OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE MER

++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++

LABORATOIRE D'HYDROLOGIE

++++++++++++++++++++++++

# FAISABILITE D'UNE METHODE DE PREVISION DES CRUES DU NIGER

++++++++++++++++++

- Application aux stations de TAMANI
  et de SEGOU -.

Jean - Pierre LAMAGAT
BONDY, Mai 1984

# S O M M A I R E

++++++++++++++++


| | Pages |
|---|---|
| AVANT-PROPOS | 1 |
| 1. Déroulement de l'étude | 2 |
| 1.1. Mission de terrain | 2 |
| 1.2. Rapport final | 2 |
| 1.3. Projet HYDRONIGER -Prévisions | 8 |
| 1.4. Utilisation de la vitesse de propagation | 8 |
| 2. Prévisions des hauteurs et débits à TAMANI | 9 |
| 2.1. Prévisions à KOULIKORO | 9 |
| 2.2. Elaboration du modèle de prévisions | 11 |
| ANNEXES | 12 |
| 1. MODELISATION | A.1 |
| 1.1. Approche théorique | A.1 |
| 1.2. Approche méthodologique | A.2 |
| 2. DESCRIPTION DES STATIONS | |
| KOUROUSSA | A.10 |
| BARO | A.14 |
| KANKAN | A.18 |
| TINKISSO | A.23 |
| KOULIKORO | A.26 |
| FARANAH | A.31 |
| KEROUANE | A.34 |
| SEGOU | A.37 |
| TAMANI | A.38 |

# AVANT-PROPOS

Par contrat en date du 30 Novembre 1983, notifié le 29 Février 1984,la Commission des Communautés Européennes, dénommée ci-aprés "la Commission" a confié à l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre mer, dénommé ci-aprés "l'ORSTOM", la faisabilité d'une méthode de prévision des disponibilités en eau de crue du Fleuve NIGER en amont du DELTA CENTRAL NIGERIEN.Le contenu de l'étude est le suivant :

1. OBJECTIF

Le but de l'étude est double :

- D'une part examiner l'ensemble des problèmes concernant la prévision des disponibilités en eau de crue du Fleuve NIGER,
- d'autre part évaluer les délais actuels de prévision et les possibilités de rendre ces prévisions plus précoces.

De telles prévisions ont pour objectif d'estimer, avant la montée des eaux, les superficies qui pourront être mises en eau au moment de la crue au sein des périmètres rizicoles situés au MALI en amont du DELTA CENTRAL NIGERIEN.

2. MODALITES D'EXECUTION DE L'ETUDE

a/ Site : Bassin versant du NIGER et de ses affluents(GUINEE et MALI), en amont des grands sites rizicoles, à savoir en amont de la ville de NIAMINA située le long du Fleuve NIGER à environ 150 kms en aval de BAMAKO.

b/ Méthodes de travail : Mission d'un Expert Hydrologue sur le site d'étude en Afrique de l'Ouest et examen, en Europe, des données hydrologiques disponibles ainsi que des méthodologies de prévisions des disponibilités en eau du Fleuve NIGER.

L'examen de ces méthodologies mettra l'accent sur les retombées attendues en vue d'une prévision des conditions de sub - mersion sur les périmètres rizicoles présents le long du Fleuve NIGER en aval de la ville de NIAMINA, et tout particulièrement ceux gérés par l'Opération Riz SEGOU (République du MALI), deux aspects sont primordiaux :

- La période d'arrivée de la crue et son amplitude,
- La précocité de cette prévision qui devrait tenir compte des périodes de semis dans les périmètres rizicoles -.

## 1. DEROULEMENT DE L'ETUDE

Le contrat d'études a été transmis à l'Auteur au mois de mars.Un retard assez important a été pris en raison d'une erreur d'aiguillage au moment des signatures.

### 1.1. Mission de terrain

Elle a eu lieu fin Mars.La connaissance acquise au MALI de 1971 à 1981 a permis à l'Auteur d'appréhender rapidement les principaux paramètres intervenant dans le cadre de la culture de submersion.

Lors de son passage à BAMAKO,une rencontre a eu lieu à la Délégation du FED avec Mr J.M. GREGOIRE,Expert Environnementaliste en télédétection à ISPRA.

### 1.2. Rapport final

Le présent rapport a été écrit en Mai aprés examen des deux rapports d'activités fournis par le CCR d'ISPRA :

- "Prévision des productions rizicoles par télédétection dans le bassin du NIGER en amont du DELTA CENTRAL NIGERIEN",rapport d'activité au 31.6.81,
- " idem ",rapport d'activité du 1.07.1981 au 31.12.82,
- "Détection des réservoirs hydrologiques naturels en amont de SEGOU.Etude de faisabilité",rapport d'activité au 31.10.1982 -.

A l'heure actuelle les conditions sont remplies pour pouvoir réaliser une prévision optimale dans le cadre du projet. En effet,il existe tous les élèments qui pourront permettre de réaliser la prévision la plus en amont(origine précipitations),sans avoir à investir dans un réseau de télécommunication.

Depuis le mois d'avril 1984,quatre stations ont été installées sur le bassin du NIGER, en GUINEE.Elles comportent l'équipement suivant :

- 1 limnigraphe à pression,
- 1 pluviographe,
- 1 capteur de températures,
- 1 codeur,
- 1 balise émettrice "ARGOS".

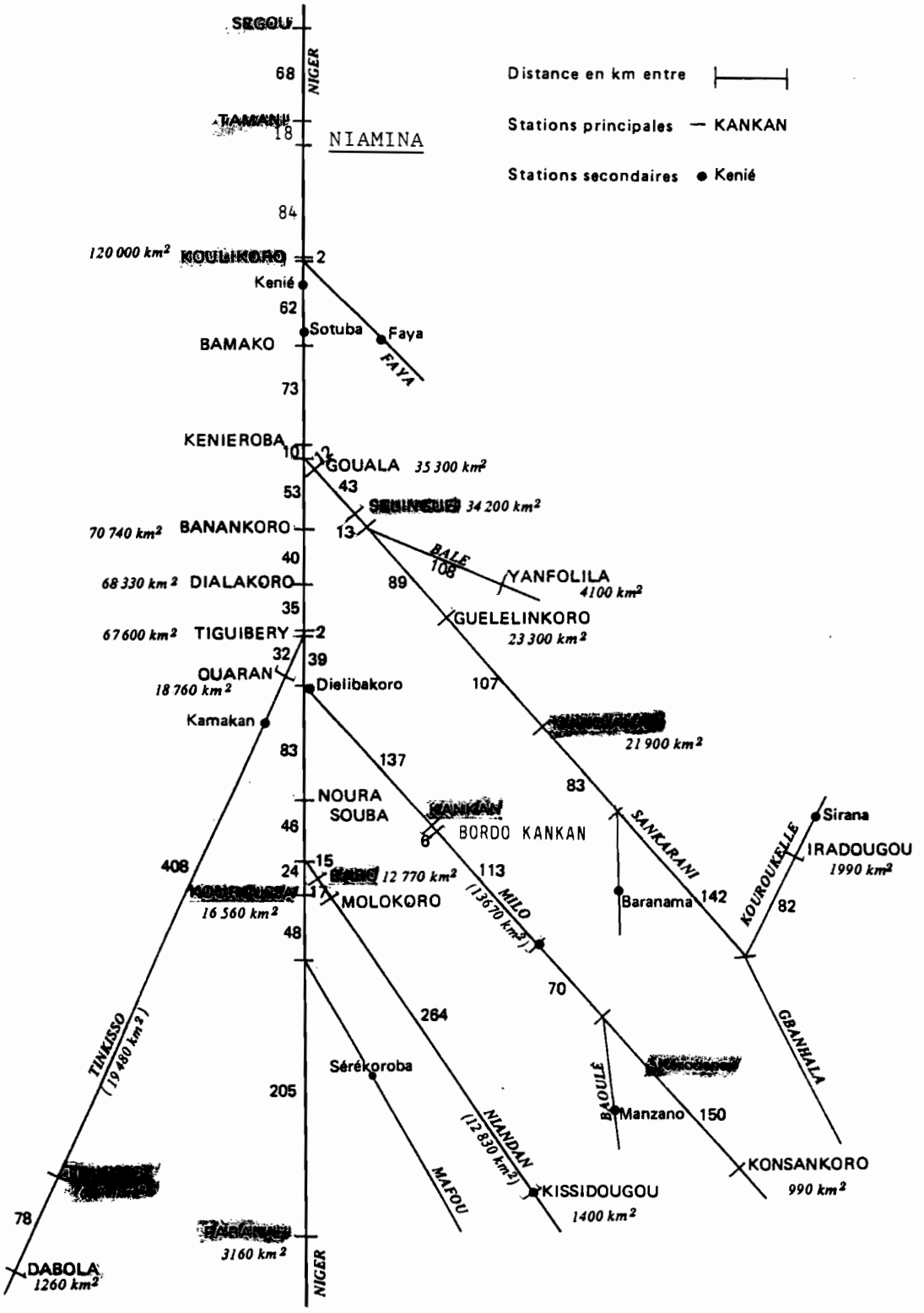
Ce système de saisie de l'information hydrologique présente une garantie certaine ,la preuve en a été faite au NIGER avec les stations du "W" et de la "TAPOA",ainsi qu'à Saint LOUIS (SENEGAL) et dans les différents lieux où l'ORSTOM a installé ces appareils (en FRANCE : Annonce des crues de la SEINE).

