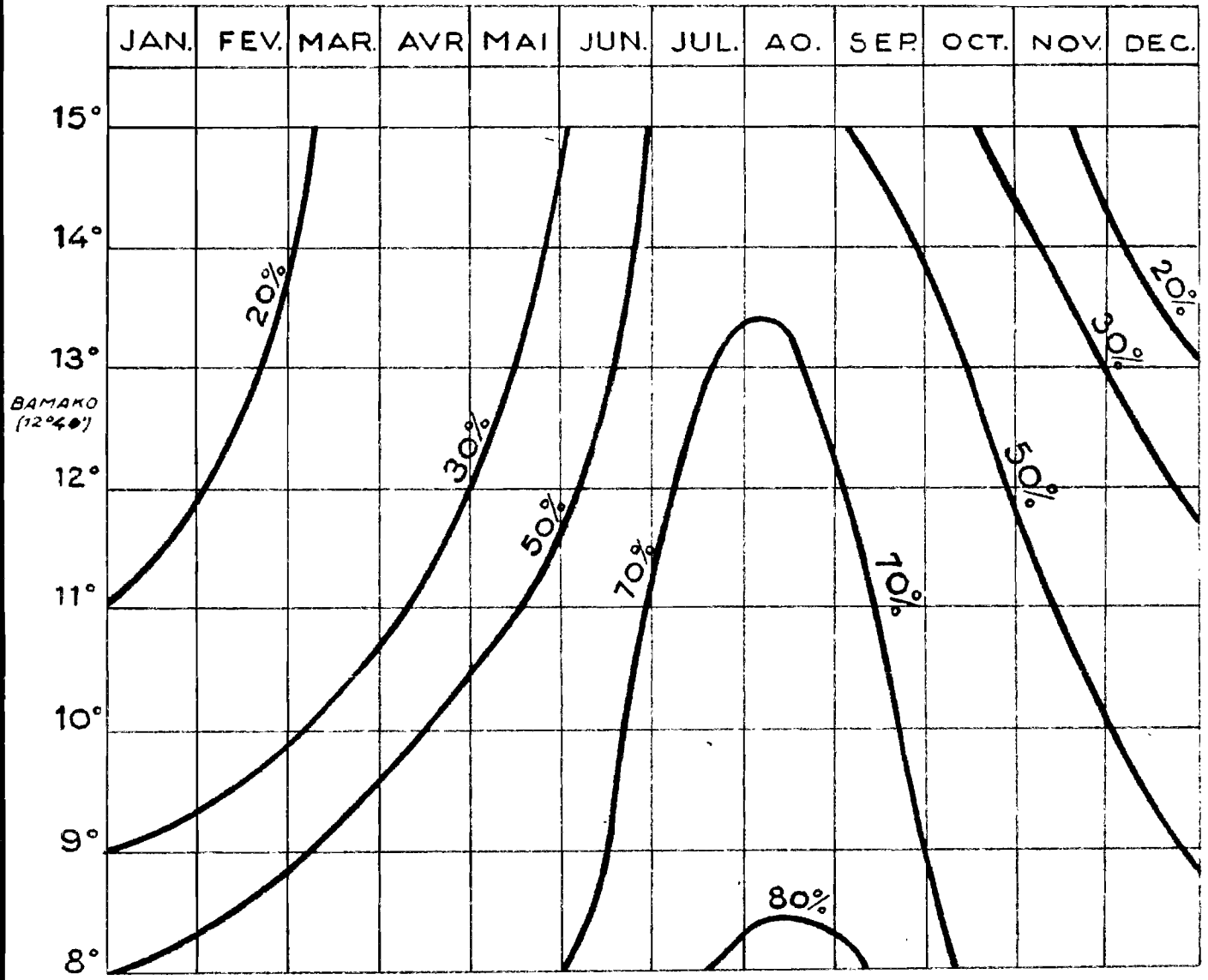
A BAMAKO l'humidité relative passe par un minimum de 20% en Janvier: C'est l'Harmattan qui est la cause de cette sécheresse de l'atmosphère: Pendant l'hivernage, l'humidité relative peut dépasser 70% en Juillet et Août:

D'une façon générale les variations diurnes du degré hygrométrique sont, en raison, inverses des variations de température: Les minimum diurnes ont généralement lieu vers 14 heures: Evidemment, les sautes de vent peuvent modifier profondément l'allure moyenne de ces variations:

En saison sèche, les variations journalières peuvent être très importantes:

Pl: 16:- Variation de l'état hygrométrique:

560



BAMAKO
(12°40')

VARIATION DE L'ETAT HYGROMETRIQUE
SUR LE MERIDIEN MAN-BAMAKO (8°)

PRESSION ATMOSPHERIQUE:

Les observations de pression atmosphérique en A.O.F. sont encore incertaines. On peut, cependant, dégager quelques renseignements élémentaires:

La marée barométrique est plus forte que dans les régions tempérées: Un premier maximum a lieu vers 10 heures, le second, qui est le plus faible, vers 22 heures: L'amplitude de cette marée peut atteindre 5 mm. (amplitude moyenne 3 mm.):

Les plus grandes variations diurnes ont lieu pendant la saison sèche: Ceci est dû aux grandes variations thermiques de cette saison:

Le bassin versant du HAUT-NIGER semble compris entre l'isobare minimum 756 en Mai et l'isobare 762 en Janvier, soit une variation moyenne annuelle de 6 mm.

CHAPITRE II

=====

LES DÉBITS

Certains éléments du régime du NIGER ne sont pas encore parfaitement déterminés, toutefois on peut affirmer que, dans l'ensemble, les débits de ce fleuve sont bien connus.

a) - EQUIPEMENT du BASSIN au POINT de VUE HYDROLOGIQUE

Un certain nombre d'échelles ont été installées depuis 1910 dans le bassin du NIGER. Il s'agissait à l'origine de simples échelles de crues observées généralement de façon sporadique. La plupart de ces échelles n'ont pas été tarées par une série de jaugeages de sorte qu'en général, il n'est pas possible de transformer les hauteurs d'eau en débits.

Elles ont été installées, soit par l'Administration du Chemin de Fer CONAKRY-NIGER sur les piles des Ponts: Ponts de KOUROUSSA sur le NIGER, et le NIANDAN, Pont de KANKAN sur le MILO, soit par les Compagnies de Navigation dans les ports fluviaux.

Ces échelles sont utiles car il est possible

a posteriori d'effectuer au voisinage une série de jaugeages permettant de transformer en débits les hauteurs d'eau observées autrefois. Ce n'est pas possible pour les débits d'étiage, car les déplacements des bancs de sable du lit, sans importance sur les moyens et forts débits, conduiraient à des valeurs erronées des débits à l'étiage. Malheureusement, un certain nombre de relevés annuels ont été définitivement perdus.

Les échelles limnimétriques existant actuellement sont les suivantes :

KOUROUSSA:- Sur le HAUT-NIGER (zéro de l'échelle 357, nivellement du Chemin de Fer) Bassin versant intéressé 18:000 Km². L'échelle est située sur une pile du pont du chemin de fer. Les observations sont faites par le Service de la Navigation et le Chemin de Fer. On dispose, pour l'instant, de relevés de crues en 1923 - 1925 - 1926. Les relevés antérieurs n'ont pas encore été retrouvés sauf une cote d'étiage en 1916. Cette échelle n'a jamais été étalonnée.

SIGUIRI:- (Alt: 340 m.): Bassin versant intéressé
70.000 Km²: Nous n'avons retrouvé que les
relevés de l'année 1923:

BAMAKO :- Sur le NIGER (le zéro de l'échelle est à la
cote 319,01 - Nivellement JARRE): Bassin
versant 120.000 Km²: Situé près du Port de
BAMAKO et observé par le Service de la
Navigation: Les résultats en notre possession
sont incomplets; à plusieurs reprises l'échel-
le a été déplacée, enfin nous savons que pour
au moins 2 positions de cette échelle le zéro
est à une cote nettement supérieure au niveau
des plus basses-eaux, de sorte que la mesure
des débits d'étiage est pratiquement impossi-
ble: Il serait imprudent de baser une étude
de débits sur les observations de cette échel-
le: Toutefois, on peut y trouver des rensei-
gnements précieux pour la construction sur
le NIGER, au voisinage de BAMAKO, d'ouvrages
tels que barrages, ponts et murs de quai:

(120.000 Km² de B.V.)
KOULIKORO:- Le zéro de l'échelle est à la cote 306,60
dans le nivellement de SANSANDING, soit

292,80 dans le nivellement JARRE. Le zéro de l'échelle a été maintenu au même niveau depuis l'origine; seule la valeur à attribuer à la cote absolue de ce zéro par rapport au niveau de la mer a varié suivant les nivellements successifs effectués entre DAKAR et KOULIKORO.

Bassin versant intéressé 125.000 Km². L'échelle est à 40 Km. à l'aval de BAMAKO. Les lectures sont effectuées de façon continue depuis 1907.

Étalonnage a été fait avec soin pour les hautes-eaux et les eaux moyennes par la Cie Générale des Colonies au cours de l'année 1923 et par la Mission "Electricité de France" en 1948. Cet étalonnage avait été limité vers les basses eaux à 130 m³/sec. par la Compagnie Générale des Colonies.

La partie inférieure de l'échelle a été tarée par récurrence jusque vers 65 m³/sec. grâce aux jaugeages effectués à SOTUBA par la Mission "Electricité de France" en 1949. Deux jaugeages effectués en 1938 et 1945 par l'Office du Niger au point le plus bas de l'étiage permettent de prolonger la courbe jusque vers 35 m³/sec. sans grande garantie de précision pour les débits inférieurs à 60 m³/sec.

En effet, le lit du fleuve à l'étiage comporte à KOULIKORO de nombreux bancs de sable. Une faible variation du plan d'eau correspond à une variation de débits relativement

forte, de sorte qu'il suffit d'un léger déplacement des bancs de sable pour que la courbe "hauteur/débit" soit modifiée. Il en résulte que la courbe devrait être contrôlée tous les ans, ce qui est difficile dans cette région. Donc les jaugeages effectués en 1938 et 1945 correspondent probablement à des courbes légèrement différentes. Il ne semble pas toutefois que l'amplitude des variations du plan d'eau, pour un même débit, dépasse 10 cms. pour la période 1938-1949. La partie inférieure de la courbe sera donc utilisée uniquement pour cette période.

Au contraire, les jaugeages exécutés en eaux moyennes et en hautes-eaux en 1923 et 1948 se recourent exactement, le déplacement des bancs de sable restant sans influence appréciable sur la précision de ces mesures. A l'origine, il avait semblé nécessaire de prévoir 2 courbes hauteurs-débits, l'une à la crue, l'autre à la décrue. Or les premiers jaugeages ont montré que les deux courbes étaient bien distinctes mais que l'écart était insignifiant. On utilise donc une courbe unique située entre les deux courbes de crue et de décrue, l'erreur que l'on fait ainsi sur la valeur des débits est de l'ordre des erreurs de mesure et l'établissement des courbes de débits en est grandement facilité.

SOTUBA.- Plusieurs échelles ont été installées à l'amont et à l'aval des rapides de SOTUBA, à 6 Km. à l'aval de BAMAKO. Une première série en 1923 une seconde série par la Mission E D F en 1948. Les observations faites à ces échelles devaient principalement permettre de déterminer les variations de la hauteur de chute créée par les rapides de SOTUBA en vue de l'aménagement d'une centrale hydroélectrique.

En outre les premières échelles aval devaient permettre l'étude des débits d'étiage du NIGER. A cet endroit, le lit du fleuve est assez resserré et assez stable et il serait ainsi possible de compléter les observations de KOULIKORO.

L'étalonnage de cette station avait été entrepris en 1923. Malheureusement les débits d'étiage de 1923 ont été très importants, de sorte que la courbe hauteurs-débits n'est étalonnée que dans sa partie supérieure jusqu'à 130 M³/sec., ce qui est insuffisant. En 1924 les hauteurs d'eau ont bien été relevées mais aucun jaugeage n'a été effectué. Depuis 1924, les hauteurs d'eau n'ont été relevées qu'en 1942 et 1943.

La Mission "Electricité de France" a poursuivi en 1949 l'étalonnage de cette station, mais une fois de plus le débit

d'étiage a été assez fort, de sorte qu'actuellement la courbe doit être extrapolée pour l'étude des débits inférieurs à 65 m³/sec.

Il y aurait intérêt à reprendre ces jaugeages une année où l'étiage serait plus sévère. En effet le lit est stable en cet endroit. Il suffirait de placer un élément supplémentaire sous la base de l'échelle qui découvre en basses-eaux et de graduer ce nouvel élément une fois pour toutes. Le tarage de l'échelle de KOULIKORO serait achevé par récurrence et pourrait être contrôlé tous les ans sans aucun jaugeage complémentaire.

B E G O U. - Bassin versant intéressé 140.000 Km²
Les premières lectures connues datent de 1919.
L'échelle n'a pas été étalonnée.

DIAMARABOUGOU. - (Nivellement de SANSANDING : Zéro de l'échelle 294,042. Bassin versant intéressé 140.000 Km². L'échelle a été étalonnée avec soin en 1931, 1932 et 1933 par l'Office du NIGER

Malheureusement aucun jaugeage n'a été effectué pour une valeur du débit inférieure à 130 m³/sec.

Cette échelle ne peut donc pas fournir de renseignements précis sur les débits d'étiage. Les hauteurs d'eau ont été relevées de 1926 à 1938. L'échelle a été noyée depuis la retenue de SANSANDING.

KIRANGO.- Bassin versant intéressé 140.000 Km². Cette échelle est située à 3 Km. à l'aval de SANSANDING a été relevée de 1926 à 1944, date à laquelle elle a été abandonnée. Elle a été étalonnée à partir du barrage de DIAMARABOUGOU. La courbe d'étalonnage répondait à la formule :

$$Q = 123 (h + 0,43)^2$$

A partir de 1937 les débits à KIRANGO se sont trouvés affectés par les prélèvements opérés par l'Office du Niger pour les irrigations, un batardeau provisoire ayant été mis en place en 1938.

Enfin sur les affluents du NIGER, des échelles de crues ont été installées à :

(9.500 Km²)

KANKAN - sur le MILO (Alt 361,60): L'échelle avait été installée par le Chemin de Fer, probablement en 1913. Elle avait été abandonnée en 1926. Depuis les lectures ont été reprises en 1942 au moment où a été entreprise la construction du pont en béton armé sur le MILO : elles ont été poursuivies jusqu'à ce jour. Nous possédons les relevés des années 1914, 1915, 1916, 1920 et 1923 (hautes-eaux seulement), ainsi que les graphiques de 1938 à 1949.

L'étalonnage de cette échelle est en cours, mais d'ores et déjà, les courbes limnimétriques peuvent fournir des renseignements intéressants sur l'ordre de succession des crues des différentes branches du NIGER et l'hydraulicité des années observées.

(19.500 Km²)

BARO: - sur le NIANDAN: Le zéro de l'échelle est à la cote 356 (nivellement du chemin de fer). Cette échelle a été installée en 1910 par les services du Chemin de Fer. Elle a été étalonnée en 1947 et 1948 par les soins de l'Office du NIGER.

Actuellement les jaugeages sont en nombre suffisant sauf pour les très forts débits. Cette échelle présente un grand intérêt car elle permet de déterminer l'importance des apports.....

susceptibles d'être mis en réserve derrière le futur barrage de FOMI sur le NIANDAN:

Nous possédons des relevés fragmentaires concernant les années 1910, 1911 et 1912, un relevé complet de la crue 1913 et un relevé partiel de la crue 1926. Depuis Mai 1947, les hauteurs d'eau sont relevées à nouveau de façon régulière. Les relevés anciens sont particulièrement intéressants; ils donnent une idée assez complète du régime du NIANDAN : l'année 1913 est l'année la plus sèche observée depuis 40 ans en AFRIQUE et l'année 1926 une des plus humides.

Dans leur ensemble ces stations limnimétriques sont situées remarquablement, puisque chacun des bassins partiels aurait pu être étudié sans double emploi, sauf à l'aval de BAMAKO:

En effet, le HAUT-NIGER à l'amont de KOUROUSSA, le NIANDAN et le MILO ont chacun leur échelle: Le TINKESSO peut être étudié par différence entre l'ensemble précédent et l'échelle de SIGUIRI, la SANKARINI par différence entre les échelles de BAMAKO et de SIGUIRI:

Malheureusement comme l'examen des différentes stations vient de le montrer, seule l'échelle de KOULIKORO, a bénéficié de continuité et de sérieux dans les observations et c'est la seule aussi dont nous avons pu retrouver tous les relevés sur une longue période.

Quant aux autres elles présentent assez peu d'utilité pour l'étude du régime du NIGER Supérieur car très peu d'entre elles ont été étalonnées, de nombreux relevés de hauteurs d'eau ont été perdus et les deux stations étalonnées n'apportent pas d'éléments nouveaux pour l'étude des débits d'étiage et des variations interannuelles de l'hydraulicité du NIGER à BAMAKO.

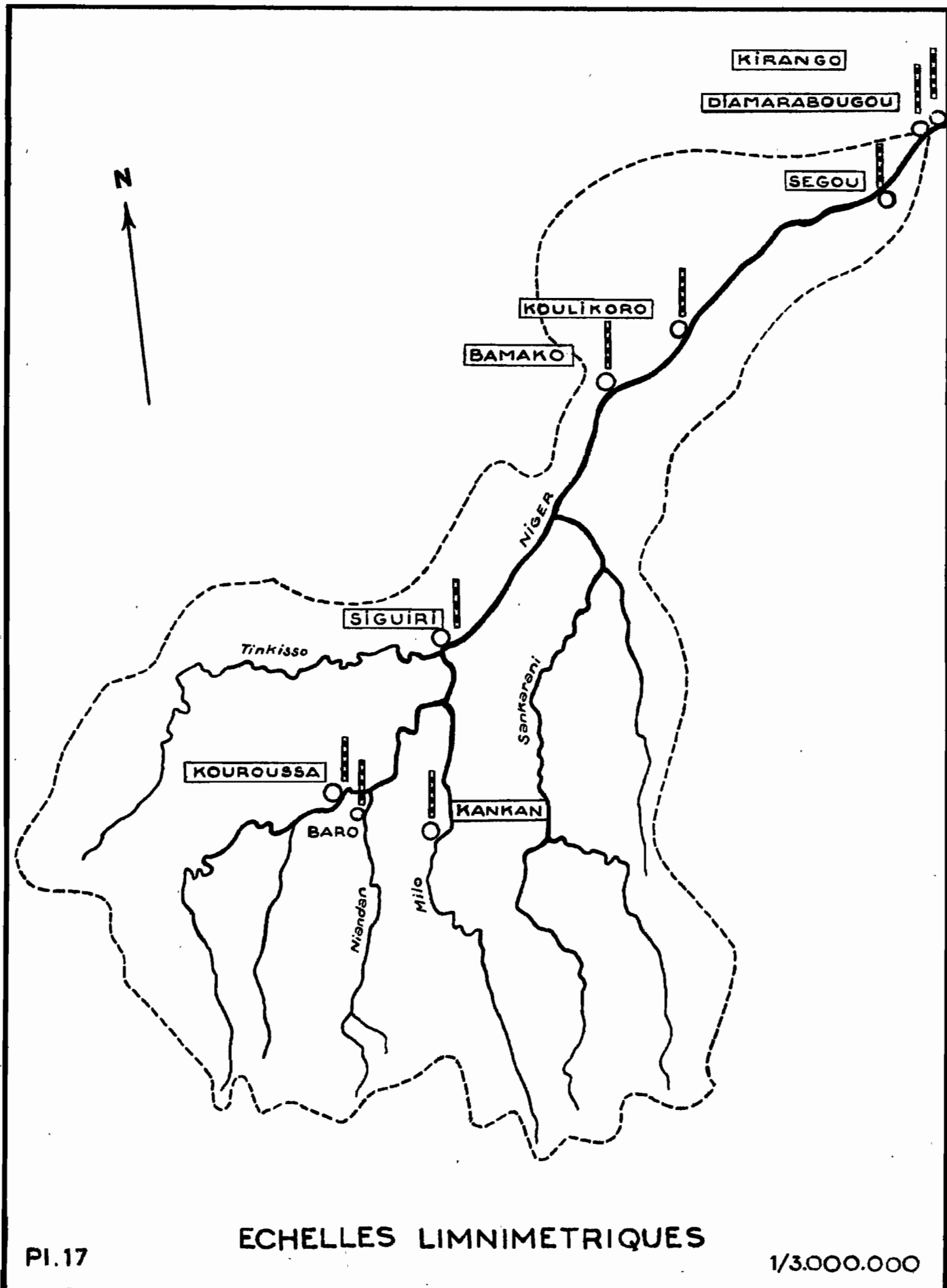
Il serait du plus grand intérêt de continuer les recherches dans les archives des différentes Administrations, d'achever l'étalonnage des échelles déjà tarées partiellement et d'étalonner les échelles de KOUROUSSA et de SIGUIRI.

C'est là un travail très important s'étendant sur plusieurs années et qui exige des déplacements fréquents sur de longues distances. Il s'impose

Pl.I7. Carte des situations des échelles limnimétriques.

Pl.I8. Courbe de tarage échelle de KOULIKORO.

SOU 561



PI. 17

ECHELLES LIMNIMETRIQUES

1/3.000.000

d'autant plus que toutes ces échelles étant situées à proximité de villes importantes peuvent être très facilement observées de façon continue.