En Mars et Avril,une équipe du projet HYDRONIGER a équipé les stations suivantes :

- KOUROUSSA sur le NIGER,
- BARO sur le NIANDAN,
- KANKAN sur le MILO,
- TINKISSO sur le TINKISSO.

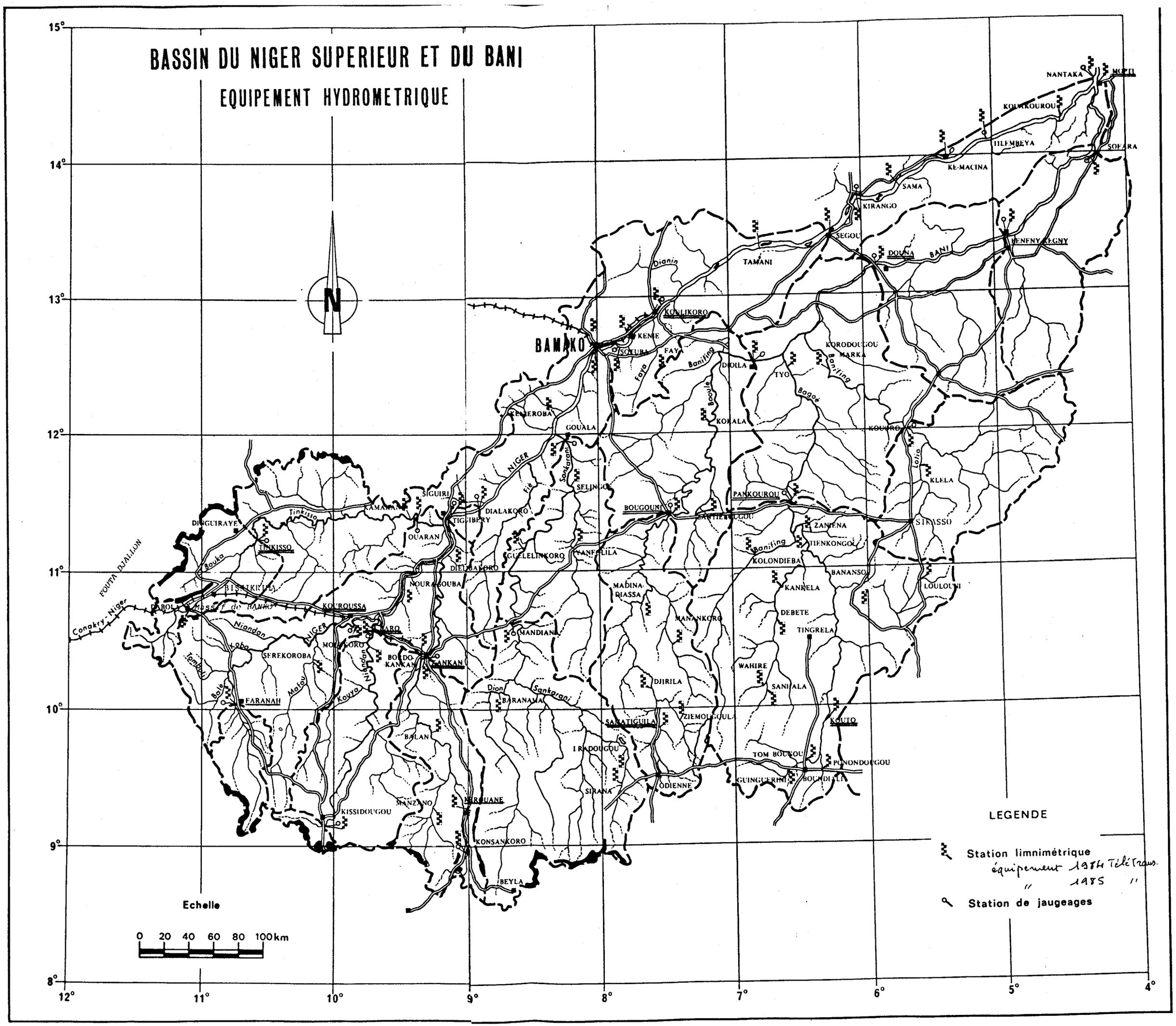
En 1985 il est prévu d'équiper deux stations supplémen-