Il est nécessaire de doubler l'échelle de KOULIKORO par l'échelle de BAMAKO ou de SOTUBA. Il sera très imprudent de ne garder qu'une seule échelle pour le jaugeage du NIGER. Il suffirait que les lectures soient confiées à un observateur incapable ou non consciencieux pour que l'on se trouve sans renseignements sur le NIGER pendant plusieurs années.

B - ETUDE DU REGIME DU FLEUVE
=====

Il sera possible d'entreprendre une étude très complète sur le régime du NIGER lorsque l'échelle de KOULIKORO aura été convenablement tarée pour les faibles débits. La longue période d'observations dont on dispose la continuité et le sérieux des mesures permettent de dégager toutes les caractéristiques du fleuve.

L'allure générale des variations du débit est donnée par la planche I9 sur laquelle ont été reportées toutes les courbes limnimétriques à KOULIKORO depuis l'origine des observations et par la planche 2I variation des débits moyens mensuels.

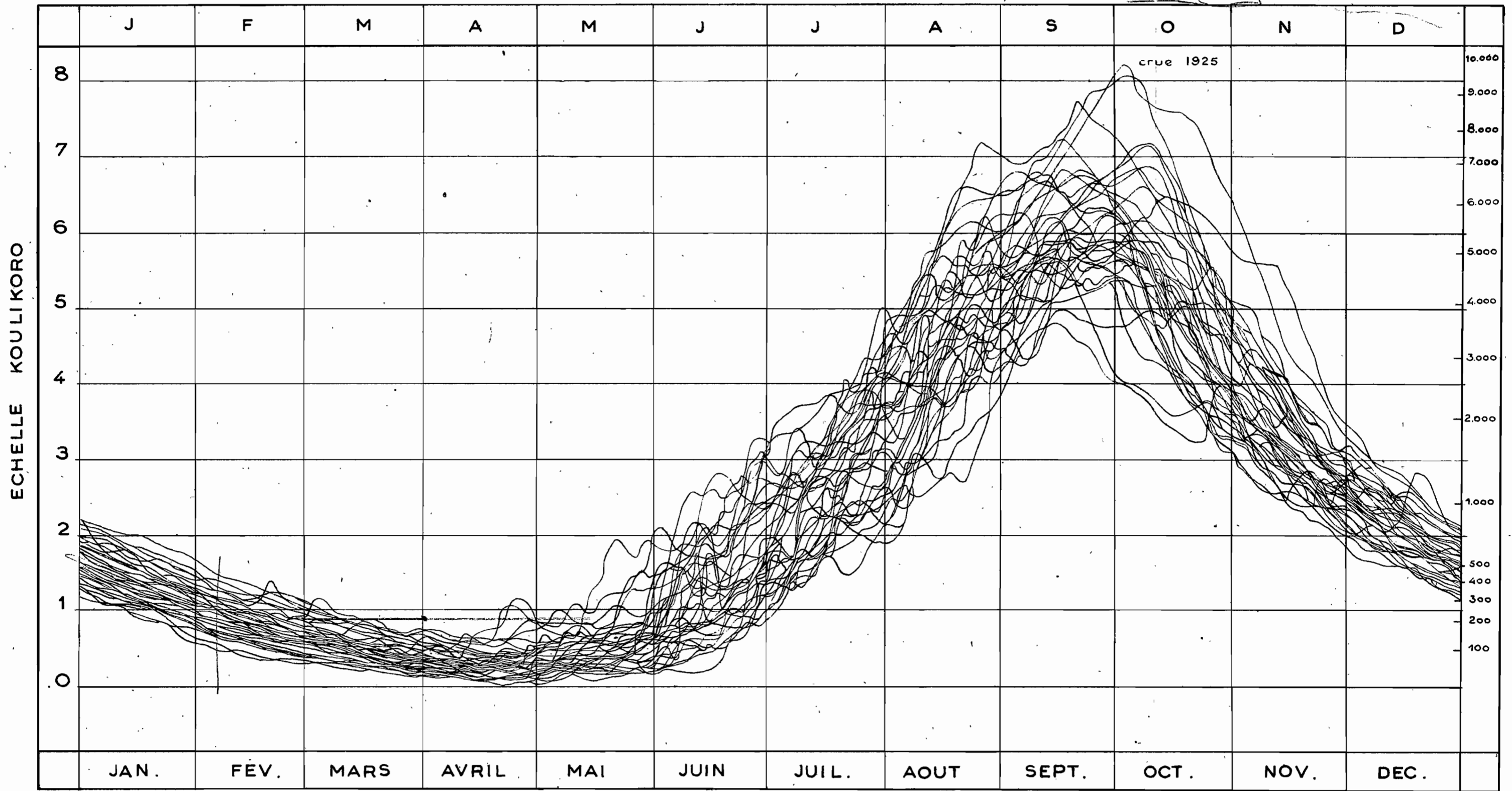
Le régime est assez simple :

2
- une crue unique commençant en Juin atteint son maximum en Septembre ou Octobre. Le maximum des graphiques est suivi par de longues courbes de tarissements. L'allure de ces variations résulte directement des régimes des pluies de la partie tropicale du bassin versant (région forestière exclue) saison des pluies commençant en Avril-Mai avec maximum en Août et début d'une longue saison sèche commençant vers Novembre.

Le faisceau des courbes de la planche I9 montre que le régime du NIGER est assez régulier ceci tient d'une part à la grande superficie du bassin versant et d'autre part à la régularité du régime des pluies commandées par l'arrivée régulière de la Mousson.

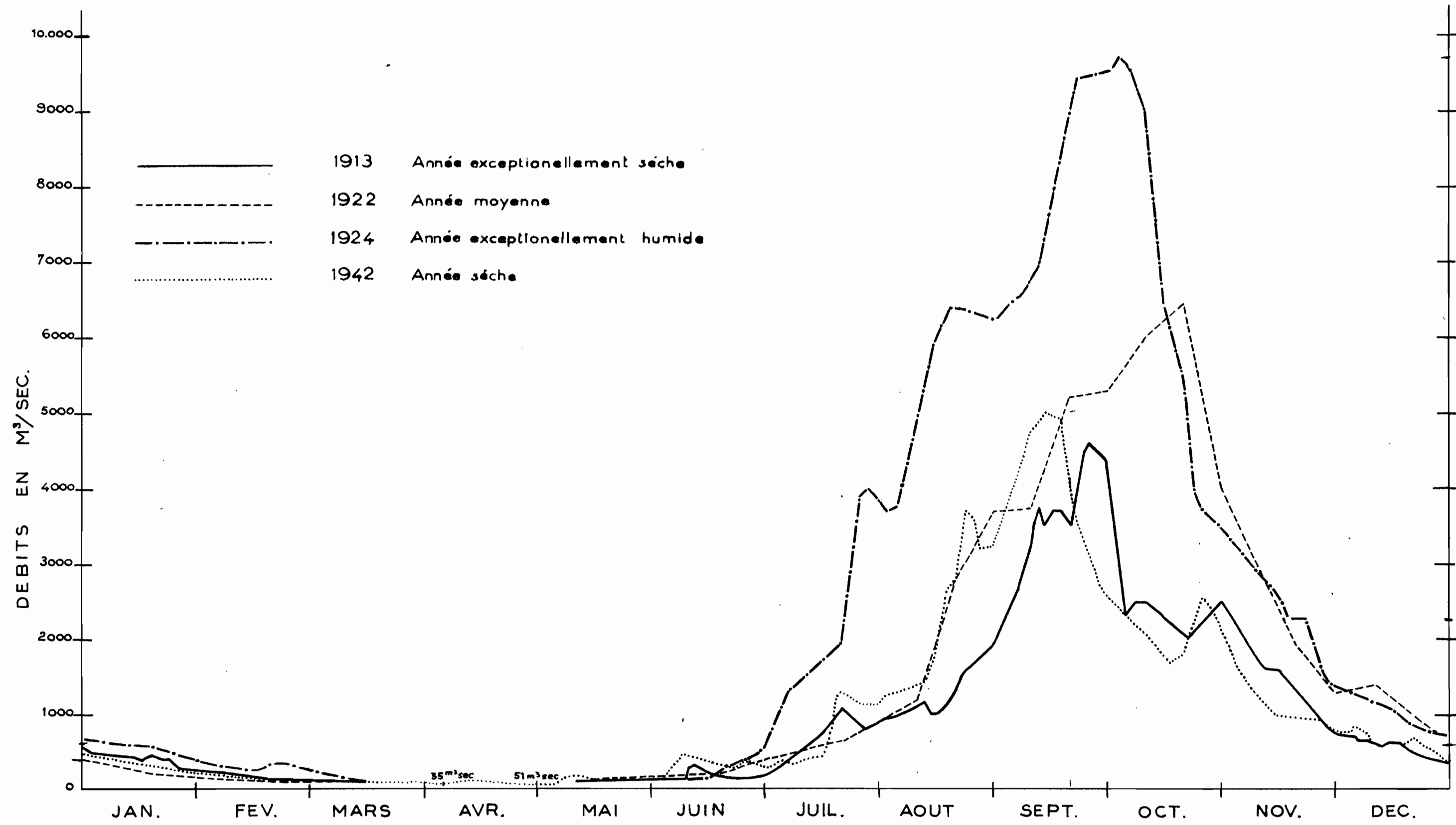
Pour examiner de plus près les variations