HAUT BASSIN DU FLEUVE NIGER

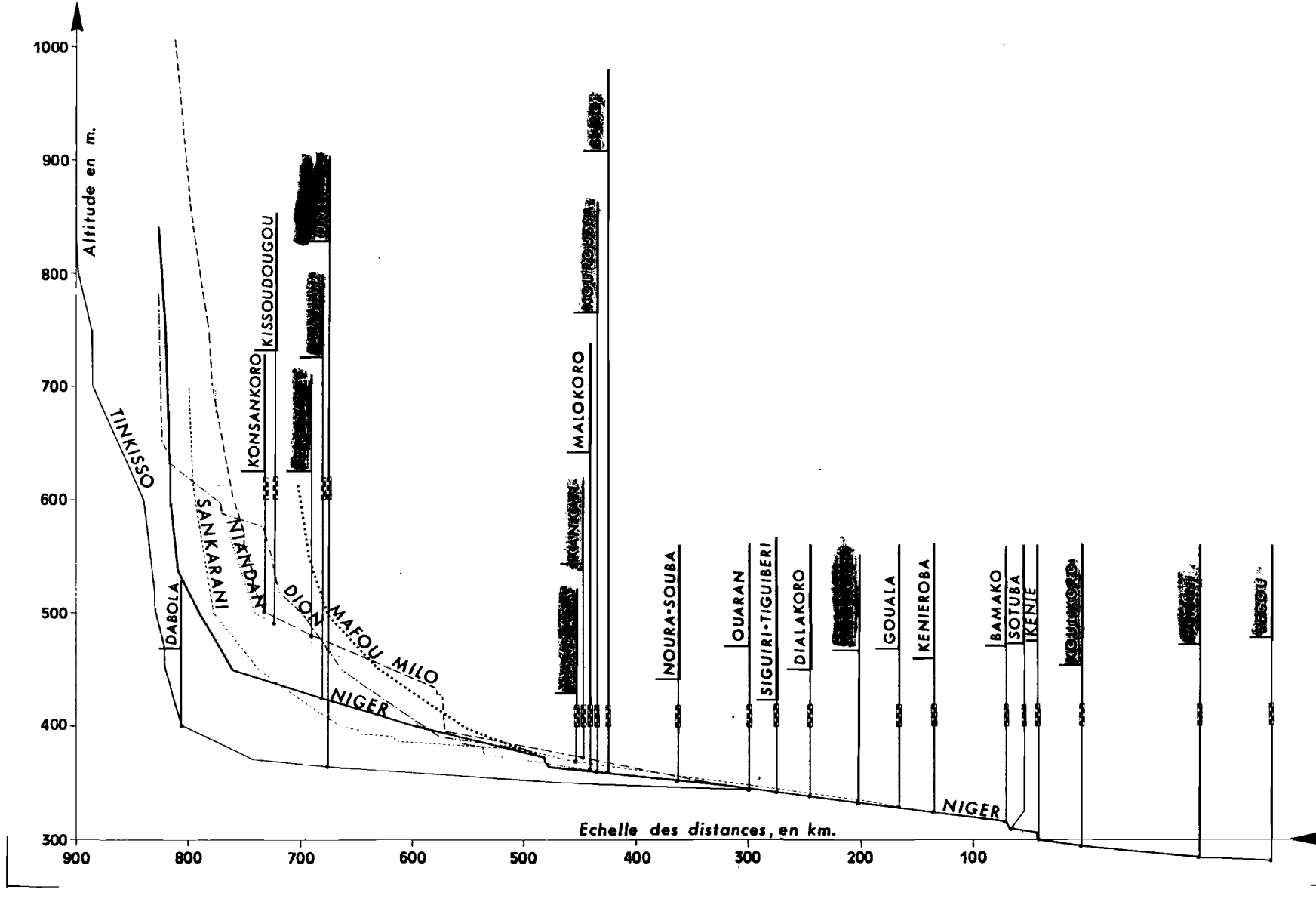


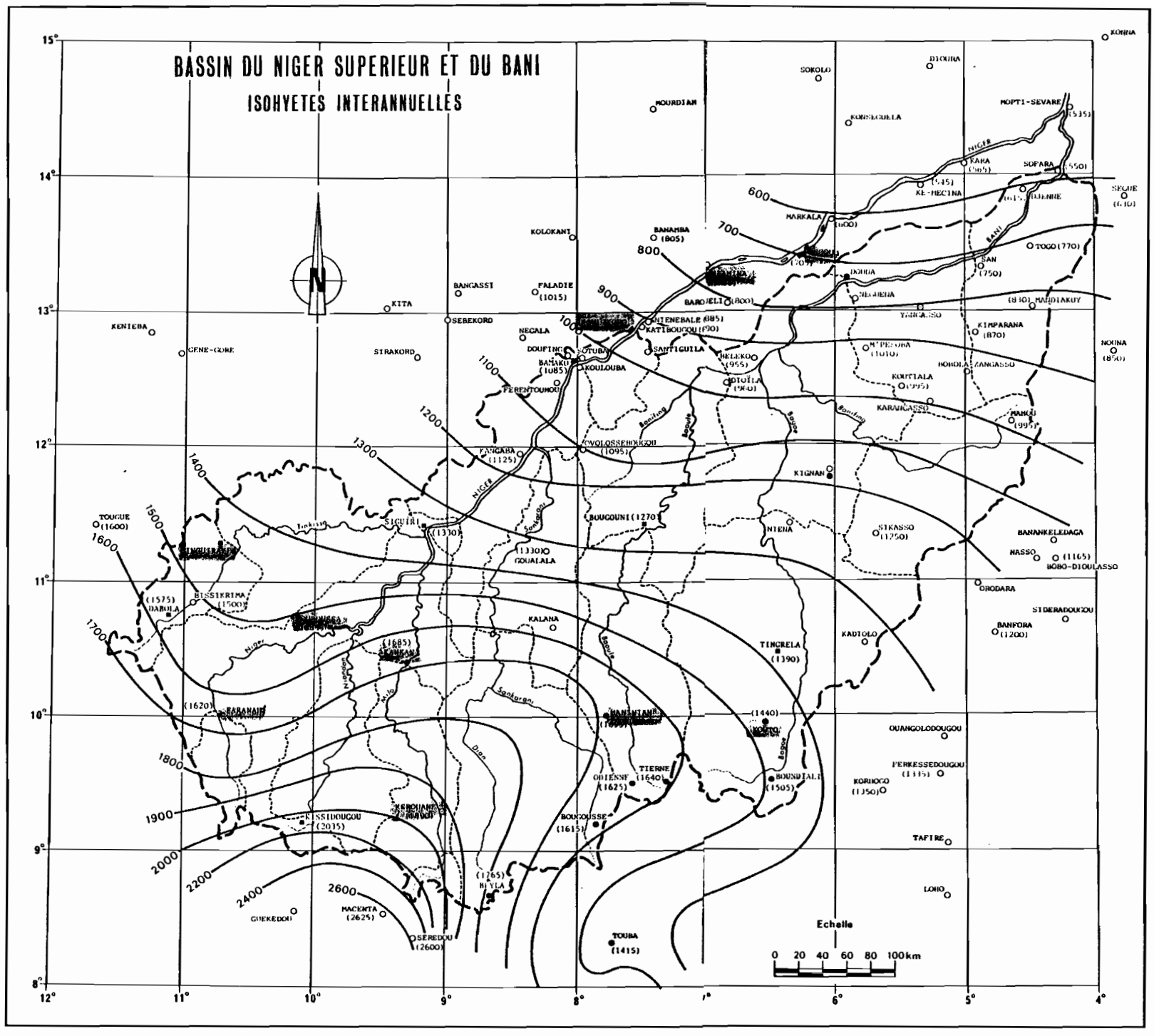
# BASSIN DU NIGER SUPERIEUR ET DU BANI

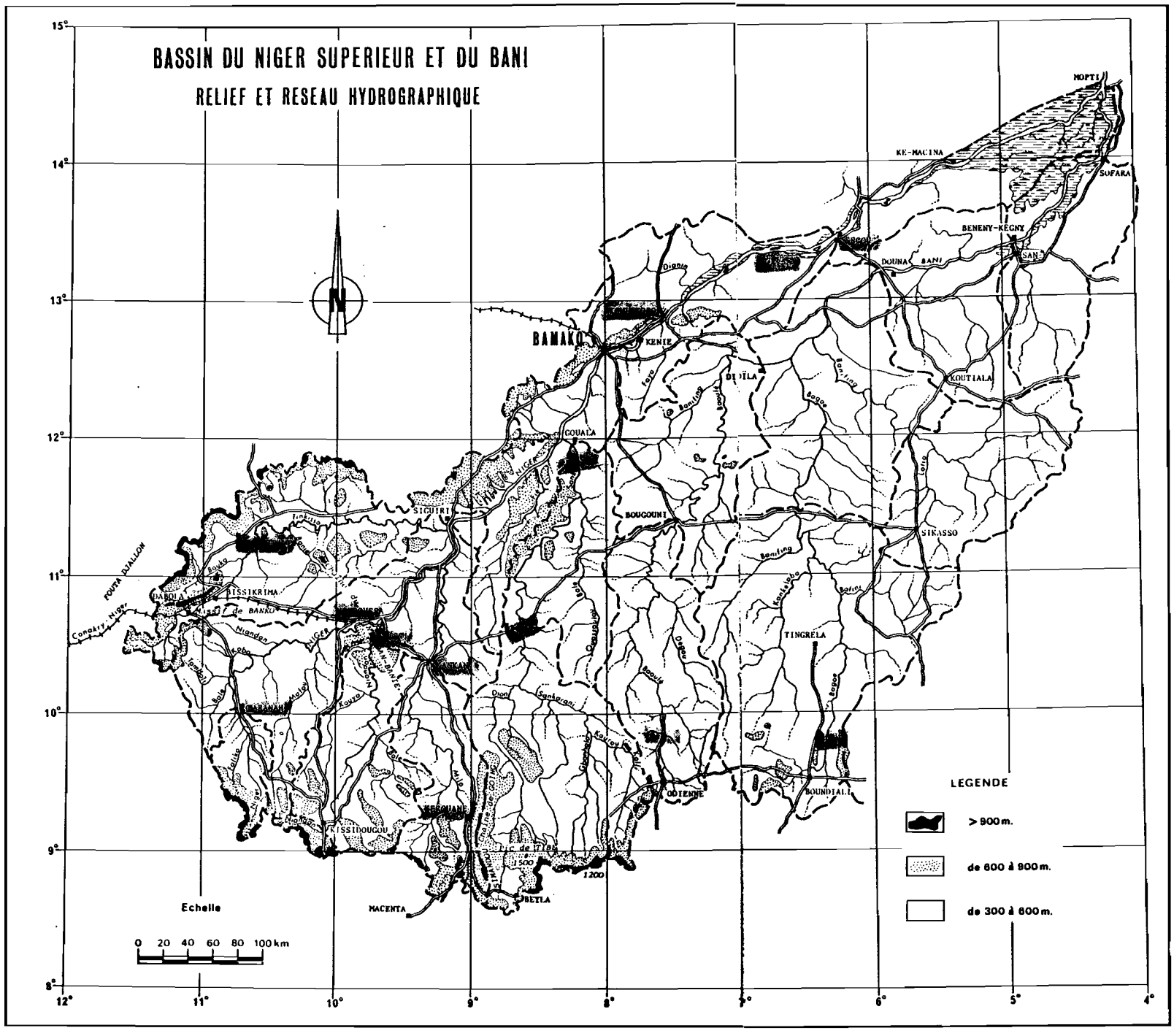
## EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE


N
BAMAKO
KENIE
SOTUBA
FAY
KOULIKORO
TAMANI
Diamin
SEGOU
KIRANGO
SAMA
KE-MACINA
TILEMBEYA
NANTAKA
MOPTI
KOUAKOUROU
SOFARA
DOUNA
BANI
HENENY KEGNY
DIOILA
TYO
KORODOUGOU MARKA
Baniling
Bagoé
Bani
KOUARO
KLELA
Loïto
KOMALA
KENIEROBA
GOUALA
NIGER
Sankarani
Fié
SELINGUE
SIGUIRI
TIGUIBERY
DIALAKORO
KAMANANI
OUARAN
DIEUBAKORO
GUELELINKORO
NANFALILA
BOUGOUNI
PANKOUROU
BARTIEBOUGOU
ZANTENA
TIENKONGO
SIKASSO
KOLONDIEBA
BANANSO
LOULOUNI
KANKELA
DEBETE
TINGRELA
MADINA-DIASSA
MANANKORO
MANDIANA
DJIRILA
WAHIRE
SANIALA
ZIEMOUGOULA
SAMATIGUILA
KOUTO
TOM BOUGOU
PONONDOUGOU
GUINGUERINI
BOUNDIALA
ODIENNE
SIRANA
IRADOUGOU
BALAN
BARANAMA
Dion
Sankarani
KEROUANE
KONSANKORO
BEYLA
MANZANO
KISSIDOUGOU
FARANAH
Bolé
Tembé
Matou
Kouya
Niandan
KANKAN
BOUDO-KANKAN
MOUSSORO
SEREKOROBA
Loba
Niandan
NIGER
KOUROUSSA
KARO
BISSIKRILA
Massif de BANKO
FABOLA
Conakry-Niger
FOUTA DJALLON
DINGUIRAYE
TINKISSO
Tinkisso
Bouka
Fié
Sankarani
Niger
Bani
Baniling
Bagoé
Loïto
Bani
Baniling
Bani
Baniling
Bani
Baniling

# PROFIL EN LONG DU NIGER ET DE SES AFFLUENTS




BASSIN DU NIGER SUPERIEUR ET DU BANI
ISOHYETES INTERANNUELLES
N
Echelle
0 20 40 60 80 100km
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2200
2400
2600
15°
14°
13°
12°
11°
10°
9°
8°
12°
11°
10°
9°
8°
7°
6°
5°
4°
KORIA
DIOURA
SOKOLO
MOURDIAM
KOUTIALA
MOPTI-SEVARE
(535)
NIGER
KARA
(565)
SOFARA
(550)
KE-MECINA
(545)
SEGUE
(610)
MARKALA
(600)
KOLOKANI
BANAMBA
(805)
BANI
TOGO (770)
SAN
(750)
DOUNA
BARGELLI
(800)
(810) MANDIAKUY
YARAKASSO
KIMPARANA
(870)
NOUNA
(850)
KITA
BANGASSI
FALADIE
(1015)
SEBEKORD
KENIEBA
GENE-GORE
STRAKORD
NEGALA
DOUFINO
SOTUBA
BAMAKO
(1085)
KOULOUBA
FERENTOUMOU
SANTIGUILA
BELEKO
(955)
DIOUILA
(960)
M'PEROBA
(1010)
BOHOLA
ZANGASSO
KOUTIALA
(995)
KARAKASSO
MAHOU
(997)
FANGABA
(1125)
YOYOLOSSEBOUGOU
(1095)
KIGNAN
TOUGUE
(1600)
SIGUIRI
(1330)
BOUGOUNI (1270)
NIENA
STRASSO
(1250)
BANANKELEDAGA
NASSO
(1165)
BOBO-DIOULASSO
GOUALALA
(1330)
(1575)
DABOLA
BISSIKRIMA
(1500)
ORODARA
STDERADOUGOU
BANFORA
(1200)
KALANA
(1685)
KADIOLO
TINGRELA
(1390)
(1620)
BARANAIE
(1440)
OUANGOLODOUGOU
FERKESSEDOUGOU
(1315)
KORIOGO
(1350)
OHIENSE
(1625)
TIERNE
(1640)
BOUNDIALE
(1505)
BOUGOUSSE
(1615)
KISSIDOUGOU
(2035)
TAFIRE
(1265)
BIYLA
LOHO
GUEKEDOU
MACENTA
(2625)
SEREDOU
(2600)
TOUBA
(1415)
Niger
Bani
Bandama
Bagoé
Sankarani
Dion
Niger


BASSIN DU NIGER SUPERIEUR ET DU BANI
RELIEF ET RESEAU HYDROGRAPHIQUE
N
BAMAKO
KENIE
DIOILA
KOUTIALA
COUACA
SIGUIRI
BOUGOUNI
SIKASSO
TINGRELA
BOUNDIALI
ODIENNE
MACENTA
BETLA
MOPTI
KE-MACINA
SUFARA
BENENY-KEGNY
DOUNA
BANI
SAN
DIABOLA
TISSIKRIMA
TISSIDOUGOU
FOUTA DJALLON
Conakry-Niger
Niger
Bani
Bagoé
Bandama
Comoé
Volta
Sassandra
Cavally
Cascades de Gouméré
Lac de Tiébé
1200
1500
Echelle
0 20 40 60 80 100 km
LEGENDE
> 900 m.
de 600 à 900 m.
de 300 à 600 m.
15°
14°
13°
12°
11°
10°
9°
8°
12°
11°
10°
9°
8°
7°
6°
5°
4°

taires :

- FARANAH sur le NIGER,
- KEROUANE sur le MILO.

Ces deux stations,implantées trés haut sur le bassin permet ront d'améliorer les délais de prévisions.

Il n'est pas prévu pour le moment de stations de prévisions sur le SANKARANI dont le régime est totalement géré par le barrage de SELINGUE.Actuellement les modifications du régime naturel sur ce fleuve n'apparaisent pas en début de crue,le remplissage de la retenue n'étant effectué qu'au maximum de la crue et en décrue.Une station de prévision sera éventuellement installée à MANDIANA beaucoup plus à l'amont(à 219 kms de SELINGUE).