FAISCEAU DE COURBES LIMNIMETRIQUES

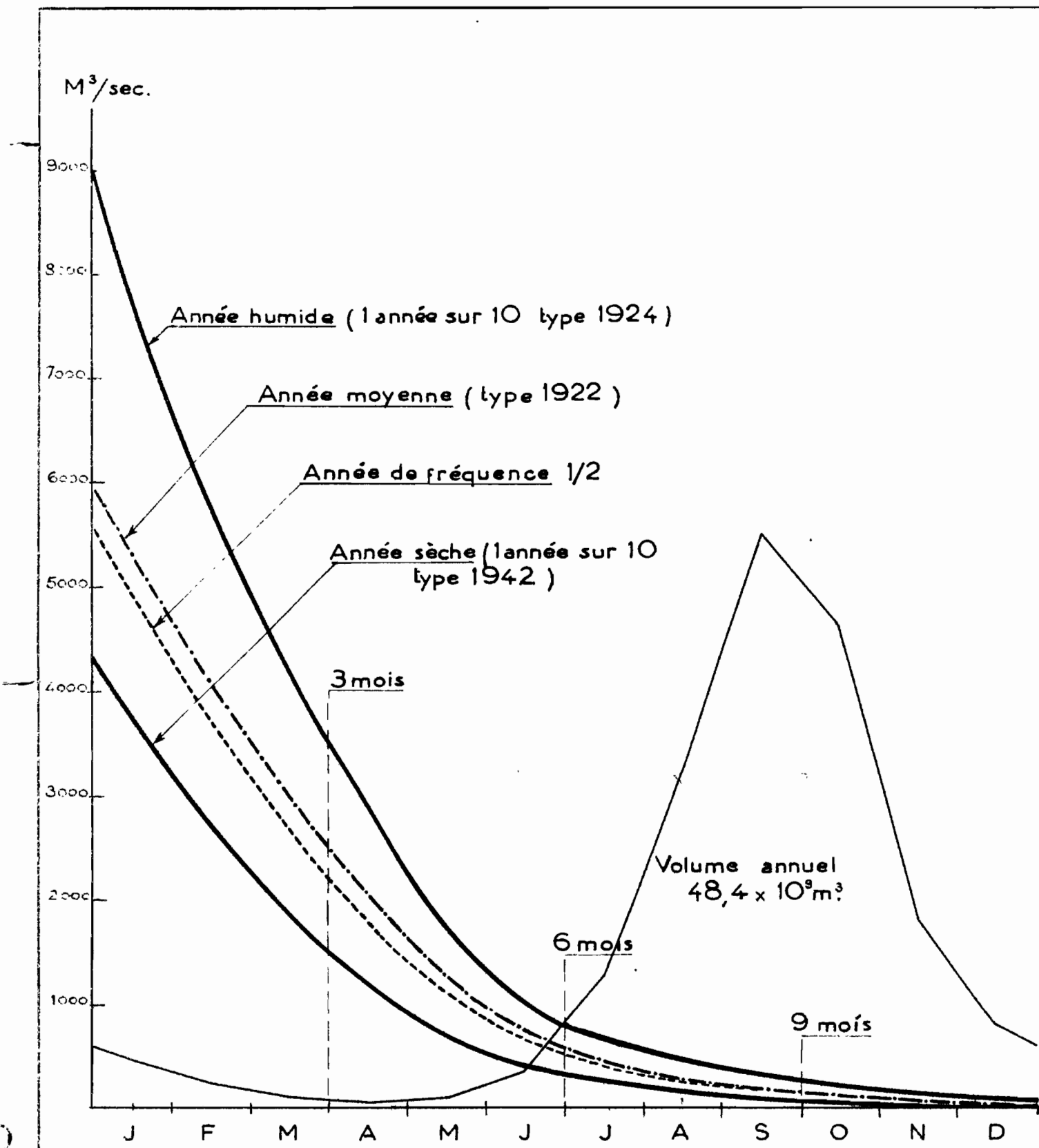


504563

SOY 702 / A



DEBITS DU NIGER A KOULIKORO
COURBES DE VARIATIONS ANNUELLES CARACTERISTIQUES



S04 703

COURBES DE FREQUENCES
ET COURBE DES DEBITS MOYENS MENSUELS

annuelles des débits nous avons reporté sur la planche 20, 1 courbe caractéristique d'année très humide (1924), 2 courbes caractéristiques d'années très sèches (1913 et 1942) et 1 courbe caractéristique d'année voisine de l'année moyenne théorique (1922). L'étude de ces courbes, sera beaucoup plus intéressante que celle de l'année moyenne.

Nous précisons à cette occasion que les années sèches ou humides ne sont pas généralement les années où les débits d'étiage sont les plus faibles ou les plus forts, nous expliquerons pourquoi plus loin. Seule intervient l'importance du volume annuel écoulé.

Le NIGER est constitué par la réunion de plusieurs fleuves à régimes assez voisins mais présentant certaines différences et c'est bien ce que reflètent les courbes de débits. En effet, les crues des divers affluents commencent avec un certain décalage. Ainsi sur le NIAMNAN et le MILO la crue commence en Mai-Juin, alors que sur le NIGER proprement dit et sur le TINKISSO, la crue commence environ un mois plus tard. L'onde de crue partant de la région de KOUFOUSSA arrive à BAMAKO quinze jours plus tard et on enregistre alors une première pointe correspondant au débit de la crue du MILO

et NIANDAN.

Par la suite MILO et NIANDAN présentent une série de crues, allant de Juin à Novembre; le graphique dont l'allure est assez voisine des graphiques pluviométriques de KISSIDOUGOU et FARANAH présente une série de dents de scies rappelant les courbes des hautes-eaux d'Europe, ce qui tient au caractère un peu équatorial du régime des pluies dans les hauts bassins versants.

En même temps NIGER et TINKISSO entrent successivement en période de crues. Toutes ces crues s'ajoutent les unes aux autres produisant sur la courbe du débit du NIGER, une montée rapide comportant de nombreuses pointes correspondant chacune au début de la crue de chaque rivière, jusqu'au moment où les débits des derniers cours d'eau soudanais, qui eux, ne présentent qu'une crue unique (régime tropical), passent par leur débit maximum, tous les autres cours d'eau étant alors en crue, le NIGER à KOULIKORO présente lui-même son débit maximum.

Les mêmes phénomènes se présentent à la décrue avec cette différence que les terrains gorgés d'eau constituent un élément régularisateur, toutefois les....

dernières crues des hauts bassins en Octobre et Novembre provoquent quelques petites pointes qui déforment la courbe de tarissement, ceci est très sensible en année sèche lorsque les apports des cours d'eau soudanais sont insuffisants pour masquer ces pointes.

La pointe de crue se présente tous les ans, à la même époque, vers le 1er Octobre. L'examen de toutes les crues montre que le décalage maximum est de 15 jours, avant ou après cette date.

Le régime en basses-eaux est déterminé par deux phénomènes indépendants :

D'une part, les régions soudanaises et préguinéennes ne reçoivent généralement pas d'eau pendant la saison sèche et les cours d'eau présentent des courbes de tarissement normal. Par contre, dans le Sud de la région guinéenne et dans la région forestière, les premières pluies commencent en Mars, produisant des débits non négligeables sur le NIANDAN, le MILO et même le HAUT-NIGRE, les petites pointes des faibles crues étant d'ailleurs très vite aplaties.

Les courbes de débits à l'étiage résultent donc de la superposition à la courbe de tarissement normal,

d'une courbe de débits très légèrement croissante ou même stationnaire. Par suite, à partir de Mars-Avril, la courbe de tarissement du NIGER tend à s'aplatir.

On en déduit que le débit minimum d'étiage est fonction, non seulement de la crue précédente, mais surtout des pluies de Mars dans les régions méridionales, c'est-à-dire, en fait, de l'extrême début de la prochaine saison des pluies. Il en résulte que les débits d'étiage les plus faibles ne s'observent pas obligatoirement en année sèche (année hydraulique bien entendu).

C'est pour cette raison que nous avons étudié les variations de débits du NIGER dans le cadre de l'année légale, alors qu'à première vue, il aurait semblé plus logique d'adopter l'année hydraulique, qui pour le NIGER, commencerait le 1er Mai. Les phénomènes ne se passent pas de la même façon pour la région du Delta Nigérien où l'évaporation a restreint considérablement le débit amené réellement par le NIGER à l'étiage et où, le débit d'étiage provient d'eau accumulée dans les bras, les lacs et les berges du NIGER inondées à l'hivernage, donc en fait de la crue précédente.

Enfin, la pluie des mangues, dont nous avons parlé plus haut, est parfois suffisamment importante

pour compliquer encore ces phénomènes, introduisant des pointes insolites dans la courbe de tarissement. Nous voyons donc que si les débits des crues sont relativement réguliers, les débits d'étiage varient considérablement d'une année à l'autre, d'autant plus que pendant la saison sèche les débits en jeu sont extrêmement faibles et il suffit de faibles variations dans les phénomènes qui les conditionnent pour les faire varier dans de larges limites.

Il suffit d'un retard dans les pluies de la zone forestière, d'une crue annuelle trop maigre avant l'étiage et d'une évaporation plus intense que de coutume pour que le débit tombe presque à zéro, peut-être 25 m³/sec. (1941). Au contraire, si les pluies arrivent plus tôt que de coutume (début 1922) la courbe de tarissement peut être assez courte et le débit d'étiage ne descendra guère au-dessous de 100 m³/sec.

- DEBITS MOYENS ABSOLUS. -

On peut schématiser d'une façon très sommaire le régime du NIGER par les tableaux suivants :

- le tableau I.- donne des caractéristiques élémentaires

concernant les années sèches et humides de probabilité
10% (déterminées sur 40 années),

- l'année sèche de ce type est 1944

- l'année humide " 1928

de l'année de fréquence 50% de l'année moyenne théorique
et des années exceptionnellement sèches (1915), et
exceptionnellement humides (1924).

TABLEAU I.- Régime du NIGER à MOULIKORO

	: Année sèche	: Année probabi- lité 50 %	: Année humide
Etiage	80 à 30 m ³ /s.	38 M ³ /s.	80 à 30 m ³ /s.
Crue	4.300 m ³ /s.	5.400 m ³ /s.	9.000 m ³ /s.
Débit de 3 mois	1.500 m ³ /s.	2.200 m ³ /s.	3.500 m ³ /s.
Débit de 6 mois	300 m ³ /s.	550 m ³ /s.	800 m ³ /s.
Débit de 9 mois	100 m ³ /s.	140 m ³ /s.	250 m ³ /s.
Module	950 m ³ /s. ===	1.350 m ³ /s. =====	2.150 m ³ /s. =====

	: Année sèche exceptionnelle type 1913	: Année moyenne	: Année humide exceptionnelle type 1924
Etiage	80 à 18 m ³ /s.	45 m ³ /s.	150 à 40 m ³ /s.
Crue	4.500 m ³ /s.	6.000 m ³ /s.	9.700 10.500 m ³ /s.
Débit de 3 mois	1.200 m ³ /s.	2.500 m ³ /s.	4.000 m ³ /s.
Débit de 6 mois	250 m ³ /s.	600 m ³ /s.	1.000 m ³ /s.
Débit de 9 mois	75 m ³ /s.	150 m ³ /s.	250 m ³ /s.
Module	825 m ³ /s. =====	1.500 m ³ /s. =====	2.400 m ³ /s. =====

Ces données seraient tout à fait insuffisantes pour un régime plus complexe mais la courbe étudiée ne comportent qu'une crue unique on a pensé que les tableaux de débits moyens mensuels n'apporteraient pas beaucoup de renseignements complémentaires.

Les débits d'étiage n'ont pas été précisés, sauf pour l'année moyenne et l'année de probabilité 50 %; le débit moyen d'étiage en année sèche n'a pas grande signification puisque cette caractéristique ne dépend que partiellement de l'hydraulicité de l'année considérée, comme nous l'avons vu plus haut.

La planche 21 donne les courbes de fréquence en année moyenne, en année de fréquence 50 %, en année sèche (probabilité 10 %), en année humide (probabilité 10 %).

Le tableau n° 1 précise les caractères généraux du régime que l'on a donné très sommairement plus haut.

La rigueur de la saison sèche qui dure 6 mois environ peut être caractérisée par le rapport du débit moyen au débit de 6 mois.

Le rapport est de :

5,2 pour l'année sèche
2,3 pour l'année moyenne
2,2 pour l'année humide.