1.3. Projet HYDRONIGER - Prévisions

Dans le cadre du projet HYDRONIGER une prévision statistique sera effectuée à partir des stations Guinéennes à KOULIKORO.Le bief KOULIKORO - TAMANI ne comporte pas d'affluents importants et les apports sauvages pendant la crue sont négligeables,il n'y aura donc aucune difficulté d'étendre à TAMANI la prévision réalisée à KOULIKORO.

Le projet de prévisions est réalisé dans cette zone-là par la Société Grenobloise d'Etudes et d'Applications Hydrauliques, SOGREAH.Il doit être remis à la Direction du Projet HYDRONIGER au milieu de l'année 1985.

La prévision pourra être effectuée avec un délai évo - luant aux environs de 15 jours à KOULIKORO,à TAMANI on peut espérer avoir une prévision de l'ordre de 15 à 20 jours.

1.4. Utilisation de la vitesse de propagation

Un programme de recherches axé sur l'analyse de la vitesse de propagation est développé en ce moment par le Service Hydrologique de l'ORSTOM.

Sur financement FED,cette analyse est utilisée pour élaborer un modèle de prévision des crues du fleuve NIGER dans le bief KOULIKORO - TOSSAYE.En raison de la sécheresse particulièrement sévère de l'année 1983 -1984, le modèle a été étendu jusqu'à NIAMEY afin de connaître les temps de propagation des débits entre KOULIKORO et NIAMEY.Ceci en prévision de lachures du barrage de SELINGUE qui doivent éliminer les risques d'assèchement du NIGER à NIAMEY en fin de décrue (début Juillet 1984).

Les calculs effectués avec ce modèle sur le bief DIRE - NIAMEY ont donnés des résultats étonnants,la prévision à partir de la cote à DIRE le 21 Janvier a donné exactement celle de NIAMEY (au cm prés), le 12 Février,soit 22 jours plus tard (2,12 m).

En annexe se trouve (annexe I) la description de l'analyse méthodologique et un exemple d'application : Prévision des hauteurs d'eau à KE MACINA à partir de KOULIKORO.Le calage a été testé sur deux années : 1967 et 1981.Les limnigrammes calculés et observés à KE MACINA sont reportés sur les figures correspon - dantes.Le programme de prévisions automatiques n'est pas encore construit,mais les paramètres de la propagation dans ce bief sont

calculés et permettent dès à présent de réaliser la prévision.Le programme général ne présentant aucune difficulté de conception.

Il est démontré dans l'analyse que le temps de propagation est une fonction continue de la hauteur à l'échelle amont pour un bief donné.Connaissant cette hauteur et la date correspondante,le temps de propagation est fourni par le modèle,ainsi que la cote à l'échelle aval.

Ce genre de modèle peut être calé avec des hauteurs ou des débits,si les biefs présentent des pentes moyennes de radiers supérieures à 5cms/km, pour des valeurs inférieures de la pente il faut utiliser les hauteurs,la relation H/Q n'étant plus bi-univoque.

## 2. PREVISIONS DES HAUTEURS ET DEBITS A TAMANI

La station de TAMANI est prise comme base aval du bief étudié.Il existe des relevés à cette station,relevés permettant une analyse des temps de propagation en prenant comme base amont KOULIKORO.

### 2.1. Prévision à KOULIKORO

Les stations sus-mentionnées au paragraphe 1.2., installées en 1984 pourront être directement utilisées pour faire de la prévision de débits et de cotes à KOULIKORO,la gestion de SELINGUE étant connue à l'avance avec suffisamment de précision pour ne pas introduire d'erreurs notables dans les valeurs calculées à KOULIKORO.Lorsque la station de MANDIANA sera installée il sera possible de réaliser une excellente prévision des débits du SANKARANI à la confluence avec le NIGER.

Les quatre stations amont installées à ce jour contrôlent pratiquement la totalité des volumes transités par le NIGER à KOULIKORO,hormis ceux du SANKARANI et les apports sauvages intermédiaires.

L'analyse des temps de propagation ne posera pratiquement pas de problèmes,les distances des stations à l'exutoire,qui est constitué par KOULIKORO, étant sensiblement les mêmes(460 kms, TINKISSO = 717 kms).En 1985,l'installation de FARANAH et KEROUANE, pratiquement à la même distance de KOULIKORO que TINKISSO,devrait améliorer les délais de prévisions.

Le calage des temps de propagation des débits et de la fonction d'amortissement pourra être faite dans un premier temps et déjà fournir une prévision avec un délai égal au moins au temps de propagation.La précision de cette méthode a été démontrée à l'aval en particulier sur le BANI(DOUNA - BENENI KEGNY) et sur le bief KOULIKORO - KE MACINA.

L'amélioration des délais de prévision pourra en même temps être réalisée,les stations d'émissions automatiques donnant en temps réel les hauteurs d'eau précipitées localement.A l'aide des observations pluviomètriques existantes il faut caler un modèle de prévision des débits du NIGER dans son bassin supérieur.Les résultats de l'analyse de correspondance hydro-pluviomètrique doivent être relativement bons,les régimes des pluies du haut-bassin étant suffisamment homogènes.

QS = Débit géré de SELINGUE.

TP1 = Temps de concentration des pluies jusqu'aux stations de TINKISSO, FARANAH, KEROUNE. (TP2 idem stations de 1984).

P1 = Pluie moyenne sur les bassins de ces trois stations.

Q1 = somme des débits de ces trois stations.

T1 = délai de propagation entre lse 3 stations ci-dessus et les stations de BARO, KANKAN et KOUROUSSA.

Q2 = Somme des débits du TINKISSO, de BARO, de KANKAN et de KOUROUSSA.

T2 = Temps de propagation de ces 4 stations à KOULIKORO.

Q3 = débit à KOULIKORO.

T3 = Temps de propagation de KOULIKORO à TAMANI.

H3 = hauteur à KOULIKORO correspondant au débit Q3.

HTam. = hauteur à TAMANI.

D2 = délai de prévision total en 1984 à partir de P2.

P2 = pluviomètrie moyenne des bassins calculée à l'aide des observations des stations installées en 1984.

D1 = délai correspondant à la pluviomètrie P1.

1984

- Analyse de la propagation entre stations installées (niveau 2) et KOULIKORO, évaluation des relations :

$$Q2 = F1(P2) \quad \text{et } TP2$$

$$Q3 = F2(Q2 + QS) \quad \text{et } T2$$

$$H3 = G(Q3)$$

$$HTam. = F3(H3) \text{ et } T3$$

Les combinaisons de ces fonctions donnent :

$$D2 = TP2 + T2 + T3$$

$$HTam. = F(P2)$$

1985

- Analyse de la propagation entre nouvelles stations + TINKISSO déjà installée en 1984.

$$Q1 = F4(P1) \quad \text{et } TP1$$

$$Q2 = F5(Q1) \quad \text{et } T1$$

F2, T2 et les fonctions des biefs avals sont déjà calculés. Le délai maximum est donc évalué :

$$D1 = TP1 + T1 + T2 + T3$$

$$HTam. = F'(P1)$$

## 2.2. Elaboration du modèle de prévision

### 2.2.1. 1ère Phase - 1984

Dès à présent la possibilité de réaliser un modèle existe donc,avec des caractéristiques trés proches de l'optimum de prévision.

Les stations qui sont déjà en fonctionnement ont été observées depuis suffisamment longtemps pour que le modèle de propagation des débits jusqu'à KOULIKORO puisse être calé avec une trés bonne précision (tout à fait comparable aux résultats du modèle représentatif du bief KOULIKORO - KE MACINA).

Dès que ce modèle sera calé(en introduisant la gestion prévisionnelle du barrage de SELINGUE),un second modèle permettant d'améliorer les délais de prévisions,prenant en compte les régressions hydro-pluviomètriques sera calé à partir des observations existantes aux stations de KOUROUSSA - DINGUIRAYE - KANKAN et BARO.