Le rapport du débit maximum absolu au débit minimum absolu est égal à 124 en année moyenne, ce qui est considérable pour un fleuve d'une telle importance.

La faiblesse de ces débits d'étiage apporte une gêne considérable à la navigation sur le NIGER. Les navires à vapeur ne peuvent pas circuler pendant plus de 6 mois en basses-eaux, à l'amont de BAMAKO et pendant 3 à 4 mois à l'aval de KOULIKORO. Comme pendant la pointe des hautes-eaux, la navigation est également impossible, le NIGER n'est donc navigable que pendant quelques mois, avant la pointe de crue et 2 à 3 mois après. Les conditions d'exploitation des Compagnies de Navigation sont difficiles et il serait intéressant de chercher à régulariser le NIGER.

Une régularisation importante conduisant à un débit constant égal au débit moyen pendant l'étiage serait difficile.

On voit sur la courbe des débits classés de l'année moyenne de la planche 22, qu'il faudrait créer une réserve de 23 milliards de m³ pour réaliser cette régularisation.

Mais il ne serait pas indispensable de maintenir dans le lit du NIGER un débit constant aussi important.

Le débit de 6 mois, soit 600 m³/sec., serait très largement suffisant pour les besoins de la navigation et, pour maintenir ce débit à l'étiage, il faudrait un appoint de 6 milliards de m³ ce qui, compte tenu de l'évaporation, exigerait un réservoir de l'ordre de 7 à 8 milliards de m³. Ceci n'est pas impossible puisque le réservoir du NIANDAN pourrait déjà emmagasiner à lui seul 4 à 5 milliards de m³.

En année à très faible étiage, il faudrait un appoint de l'ordre de 7 milliards 500 millions de m³.

Si l'on considère les besoins des irrigations des centres de culture de l'Office du NIGER, il suffirait pour une première étape s'étendant sur plusieurs décades de maintenir un débit constant voisin du débit

COURBE DES DEBITS CUMULES
DE L'ANNEE MOYENNE

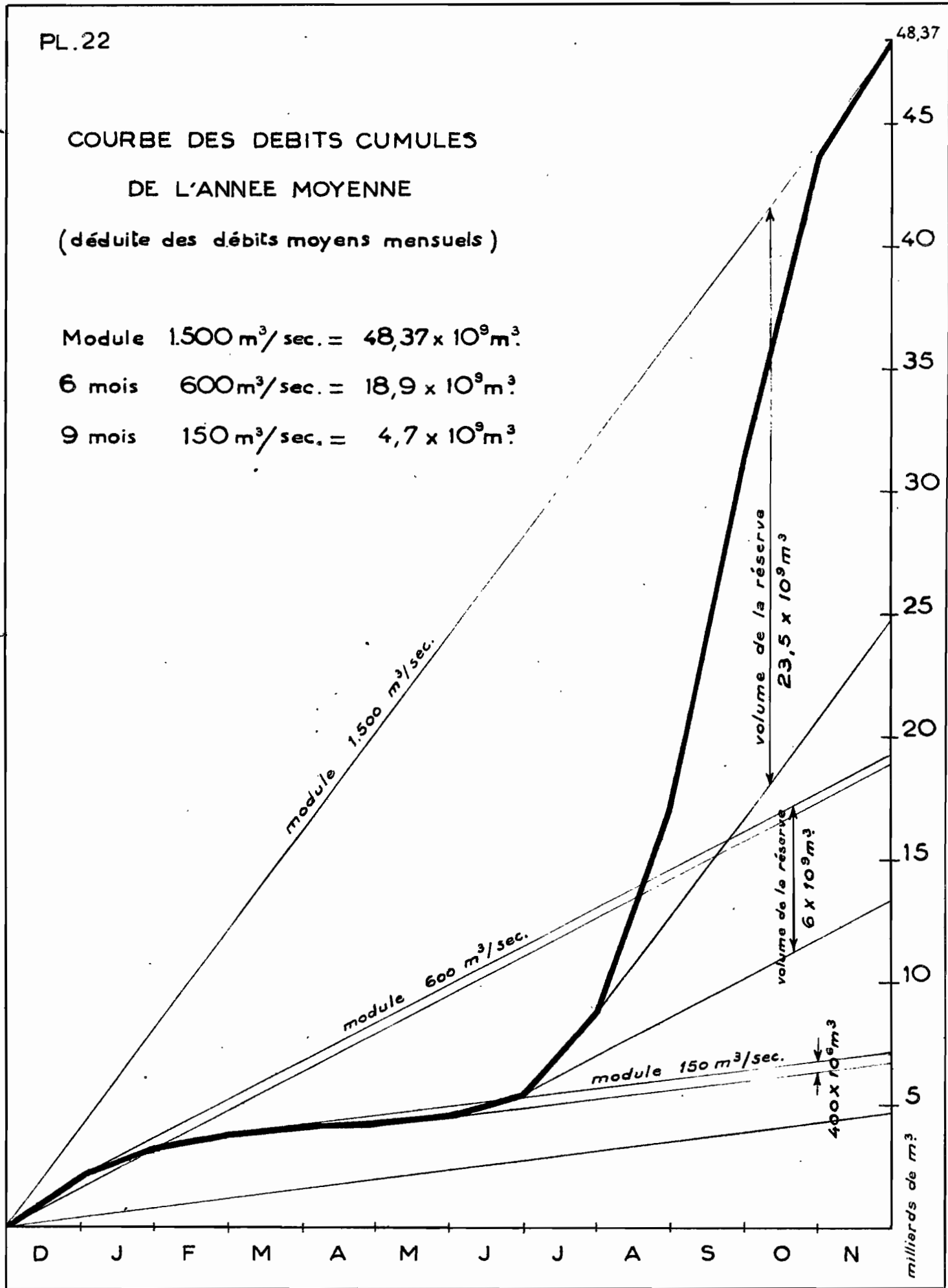
(déduite des débits moyens mensuels)

Module $1.500 \text{ m}^3/\text{sec.} = 48,37 \times 10^9 \text{ m}^3$

6 mois $600 \text{ m}^3/\text{sec.} = 18,9 \times 10^9 \text{ m}^3$

9 mois $150 \text{ m}^3/\text{sec.} = 4,7 \times 10^9 \text{ m}^3$

SOY 704



de 9 mois (150 m³/sec. à 200 m³/sec.), ce qui exigerait en année moyenne : 600 millions de m³. et en année sèche : 1 milliard à 1 milliard 200 millions de m³.

Cet appoint peut être fourni sans difficulté par le réservoir du NEANDAN.

Le tableau I donne également une idée des variations des apports annuels et, par suite, des modules d'une année à l'autre. Le rapport de l'année exceptionnellement humide à l'année exceptionnellement sèche (une année sur 40) est de l'ordre de 3, chiffre comparable à ceux obtenus pour un certain nombre de rivières du Massif Central.

A première vue un pareil chiffre peut surprendre, eu égard à la proportion importante du bassin versant situé en région semi-désertique. En réalité, la Mousson apporte régulièrement une quantité d'eau assez peu variable, de sorte que les débits en résultant ne sont pas trop irréguliers d'une année à l'autre, s'ils sont très irréguliers au cours d'une même année.

DEBITS SPECIFIQUES -

Le tableau N° 2 donne les débits spécifiques en l/sec. Km².

en année moyenne

en année exceptionnellement sèche

en année exceptionnellement humide.

Les chiffres obtenus sont assez faibles, ils n'ont qu'une signification très théorique puisqu'on a vu plus haut que le véritable bassin d'alimentation ne comptait que 70.000 Km². La partie septentrionale du bassin versant n'apporte qu'un très faible volume au NIGER, d'autant plus que dans ces régions le NIGER subit une évaporation intense, telle qu'en très basses-eaux le débit à SIGUIRI est supérieur au débit à BAMAKO plus à l'aval.

On peut avoir une idée des débits du bassin supérieur grâce au bassin du NIANDAN : ^{13.000} 14.000 Km² seul étudié jusqu'ici.

- Etiage	0,7	l/sec Km ²
- Crue	71	l/sec Km ²
- Débit de 3 mois	29	l/sec Km ²

~ Débit de 6 mois	7	l/sec. Km ²
~ Module	17	l/sec. Km ² .

On notera que l'augmentation du débit spécifique d'étiage est relativement plus élevée que l'augmentation du module, ce qui montre bien l'importance des régions voisines de la forêt dans l'alimentation du NIGER aux très basses-eaux.

Il semble d'ailleurs, d'après les relevés de quelques années que nous possédons concernant le NIAN DAN, que l'irrégularité interannuelle soit moins forte que pour le NIGER, ce qui est logique. On trouverait des résultats analogues pour le MILO.

Bien entendu ces caractères : débits spécifiques moyens plus importants, étiages plus soutenus, plus faible irrégularité interannuelle s'accroissent dès que l'on approche de la forêt.

TABLEAU II.- Débits spécifiques du NIGER en l/sec.Km²

	: Année sèche	: Année moyenne	: Année humide
: Etiage	0,6 à 0,25	: 0,35	: 0,6 à 0,25
: Crue	: 28	: 48	: 80
: Débit de 3 : mois	: 9,8	: 20	: 32
: Débit de 6 : mois	: 2	: 4,8	: 7,2
: Débit de 9 : mois	: 0,6	: 1,2	: 2
: Module	: 6,6	: 12	: 18

Nous avons porté sur la planche 2I les courbes de fréquence pour l'année moyenne, les années sèches et humides (probabilité 10%). Etant donné le grand nombre d'années d'observations et la superficie importante du bassin versant il est vraisemblable, que la recherche des lois d'ajustement mathématique serait susceptible de donner des renseignements intéressants, mais il serait peu judicieux d'entreprendre cette recherche avant de bien connaître les débits d'étiage

COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT - Il est impossible de calculer a priori, le déficit d'écoulement moyen et, par suite, le coefficient de ruissellement; d'une part, en raison de la diversité des régions constituant le bassin versant, d'autre part, en raison du manque absolu de données sur le déficit d'écoulement de chaque région naturelle. Toutefois, il est intéressant d'estimer le coefficient de ruissellement moyen du NIGER, à partir des débits et des précipitations, car le chiffre obtenu sera assez sûr puisque les précipitations et les débits sont bien connus, ce qui est rare en AFRIQUE. la valeur ainsi obtenue fournira une donnée très utile dans l'étude de bassins versants analogues.

Pour l'année moyenne, le coefficient de ruissellement résulte des données suivantes :

- l'eau reçue par le bassin (moyenne de 10 années) $190 \times 10^9 \text{ m}^3$
- écoulement moyen à KOULIKORO $48 \times 10^9 \text{ m}^3$

$$r = \frac{48}{190} = 0,25$$

- déficit d'écoulement moyen à KOULIKORO

1 m 140

Le déficit d'écoulement est très élevé. On peut penser qu'il est du presque dans sa totalité à

l'évaporation.

En saison sèche on a observé certains jours sur des nappes d'eau des hauteurs d'évaporation journalière dépassant largement 2 cm. Il semble, d'après des mesures complètes effectuées en haute EGYPTE, au CONGO BELGE et en AFRIQUE du SUD et d'après quelques mesures fragmentaires faites en Territoire Français que la hauteur d'eau annuelle qui serait évaporée à la surface d'un grand réservoir serait comprise entre 1 m 70 et 2m.

Il n'est pas possible dans l'état actuel de nos connaissances d'étudier les variations saisonnières du déficit d'écoulement. Il est un phénomène intéressant à mentionner, c'est la mise en réserve de volumes d'eau assez important dans les alluvions du lit majeur. Nous avons pu constater au cours de divers sondages que la nappe phréatique qui s'étend très loin dans le lit majeur du fleuve et de ses affluents subit des variations de niveau importantes en saison sèche. Elle a même encore une certaine extension au point le plus bas de l'étiage. Etant donné la largeur du lit majeur, la variation de niveau de cette nappe correspond à la restitution au fleuve d'un volume considérable compensant en partie les pertes par évaporation. D'ailleurs,

le SENEGAL relativement mais bien alimenté en basses-eaux serait à sec sur une partie de son cours si les eaux restituées par les berges ne maintenaient pas au mois de Mai un faible débit.

Il est également difficile de suivre les variations du coefficient de ruissellement le long du NIGER. Toutefois, l'étude sommaire du régime du NIANDAN a montré que, vers le confluent, le coefficient de ruissellement était voisin de 0,26; on note donc une amélioration sensible par rapport au NIGER à KOULIKORO.

C - ETUDE DES ETIAGES

L'étude des étiages du NIGER est assez difficile pour les raisons suivantes :

Les zéros des échelles de SOTUBA et KOULIKORO sont situés au-dessus du niveau extrême du NIGER en basses eaux, de sorte que souvent les observateurs interrompent leurs relevés dès que l'eau descend en dessous du zéro.

D'autre part, la concavité des courbes "hauteur/débit" devient très grande et, par suite, les extrapolations sont hasardeuses. Cette circonstance est d'autant plus gênante que les jaugeages de basses eaux sont rares et que le plus faible débit jaugé est nettement supérieur au débit minimum minimorum repéré aux échelles (1947).

Enfin pour ces débits d'étiage, de faibles variations du lit peuvent modifier la courbe "hauteur-débit" et il serait nécessaire de contrôler, tous les deux ou trois ans, cette courbe par des jaugeages de basses eaux. Pour la même raison, la courbe étalonnée en 1949 ne peut s'appliquer avec des garanties de précision suffisantes que pour les années voisines. Elle est

inapplicable, en particulier, aux premières années d'observations.

Les débits d'étiage sont jaugés à SOTUBA où le lit est stable, les hauteurs d'eau étant repérées à KOULIKORO et à SOTUBA.

L'ancienne échelle de SOTUBA a disparu et les observations n'ont pas été continuées. Le zéro de l'échelle actuelle est au-dessus du niveau du NIGER lors des étiages moyens. Il serait souhaitable d'installer une échelle descendant assez profondément et de faire relever les hauteurs d'eau régulièrement de début Avril à fin Juin. Actuellement seuls les relevés de KOULIKORO sont utilisables.

Nous pouvons déterminer les débits d'étiage à partir des hauteurs d'eau à KOULIKORO par deux courbes "hauteur-débit" :

12/ - celle établie en 1923 par la COMPAGNIE GENERALE des COLONIES. Courbe valable de 1920 à 1928 environ. On ne peut obtenir de renseignements précis que pour des débits supérieurs à 100 m³/sec.

22/ - celle établie en 1949 par l'Electricité de France. La courbe semble encore valable en 1938.

Elle pourrait donc être utilisée de 1936 à 1949 et quelques années au-delà.

On ne peut obtenir de renseignements précis que pour des débits supérieurs à 60 m³/sec. Pour des débits compris entre 30 m³/sec. et 60 m³/sec., il semble que l'on puisse donner des valeurs approchées des débits à 5 - 10% près. En-dessous de 30 m³/sec., l'extrapolation est nettement hasardeuse.

Les deux courbes (pl.22) sont décalées d'une vingtaine de cms. Ce décalage ne peut pas provenir d'un déplacement de l'échelle, car les jaugeages faits à KOULIKORO en 1923 par la COMPAGNIE GENERALE DES COLONIES pour des débits élevés et les jaugeages de 1949 de l'ELECTRICITE DE FRANCE s'alignent sur une même courbe ce qui prouve que le zéro n'a pas été déplacé. D'ailleurs les deux courbes de basses eaux ne sont pas parallèles. Il s'agit probablement du relèvement d'un seuil sablonneux légèrement à l'aval de KOULIKORO sur le chenal de basses eaux.

L'existence d'un écart entre les deux courbes témoigne de la nécessité de contrôler à intervalles réguliers la courbe de basses eaux.

La première courbe est peu utilisable pour

l'étude des débits d'étiage caractéristiques et d'étiage minima. En effet, ces débits sont toujours inférieurs à 100 m³/sec., sauf le débit caractéristique d'étiage de 1925 voisin de 100 m³/sec. La courbe ne peut servir que pour l'étude des débits de 9 à 10 mois.

La seconde courbe permet de donner des valeurs approchées ou précises pour toutes les caractéristiques d'étiage, sauf pour les années extrêmes 1941, 1947.

Nous en avons déduit le tableau suivant, donnant le débit d'étiage absolu, le débit caractéristique d'étiage, et le débit de dix mois

Le débit d'étiage absolu varie de 150 m³/sec. (1918) à 22 m³/sec. (1947).

La valeur moyenne est de 38,5 m³/sec., la valeur médiane est de 37 - 39 m³/sec.

Le débit caractéristique d'étiage varie de 160 m³/sec. à 22 m³/sec.

La valeur moyenne est de 45 m³/sec., la valeur médiane, 38 m³/sec.

Ces chiffres sont peut-être un peu faibles car ils ont été calculés sur la période 1936-1947 à faible hydraulité.

Etiages du NIGER

=====

	: Etiage absolu	: Débit caractéris- : tique d'étiage	: Débit de 10 mois
1935	: 36 à 38 m ³ /s.	: 39 m ³ /s.	: 62 m ³ /s.
1936	: 39 à 41 m ³ /s.	: 44 m ³ /s.	: 106 m ³ /s.
1937	: 78 m ³ /s.	: 90 m ³ /s.	: 116 m ³ /s.
1938	: 40 m ³ /s.	: 40 m ³ /s.	: 52,5 m ³ /s.
1939	: 30 à 32 m ³ /s.	: 34 m ³ /s.	: 68 m ³ /s.
1940	: 37 à 39 m ³ /s.	: 39 m ³ /s.	: 68 m ³ /s.
1941	: 22 à 26 m ³ /s.	: 30 m ³ /s.	: 44 m ³ /s.
1942	: 34 à 36 m ³ /s.	: 43 m ³ /s.	: 90 m ³ /s.
1943	: 33 à 35 m ³ /s.	: 38 m ³ /s.	: 59 m ³ /s.
1944	: 26 à 30 m ³ /s.	: 30 m ³ /s.	: 44 m ³ /s.
1945	: 20 à 25 m ³ /s.	: 25 m ³ /s.	: 39 m ³ /s.
1946	: 51 m ³ /s.	: 53 m ³ /s.	: 90 m ³ /s.
1947	: 18 à 22 m ³ /s.	: 22 m ³ /s.	: 40 m ³ /s.
1948	: 31 m ³ /s.	: 34 m ³ /s.	: 51 m ³ /s.
1949	: 68 m ³ /s.	: 76 m ³ /s.	: 114 m ³ /s.
Débits moyens	: 38,5	: 45	: 70
Débits médians	: 36 m ³ /s.	: 38 m ³ /s.	: 62 m ³ /s.

On peut se demander d'ailleurs si, du fait de la disparition accélérée de la forêt dans le bassin du NIGER, ces caractéristiques n'iraient pas en diminuant très rapidement:

Le grand écart entre débits d'étiage extrêmes a déjà été expliqué plus haut : ces débits d'étiage résultent du tarissement normal et des toutes premières crues vers les extrémités méridionales des bassins versants du NIANDAN et du MILO. Les plus faibles débits d'étiage observés ne correspondent pas généralement à l'année hydraulique la plus sèche. En effet, l'année à plus faible étiage est, semble-t-il, l'année 1947; or l'hydraulicité de cette année est légèrement en-dessous de la moyenne on ne peut même pas la considérer comme une année sèche.

L'étiage se produit à époque très régulière : presque toujours entre le 15 Avril et le 10 Mai. Sur 40 années d'observation il a eu lieu une fois en Mars et cinq fois après le 10 Mai.

Le débit reste faible pendant un temps appréciable : deux mois au moins en moyenne. Le

débit de dix mois médian n'est que de 62 m³/sec.
On doit tenir compte de ce faible débit dans
toute étude ayant pour objet l'utilisation des
eaux du NIGER.

Après l'étiage le débit remonte très
brusquement de sorte qu'il ne reste jamais plus
de trois mois en-dessous de 100 m³/sec.