Les précipitations à ces quatre stations sont télétransmises en temps réel avec les hauteurs d'eau.

Les délais de transmission des balises n'excèdent pas 6 heures,une seule prévision journalière étant prévue à KOULIKORO, le temps de transmission n'intervient pas comme limitateur de délai.

La fiabilité du système ne pose en principe aucun problème,qui plus est l'ORSTOM assurera pendant les premières années la maintenance des stations.

Le schéma de la prévision provisoire se trouve sur la page suivante.

### 2.2.2. 2ème phase - 1985

A la suite des installations de FARANAH et KEROUANE, des analyses seront effectuées de manière à évaluer les fonctions de transfert des débits de ces stations + TINKISSO au stade amont de l'année 1984 (KANKAN - BARO - KOUROUSSA) et par suite à KOULIKORO,la fonction transfert de l'année 1984 restant valable.

L'amélioration des délais de prévisions proviendra de l'analyse hydro-pluviomètrique,partant des précipitations des nouvelles stations et de TINKISSO,les stations plus aval de 1984 pouvant aussi être utilisées.

A ce moment-là,le modèle sera optimum et il n'existe pas de possibilité d'amélioration tant sur le plan du délai de prévision,que sur la précision de cette prévision.

Le schéma de la page 6 représente l'articulation du modèle définitif.

# A N N E X E S

Annexe 1 : Modèle - Approche théorique et méthodologique.
Applications au bief KOULIKORO - KE MACINA.

Annexe 2 : Stations d'observations intéressant le modèle.
Historique - Observations - Mesures de débits
Débits moyens journaliers extrêmes - débits moyens mensuels.

Stations :
- KOUROUSSA(NIGER)
- BARO(NIANDAN)
- KANKAN(MILO)
- TINKISSO(TINKISSO)

- KOULIKORO(NIGER)
- TAMANI(NIGER)
- SEGOU(NIGER)

- FARANAH(NIGER)
- KEROUANE(MILO)

# 1. APPROCHE THEORIQUE

## 1.1. Hypothèses

Considérons un bief compris entre deux stations S1 et S2 pour lesquelles on observe les hauteurs H1 et H2 en régime uniforme,donc à gradient nul g = 0 .

Les caractéristiques de ces stations sont les suivantes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Station amont : | S1 | Station aval : | S2 |
| débit : | Q1 | | Q2 |
| Sect. mouillée: | A1 | | A2 |
| Larg. Surface libre : | l1 | | l2 |
| Prof. moy. : | X1 | | X2 |

La profondeur moyenne est égale à : $Xi = Ai/li$

L'écart entre Q1 et Q2 est provoqué par les pertes et les apports. Dans un premier temps considérons qu'il n'y a pas d'apports ou qu'ils sont négligeables par rapport au débit Q1.Par apports intermédiaires il est sous entendu qu'il s'agit des apports dits "sauvages" qui n'ont aucunes liaison avec le bief,il pourra s'agir par exemple d'affluents ayant un régime hydrologique diffèrent de celui du bief,ou bien de précipitations.Les déstockages des plaines d'inondations,dont les volumes emmagasinés proviennent intégralement du bief sont pris en considération,de même que les volumes perdus par déversements naturels dans les points bas du lit majeur.

Le régime étant uniforme,le débit est lié à la hauteur amont par une relation univoque.Toutes les pertes sont fonction de la hauteur H1 et le débit Q2 est lié par une fonction continue à la hauteur H1,de même que la hauteur H2.

Les paramètres physiques du bief ne variant pas,la hauteur H1 régit donc le régime hydraulique.

Si l'on fait varier H1 d'une valeur DH1 pendant un temps suffisant pour que le régime s'établisse uniformément jusqu'en S2,on obtiendra en S2 une hauteur H2+DH2 (DH2 positif ou négatif,du même sens que DH1).

On sait que le temps de propagation de S1 en S2 est lié à la hauteur moyenne dans le bief par une relation de la forme :

$$T = F(g.\overline{X}) \qquad 2.1.$$

L'équation 2.1 est tirée de l'extrapolation de la vitesse d'une petite perturbation dont la formulation est :

$$V = (g.Xi)^{\frac{1}{2}} \qquad 2.2$$

$\overline{X}$ est la profondeur moyenne du bief,donc la moyenne des Xi.

Dans le cas des grands fleuves,sur des biefs qui correspondent à des pentes faibles,la profondeur moyenne varie peu. Cette profondeur moyenne est pratiquement liée à la hauteur à la station amont par une relation que nous considèrerons comme continue,dans le lit mineur puis dans le lit majeur.

Connaissant la hauteur H1 il est donc possible,à l'aide de deux relations de connaître la hauteur à l'aval avec un délai égal au temps de propagation.

1.2. Extension au régime varié

Le régime varié correspond en fait à une suite de petites variations que l'on introduit en continu en S1.

Si l'on connaît le temps de propagation de S1 en S2 pour toutes les hauteurs H1(i) observées au temps T(i),il suffit d'observer au temps T(i)+DT(i) la hauteur H2(i) qui correspond à H1(i) pour connaîtres la loi de variation de H2 en fonction de H1 pour tout le marnage de S1.

L'analyse qui suit conduit à la détermination des valeurs de H2 qui donnent la meilleure relation de régression avec une tranche de hauteurs de S1 lorsque l'on fait varier le temps DT avec un pas que l'on impose.Le temps DT correspond au temps de propagation moyen pour une tranche de H1 donnée.

2.APPROCHE METHODOLOGIQUE

2.1. Données de base

Pour des facilités de saisies de données l'analyse est conduite à partir des hauteurs moyennes décadaires des stations du DELTA du NIGER et du BANI sur les biefs :

- KOULIKORO / NIAMEY,
- DOUNA / MOPTI -.

Ces tableaux sont stockés sur disques en forme de tableaux virtuels (format 82x36 - Origine des temps : 1900).Ce système présente le désavantage d'être long à analyser du fait des lectures sur disques,mais vu la faible capacité du micro-ordinateur utilisé,il permet de disposer d'une mémoire virtuelle trés importante.

2.2. Analyse du temps de propagation

Le modèle devant servir à la prévision des crues et des étiages,l'analyse est menée avec la station amont comme base et la station aval comme analyse.

Dans un premier temps,il n'existait pas de programme automatique d'analyse,on procédait de la façon suivante :

- Découpage du marnage aval en tranche de hauteurs, pas de un mètre avec recouvrement des tranches par moitié,soit 0.5 mètre.
- A partir des fichiers de HMD de S1 et de S2 on crée un fichier unidimensionnel contenant les valeurs de H2 de la tranche de hauteurs de S2,puis un deuxième à N dimensions contenant les N décades qui correspondent à une décade du premier fichier,dans ces N décades on trouve la hauteur H1 de la même décade et les N-1 décades précèdentes.
- Si T est le temps moyen de propagation de la tranche

de hauteurs H2, il correspond à l'optimisation de la régression entre H1 et H2.
Dans la pratique on fait varier DT dans l'intervalle T1 - T2 jusqu'à ce que le coefficient de corrélation entre H2(i) et valeurs extrapolées H1(i) à partir de DT soit maximisé.
Les valeurs sont extrapolées de la façon suivante:

Soit T = 18 jours la valeur de DT, H2(i) une des valeurs de la tranche analysée, j étant le n° de la décade :

$$H1(i) = \frac{H1(i,j-1).2 + H1(i,j-2).8}{10}$$

En calcul automatique, l'ordinateur effectue toutes les opérations et donne en sortie les résultats inscrits dans le tableau 1,soit :

N = Nombre de couples de la tranche pris en compte,
R = Coefficient de régression optimisé,
X = H1 moyenne pour le temps T retenu dans la tranche,
Y = H2 moyenne de la tranche,
T = Temps optimisé dans la tranche.