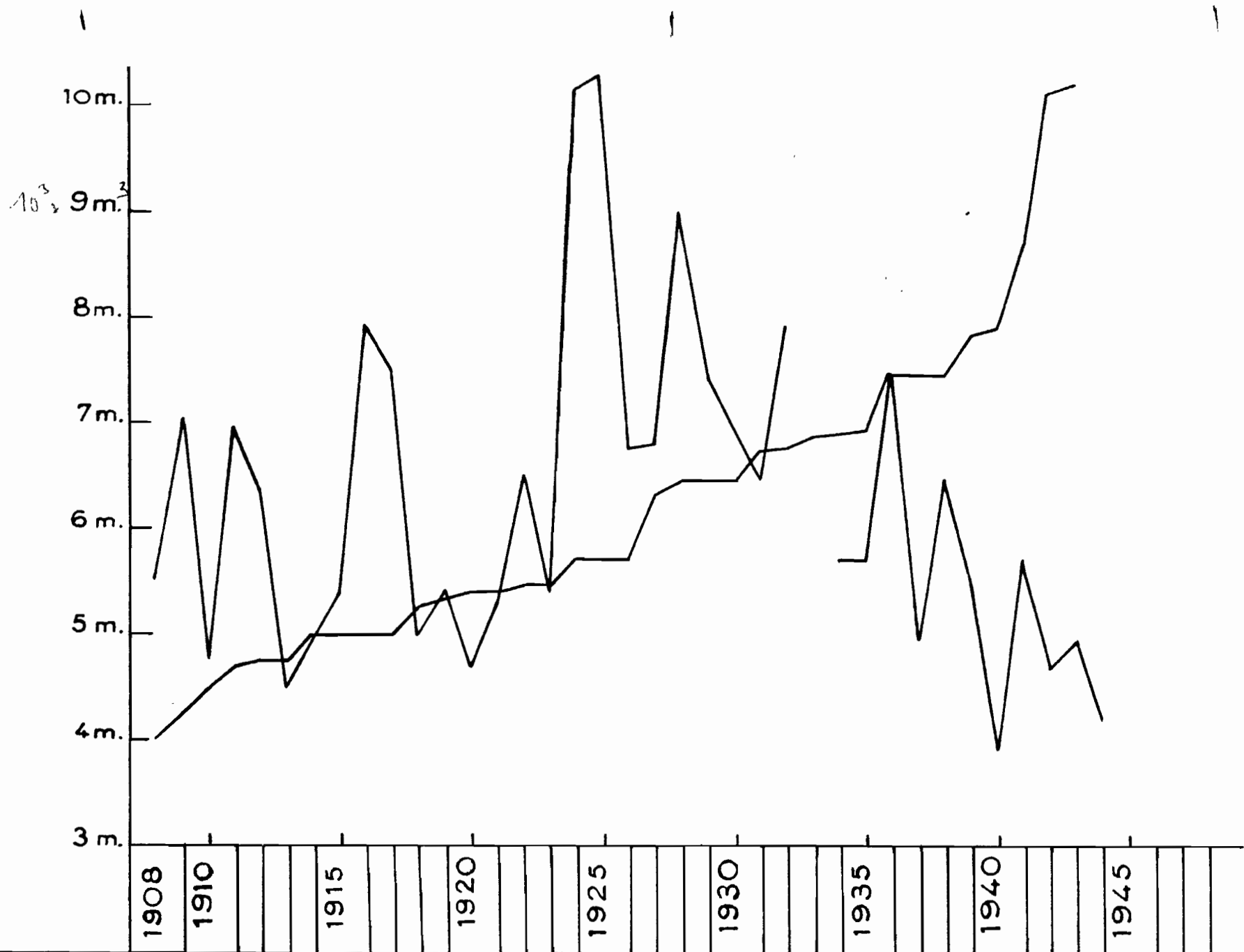
Nous avons vu plus haut qu'il était
relativement facile de relever le débit d'étiage
à 150 m³/sec: par un réservoir de 1 milliard
à 1 milliard cinq cent millions de m³.

D.- ETUDE des CRUES.-

Les crues du NIGER n'ont pas le caractère accidentel de la plupart des crues d'Europe. Il ne s'agit pas d'une pointe très brutale de très faible durée (régime méditerranéen), conséquence d'orages particulièrement violents, ou de quelques jours de pluies importantes et continues (Massif Central) ou enfin de chutes importantes de neige suivies de pluies abondantes et élévation brusque de température (certaines crues pyrénéennes). Il s'agit de pluies abondantes tombant pendant plusieurs semaines simultanément sur de vastes territoires. C'est en quelque sorte une crue annuelle reflétant l'hydraulicité de l'année en cours. Cette crue est à comparer aux hautes-eaux provenant de la fonte des neiges dans les bassins versants des Alpes et des Pyrénées, mais étant donné l'importance du bassin versant, la courbe de variation des hautes-eaux est beaucoup plus régulière.

Il résulte de ce qui précède que l'étude des variations inter-annuelles est à peu près l'étude des variations de l'hydraulicité de chaque année.

Les crues du NIGER sont bien connues pour la période 1908-1948. Les pointes extrêmes se sont



SOU564

GRAPHIQUE DES CRUES MAXIMA
ET COURBE DE FREQUENCES

PI. 23

produites entre le 5 Septembre et le 20 Octobre avec la plus grande probabilité dans la deuxième quinzaine de Septembre et dont :

36 % de cas entre le 15 et le 20 Septembre.

L'intensité de la crue ne paraît pas liée à la date à laquelle elle se produit; en effet, les deux plus fortes crues se situent début Octobre, les deux plus faibles respectivement le 20 Septembre et le 20 Octobre.

Pendant la période d'observations, les maxima des crues sont généralement compris entre 4.500 et 3.000 m³/sec.

Seules cinq années sortent de ces limites :

1924	avec	10.000 m ³ /sec	
1925	-	10.500	-
1928	-	9.000	-
1907	-	4.200	-
1944	-	4.300	-

Le rapport entre la plus faible et la plus forte crue connue est inférieur à 3, tandis que le rapport est au moins de 4 entre les étiages extrêmes.

La valeur moyenne de la pointe de crue est de 6.200 m³/sec.

Les débits de crues sont déterminés avec des garanties suffisantes de précision, puisque plusieurs jaugeages ont été effectués à KOULIKORO pour des débits compris entre 6.000 et 7.000 m³/sec en 1923 et 1948 par des méthodes différentes.

On avait pensé en 1923 relier les débits du NIGER aux débits du NIL, ce qui aurait permis de prévoir assez longtemps à l'avance les crues du NIGER et ce qui aurait permis d'estimer les valeurs des crues centenaires et millénaires, puisque le NIL est bien connu depuis 1870. Mais les fortes crues de 1924 et 1925 sur le NIGER coïncidant avec des années sèches sur le NIL, ont conduit la Cie Générale des Colonies à abandonner cet espoir.

Sur le tableau III, nous avons classé vis-à-vis les années sèches et humides du NIGER et du NIL, en indiquant, pour le NIL, le volume annuel écoulé à ASSOUAN en milliards de m³ par an.

On constate qu'il y a souvent concordance, mais il y a également des discordances trop impor-

tantes pour en déduire des lois générales.

En effet, l'année 1925, très forte sur le NIGER, est très faible sur le NIL; l'année 1924 très forte sur le NIGER est plutôt maigre sur le NIL; enfin l'année 1908, faible sur le NIGER, est très forte sur le NIL.

De façon générale, les périodes caractérisées par la sécheresse dans le monde entier, concordent bien dans les deux bassins :

Par exemple : 1913, 1921 et les années 1940, 1941, 1944.

Il en est de même pour les années humides :
1910, 1916, 1936

Toutefois, les concordances correspondent à un plus grand nombre d'années que les années à hydraulicité homogène dans le monde. Il y a une certaine analogie, telle par exemple que les cycles d'années sèches et humides doivent être les mêmes pour les deux bassins, mais l'analogie est insuffisante pour permettre de prévoir en Juillet l'importance de la crue du NIGER à SIKOU, comme on le pensait au début

D'ailleurs l'alimentation des bassins présente de notables différences. L'exposition du bassin supérieur du NIL à l'est de l'Afrique, est tout à fait différente. Le NIL provient de massifs montagneux beaucoup plus importants que le NIGER; il est régularisé par de grands lacs et d'immenses marécages, mais, par contre, il est soumis à une évaporation plus intense.

L'exemple du NIL montre qu'il semblerait assez difficile de chercher à déterminer des cycles d'années sèches et humides, avec une période d'observations de 40 ans seulement. En effet, sur le NIL, un hydrologue aurait pu, en 1907, prévoir des périodes sèches ou humides de 9 ou 10 années, alternant régulièrement. Or, à partir de 1907, la répartition n'est plus du tout la même.

De même, sur le NIGER, nous pourrions déterminer une série de cycles comportant comme d'habitude quelques exceptions, série de cycles que l'expérience viendrait démentir par la suite.

Toutefois, il semble que fréquemment les années sèches ou humides arrivent par périodes.

Par exemple, la période humide 1922 - 1932
et la période sèche 1939-1945

Par contre, entre 1907 et 1921, les années humides alternent avec les années sèches et très sèches, sans qu'il soit possible de les grouper.

D'ailleurs, il n'est pas impossible qu'il existe en Afrique des fluctuations des débits à période très importante, 50 à 60 ans. C'est ce qui ressortirait de l'étude des variations de niveau du Lac TCHAD; de même il semble que les débits du NIL décroissent lentement de 1870 à nos jours. On assiste, en effet, en 1872 et 1898, à une série de crues impressionnantes nettement supérieures aux deux seules très fortes crues plus récentes : 1917 et 1916.

Il serait donc vain de rechercher un cycle de 60 ans, avec quarante relevés annuels seulement.

Quelles seraient les valeurs des crues centennaires

Quelles seraient les valeurs des crues centennales :
crue la plus faible et crue la plus forte.
Des crues aussi faibles que la crue de 1913, se reproduisent assez rarement.

En effet, dans le Delta Nigérien, les eaux du Lac DEBO sont descendues à un niveau qu'on ne leur avait pas vu atteindre de mémoire d'homme.

Sur le Nil, l'année 1913 est de beaucoup la plus faible depuis 1870, soit depuis 75 ans. En effet, à ASSOUAN le volume annuel a été de :

$$45 \times 10^9 \text{ m}^3$$

alors qu'au cours de l'année 1941, la plus faible après 1913 (comme sur le NIGER) le volume annuel a été de :

$$65 \times 10^9 \text{ m}^3.$$

On peut donc considérer l'année 1913 avec un volume annuel de :

$$50 \times 10^9 \text{ m}^3$$

comme une année exceptionnellement sèche sur le NIGER.

En ce qui concerne les années humides, il semble à première vue que l'on pourrait considérer l'année 1924 comme assez voisine de l'année exceptionnellement humide. En effet, le bassin versant est très vaste, la succession des pluies tropicales régulière et il semblerait logique d'évaluer à 11.000 m³ la crue centenaire.

Or, l'exemple du Nil nous montre une fois de plus qu'une période de 40 ans est insuffisante pour une évaluation assez rapprochée de la crue centenaire.

En effet, entre 1907 et 1947, la crue la plus forte du Nil est de :

$$111 \times 10^9 \text{ m}^3$$

alors que, entre 1875 et 1895, 15 crues dépassant :

$$111 \times 10^9 \text{ m}^3$$

ont été observées, dont 6 dépassant :

$$120 \times 10^9 \text{ m}^3$$

la plus forte, celle de 1879 atteint :

$$137 \times 10^9 \text{ m}^3$$

soit une majoration de 23% par rapport à la plus forte.

T A B L E A U III

Comparaison des années sèches et humides

sur le NIGER et sur le NIL

Années sèches
(hydraulicité croissante
de haut en bas)Années humides
(hydraulicité décroissante
de haut en bas)

NIGER : NIL : Volume annuel du Nil en 10 ⁹ m ³ :			NIGER : NIL : Volume annuel du Nil en 10 ⁹ m ³ :		
<u>1913</u>	: 1913 :	45	<u>1924</u>	: 1879 :	137
	: 1941 :	63,4	<u>1925</u>	: 1916 :	111
1914	: 1940 :		1928	: 1917 :	
	: 1925 :	68		: 1909 :	
1944	: : :		<u>1929</u>	: 1929 :	
<u>1907</u>	: 1907 : 1915 :		<u>1909</u>	: 1908 :	
1942	: 1902 :		<u>1932</u>	: 1938 :	101
1921	: 1905 :	70	<u>1936</u>	: 1910 :	
	: 1912 :			: 1935 :	97
1940	: 1944 :		<u>1926</u>	: : :	
	: : :		1915	: 1934 :	
	: 1927 :	73		: 1936 :	88
<u>1908</u>	: : :			: : :	
	: 1930 :		<u>1917</u>	: 1923 :	
	: 1939 :	75	<u>1922</u>	: 1932 :	
	: 1921 :		<u>1916</u>	: 1922 :	
	: 1919 :			: 1926 :	84
	: 1899 :	77		: : :	

1940 : concordance
1924 : discordance

Ce tableau ne mentionne pas les
années humides entre 1870 et 1900
sauf, l'année la plus forte : 1970

crues de la période 1907 - 1947.