Les valeurs Y, X, T conduisent à deux séries de courbes :

$$Y = F(X)$$

$$T = G(X)$$

Chaque courbe traduit les variations de Y en fonction de X pour un régime uniforme et de T = G(X).Ces courbes sont partagées graphiquement en tronçons qui correspondent à des variations continues des variables,elles acceptent une représentation par des développements en série de TAYLOR :

$$F(X) = a0+a1.X+a2.X^2+a3.X^3 +X^3.R(X)$$

R tend vers 0 lorsque X tend vers 0. L'ordre 3 a été retenu,l'expérience montrant que cet ordre donnait une précision suffisante dans le cas présent.

A fin de standardisation du traitement,chaque bief comportant une station d'entrée et une station de sortie est représenté par un fichier unidimensionnel comportant 25 paramètres.Ces derniers permettent de traduire 3 tronçons de courbe représentant la régression de cotes,les deux limites séparant ces trois tronçons, 2 tronçons pour le temps,une limite pour ces deux tronçons et les deux derniers paramètres correspondent à la hauteur minimale à partir de laquelle on considère que le temps de propagation dans le bief est constant,ceci afin d'éviter un temps infini pour les faibles hauteurs.

2.3. Signification des paramètres

Le tableau n°1 permet de tracer les courbes de la figure 1.Ces courbes sont représentées par :

2.3.1. Temps de propagation

Hamont inf. à P(24) T = P(25)

P(24) Hamont P(23) $T=P(15).H^3+P(16).H^2+P(17).H+P(18)$

Hamont P(23) $T=P(19).H^3+P(20).H^2+P(21).H+P(22)$

H est la hauteur observée à la station amont,elle est exprimée en mètres.

2.3.2. Régression de cotes

La hauteur amont est ici exprimée en cms en cotes relatives à l'échelle de crue.

Hamont P(13) $Haval = P(1).H^3+P(2).H^2+P(3).H+P(4)$

P(13) Ham. P(14) $Haval = P(5).H^3+P(6).H^2+P(7).H+P(8)$

P(14) Ham. $Haval = P(9).H^3+P(10).H^2+P(11).H+P(12)$

2.3.3. Exemple d'applications

Prévision de la cote à KE MACINA connaissant celle de KOULIKORO :

Cotes à KOULIKORO : 21/08 HK= 320cms 22/08 H=327cms
Le tableau n°2 donne :

P(23)=320 cms P(24) = 0

Les délais correspondants à H21 et H22 sont calculés :

T21 = 4.6 T22 = 4.5 jours

Date de la prévision : TKM1 = 21+T21 = 25.6

TKM2 = 22+T22 = 26.5

Cotes correspondantes : HKM1 = 346 cms HKM2 = 354 cms

Cote le 26 à KEMACINA : interpolation entre le 24.6 et le 26.5 :

HKM = 346 +(26 - 25.6).(354-346)/(26.5-25.6) = 350 cms le 26/08.

Les cotes sont estimées à 8 heures.

2.3.3.2. Application à la reconstitution d'observations

Les limnigrammes observés à KE MACINA et à KOULIKORO qui présentent des lacunes peuvent être complétés à l'aide du modèle en utilisant comme base la station aval pour compléter la station amont avec des temps négatifs.

Le modèle a été utilisé pour transformer les matrices de Hauteurs Moyennes Décadaires de DOUNA à BENENI KEGNY (matrice de H fonction de la fréquence - 9 fréquences de 0,01 à 0,99 et 36 décades).

Le tableau A.1 contient l'analyse des observations du bief KOULIKORO - KE MACINA pour la période 1967/1982 et les paramètres du modèle de propagation des crues de ce bief.

Les figures A.1 et A.2 représentent les courbes de correspondance dse cotes corrigées du temps et le temps de propagation fonction de la cote à KOULIKORO.La figure A.3 représente deux limnigrammes (1969 et 1981) de KEMACINA (continu) observés et calculés par le modèle à partir des observations de KOULIKORO.

Tableau A.1

CARACTERISTIQUES DU BIEF: KOULIKORO / KE MACINA

CALAGE KOULIKORO - PERIODE: 1967 - 1982

Temps en jours - Hauteurs en cas - N = Nombre de valeurs de la tranche analysees - R = coefficient de correlation correspondant

X = Hauteur moyenne de la station amont(en cas) - Y = idem station aval

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| N= 99 | R= 0.857 | X= 74.1 | Y= 95.2 | T= 8.75 |
| N= 87 | R= 0.929 | X= 100.8 | Y= 120.8 | T= 7.50 |
| N= 84 | R= 0.960 | X= 137.8 | Y= 152.3 | T= 6.00 |
| N= 78 | R= 0.951 | X= 162.4 | Y= 175.1 | T= 5.25 |
| N= 78 | R= 0.946 | X= 185.9 | Y= 197.7 | T= 5.00 |
| N= 71 | R= 0.942 | X= 209.0 | Y= 220.0 | T= 4.50 |
| N= 56 | R= 0.928 | X= 233.7 | Y= 246.2 | T= 4.25 |
| N= 61 | R= 0.953 | X= 259.5 | Y= 274.4 | T= 4.50 |
| N= 48 | R= 0.917 | X= 282.0 | Y= 298.8 | T= 4.50 |
| N= 42 | R= 0.909 | X= 301.0 | Y= 320.2 | T= 4.50 |
| N= 43 | R= 0.924 | X= 322.6 | Y= 345.7 | T= 4.50 |
| N= 34 | R= 0.880 | X= 353.4 | Y= 383.8 | T= 4.25 |
| N= 37 | R= 0.901 | X= 366.8 | Y= 400.9 | T= 3.90 |
| N= 41 | R= 0.911 | X= 388.1 | Y= 425.8 | T= 3.80 |
| N= 43 | R= 0.911 | X= 412.1 | Y= 453.7 | T= 3.90 |
| N= 50 | R= 0.911 | X= 435.9 | Y= 480.6 | T= 4.25 |
| N= 53 | R= 0.918 | X= 452.5 | Y= 498.9 | T= 3.80 |
| N= 57 | R= 0.954 | X= 474.7 | Y= 524.0 | T= 4.00 |
| N= 52 | R= 0.960 | X= 494.9 | Y= 545.3 | T= 4.25 |
| N= 42 | R= 0.959 | X= 517.4 | Y= 570.6 | T= 4.50 |
| N= 47 | R= 0.965 | X= 546.1 | Y= 600.4 | T= 5.00 |
| N= 44 | R= 0.964 | X= 584.0 | Y= 632.8 | T= 5.50 |
| N= 39 | R= 0.955 | X= 606.0 | Y= 648.1 | T= 5.75 |

Paramètres du modèle :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.000000 | 2 | 0.000000 | 3 | 0.913140 | 4 | 28.000000 |
| 5 | 0.000000 | 6 | 0.000000 | 7 | 1.165220 | 8 | -27.350000 |
| 9 | 0.00000074 | | -0.00320672 | 11 | 3.759930 | 12 | -621.00000 |
| 13 | 220 | 14 | 450 | | | | |
| 15 | -0.327336 | 16 | 3.231080 | 17 | -10.156480 | 18 | 14.70 |
| 19 | -0,10882 | 20 | 2.072500 | 21 | -11.536900 | 22 | 23.82 |
| 23 | 320 | 24 | 0.00 | 25 | 15.00 | | |

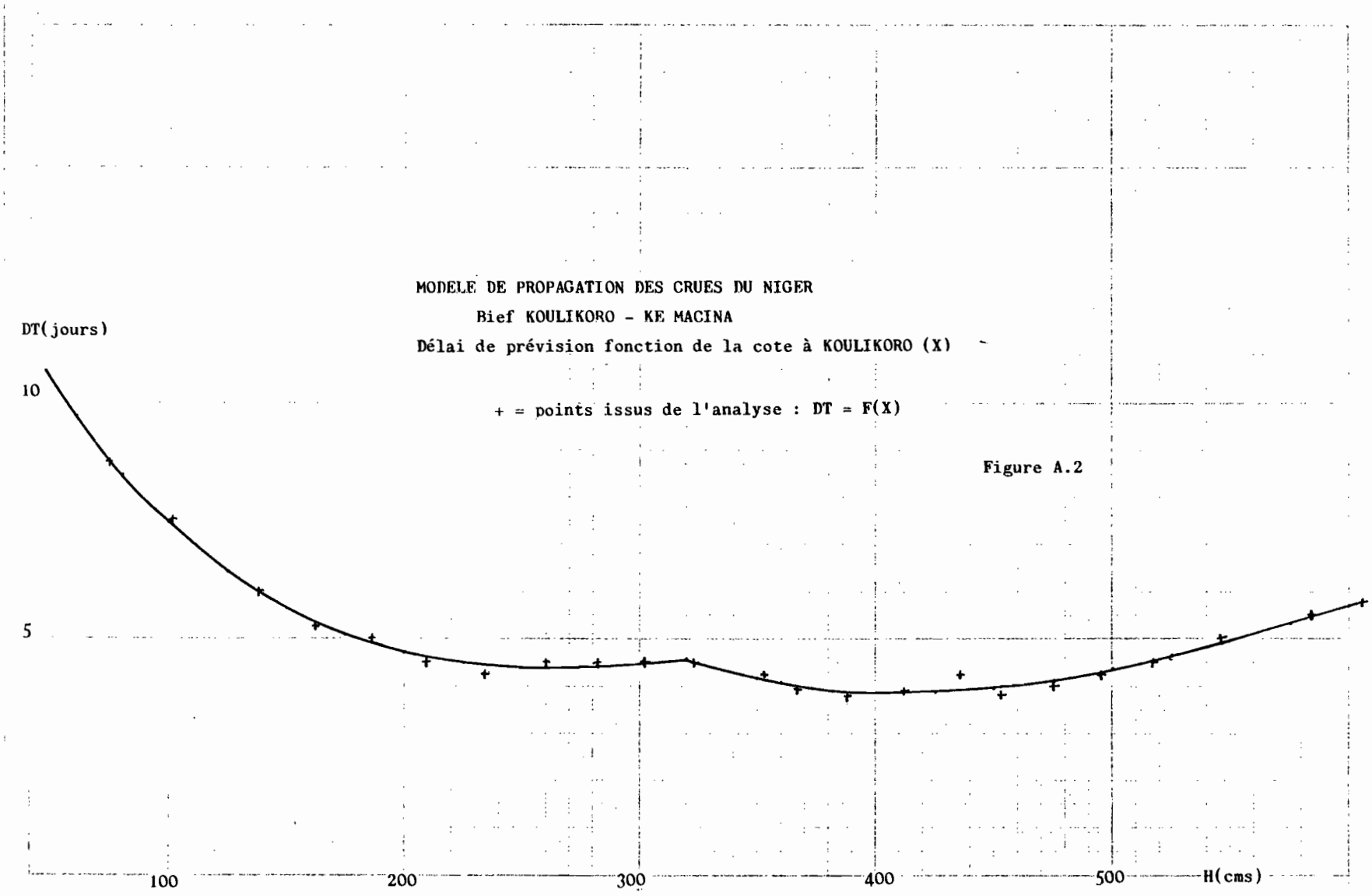

MODELE DE PROPAGATION DES CRUES DU NIGER
Bief KOULIKORO - KE MACINA
Délai de prévision fonction de la cote à KOULIKORO (X)
+ = points issus de l'analyse : DT = F(X)
DT(jours)
10
5
100
200
300
400
500
H(cms)

Figure A.2

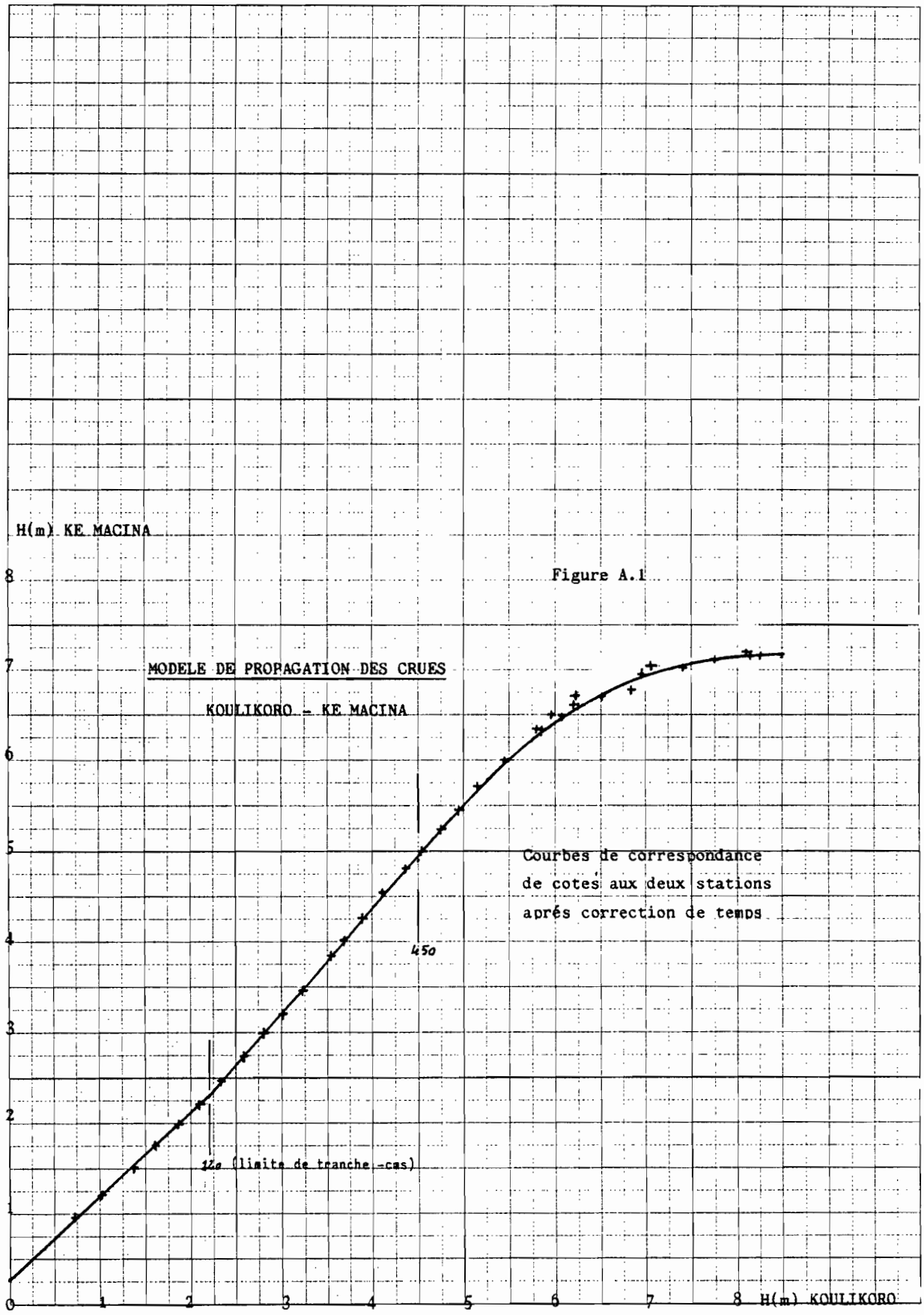

H(m) KE MACINA
MODELE DE PROPAGATION DES CRUES
KOULIKORO - KE MACINA
Courbes de correspondance
de cotes aux deux stations
aprés correction de temps
450
120 (limite de tranche -cas)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
H(m) KOULIKORO

Figure A.1