Il serait prudent d'estimer à :

13.000 m³/sec.

le débit de la crue centenaire du NIGER.

Quant à la crue millénaire toute estimation serait bien arbitraire. Il semble, en effet, qu'au cours du dernier millénaire, le climat de l'AFRIQUE tropicale ait subi d'importantes transformations suffisantes, pour interdire toute estimation à partir des relevés actuels.

Mais le recul relativement très rapide de la forêt, recul dû principalement à la main de l'homme (feux de brousse surtout), contrarierait certainement le retour d'une période à forte hydraulicité.

Il serait bon d'en tenir compte dans un essai d'estimation de la crue millénaire.

E - EVOLUTION DU LIT ET TRANSPORTS SOLIDES.

Les données précises sur les transports solides manquent. On peut, toutefois, affirmer que le NIGER charrie peu.

En tout temps, le NIGER transporte du sable assez fin qui est roulé sur le fond de son lit.

Pendant les 4 à 5 mois d'étiage, les eaux sont claires, mais dès le début des crues, le NIGER transporte en suspension un limon très fin, argilo-sableux qui constitue la presque totalité des alluvions du lit majeur.

Le NIGER et ses affluents transportent peu de graviers. Les bancs de graviers sont très rares, sur les affluents du NIGER même à 100 Km à l'amont de leur confluent. Il s'agit généralement de graviers de quartz seule roche qui ne soit pas désagrégée très rapidement par les agents physiques et chimiques. C'est d'ailleurs parce que la plupart des roches sont fortement altérées en surface que le gravier est si rare. La faible pente des cours d'eau en est la seconde raison.

Pour trouver de gros graviers et des galets, il faut remonter dans les petits marigots à moins de 20 km. de leur source en général. On constate que tous les galets sont fortement altérés et ils sont très faciles à fractionner en petits éléments.

C'est généralement dans ces premières sections des petits marigots que les orpailleurs autochtones exploitent l'or déposé au milieu des alluvions. On y trouve également des diamants (exploitation de la SOGUINEX sur le BAOULE).

L'eau du NIGER renferme très peu de matières dissoutes; elle quitte, en effet, des terrains cristallins en majorité pour traverser des terrains gréseux.

En particulier, elle ne contient pas de calcaire presque inconnu dans le bassin versant.

Dans l'ensemble, le profil en long est très stable; c'est d'ailleurs un profil en long de très vieux fleuve. Seuls certains affluents (peut-être le MILO ?) ont vu leur profil légèrement rajeuni par un soulèvement hypothétique du massif li-

bérien.

Le NIGER et ses affluents forment des méandres très développés 200 à 300 km. après leur source. Ces méandres se déforment très lentement.

F - CONCLUSION.-

Le NIGER est un fleuve à régime tropical caractérisé par une crue unique se reproduisant tous les ans à la même époque (fin Septembre). Le maximum de cette crue varie assez peu d'une année à l'autre. A la crue succède une longue période de basses-eaux, le débit minimum d'étiage varie beaucoup d'une année à l'autre ; le rapport entre le minimum d'étiage et le débit maximum 1/100 est considérable.

Malgré des précipitations assez abondantes, 1 m50 en moyenne, et un très grand bassin versant, le débit moyen n'est que de 1.500 m³/sec.

Le déficit d'écoulement 1 m,140 est, en effet, très important.

Le NIGER, qui comme la plupart des fleuves Africains a toutes les caractéristiques d'un vieux fleuve charie peu et son lit a atteint son profil d'équilibre depuis longtemps.

C H A P I T R E III

A - UTILISATION DES EAUX.

a) Utilisations agricoles.

Après avoir parcouru 2 à 300 Kms, le NIGER et ses affluents coulent au milieu de lits majeurs de plusieurs Km de largeur, la pente devient très faible et les alluvions du lit majeur baignées tous les ans par la crue sont enrichies par des débris végétaux en décomposition.

Ces terres sont assez favorables à la culture. En particulier, la culture du riz s'est considérablement développée depuis une vingtaine d'années.

Il s'agit de culture extensive utilisant l'inondation naturelle et comportant depuis peu l'utilisation d'instruments agricoles courants en EUROPE. Les rizières sont développées sur le HAUT-NIGER dans la région de KOUROUSSA ; sur le NIANDAN sur les 100 Km inférieurs ; sur le MIDO en aval de KANKAN, et surtout sur le NIGER dans le cercle de SIGUIRI.

A partir de KOUROUSSA, il existe quelques digues primitives facilitant l'inondation des terres. Mais c'est à partir de BAMAKO que le NIGER a été aménagé en vue de permettre la mise en valeur de vastes régions par irrigation.

En 1927 le NIGER a été barré à SOTUBA à proximité de BAMAKO par une digue de très faible hauteur de 1.300 mètres de long. Un canal de 25 Km de long amène l'eau du NIGER jusqu'à concurrence de 10 m³/sec, dans la région de FAGUINEDA où l'Office du NIGER a créé des villages de colons indigènes qui cultivent presque exclusivement du riz. La population qui a immigré dans cette région y reste assez stable et son standard de vie est nettement plus élevé que celui des régions avoisinantes (alimentation plus riche, vêtements de meilleure qualité et en meilleur état).

En 1936, l'Office du NIGER a entrepris près de SEGOU la construction du grand barrage de SANSANDING destiné à relever les eaux du NIGER pour alimenter un vaste système de canaux pouvant irriguer 1 milliard d'Ha.

Le barrage terminé en 1941, n'est pas un barrage réservoir. Actuellement, 20 000 hectares sont en culture, il s'agit surtout de culture du riz.

La culture du coton égyptien est à la période d'essais à grande échelle. Enfin, les cultures vivrières et fruitières sont possibles. Leurs produits ne servent actuellement qu'à la consommation locale.

La mise en culture de la vaste superficie irrigable se poursuit lentement, l'immigration des colons autochtones est très difficile. Il est certain que la création d'innombrables villages nouveaux, peuplés de races diverses, et le maintien de ces populations sur place est une oeuvre beaucoup plus ardue que la réalisation des ouvrages hydrauliques eux-mêmes.

On peut dire que l'extension de la culture du riz dans le bassin du NIGER a amélioré nettement l'alimentation des populations autochtones, faisant reculer la famine tout en amenant une certaine richesse dans la région par l'exportation dans les territoires voisins du riz en excédent.

Tout le long de son cours et surtout au SOUDAN, le NIGER maintient sur ses bords un cheptel important (boeufs et chevaux,) qui vient boire dans le fleuve et se nourrit de la végétation herbacée et arbustive qui se développe grâce à l'humidité relative du lit majeur.

b) UTILISATIONS URBAINES.

La totalité des villes bâties sur le cours du NIGER, puise l'eau dans le NIGER. On peut citer en particulier la station de pompage de BAMAKO, qui peut être comparée avantageusement avec les stations de pompage des petites villes françaises.

c) UTILISATIONS INDUSTRIELLES.

Le NIGER est peu favorable à l'aménagement de centrales hydro-électriques. Le seul site intéressant est constitué par les chutes du TINKISSO. Le profil en long du fleuve est beaucoup trop plat. Au voisinage de BAMAKO, on trouve 2 séries de rapides : Les rapides de SOTURA, et les rapides du KENYE. La chute naturelle atteint respectivement 7 m50 et 12 m en basses-eaux. Malheureusement le lit du NIGER, comme celui du SENEGAL, s'étale toujours en amont des chutes ou des rapides pour se rétrécir à l'aval de sorte qu'en hautes-eaux la chute utilisable diminue considérablement.

Par ailleurs, la rigueur de l'étiage limite la

puissance disponible en basses-eaux. Malgré ces conditions difficiles, la Mission Electricité de France, étudie 2 projets d'aménagement de ces rapides en vue de l'alimentation en énergie électrique de BAILAKO.

Par suite des grandes distances sur lesquelles les carburants doivent être transportés ; le prix de l'énergie thermique est en effet si élevé, que l'aménagement de ces chutes semble présenter un certain intérêt économique.

La chute artificielle créée par le barrage de SANSANDING, peut-être également utilisée pour la production d'énergie électrique.

D - COMMUNICATIONS et TRANSPORTS PLOVIAUX.

Jusqu'à une époque assez récente, le NIGER a présenté l'unique voie de communication facile du centre de l'A.O.F. Le NIGER est navigable pendant une partie de l'année à partir de KOUROUSSA. Cette navigation est limitée à trois biefs séparés par des seuils rocheux franchissables seulement par les pirogues : le bief KOUROUSSA à BAMAKO (374 Km), celui de KOULIKORO à ANSONGO (1.408 Km), et celui de TILLABERY à GAYA (250 Km).

Le barrage de SANSANDING situé dans le bief intermédiaire n'est pas un obstacle pour les transports fluviaux, il est contourné, en effet, par un canal de navigation fermé par une écluse.

Le canal de BAGUINDA que nous avons vu plus haut au paragraphe "Irrigation", longe les rapides de MOTUBA et du KENYE. Il pourrait servir à relier bief aval et bief amont à condition de prolonger son extrémité aval jusqu'au NIGER et de le pourvoir des écluses nécessaires.

Une première voie ferrée construite entre KAYES et KOULIKORO permet de relier le NIGER au SENEGAL à l'extrémité amont de son cours navigable. Il devenait facile d'envoyer les

produits du SOUDAN jus u' à la mer par le SENEGAL:

Par la suite la ligne DAKAR-KAYES, permet d'éviter la navigation sur le SENEGAL difficile pendant une grande partie de l'année:

Enfin le CONAKRY-NIGER relie d'abord KOUROUSSA puis KANKAN sur le MILO à la mer:

Ainsi le réseau fluvial du NIGER est complété par un réseau ferroviaire:

On a vu plus haut que la navigation était interrompue à l'étiage et à la pointe des hautes-eaux, de sorte, que les conditions de transports fluviaux sont assez difficiles: Pour améliorer cette situation, il serait nécessaire de régulariser les débits des basses-eaux à un débit de l'ordre de 400 à 600 m³/sec, correspondant à un réservoir de 5 milliards à 8 milliards de m³, dont la réalisation pratique est assez facile: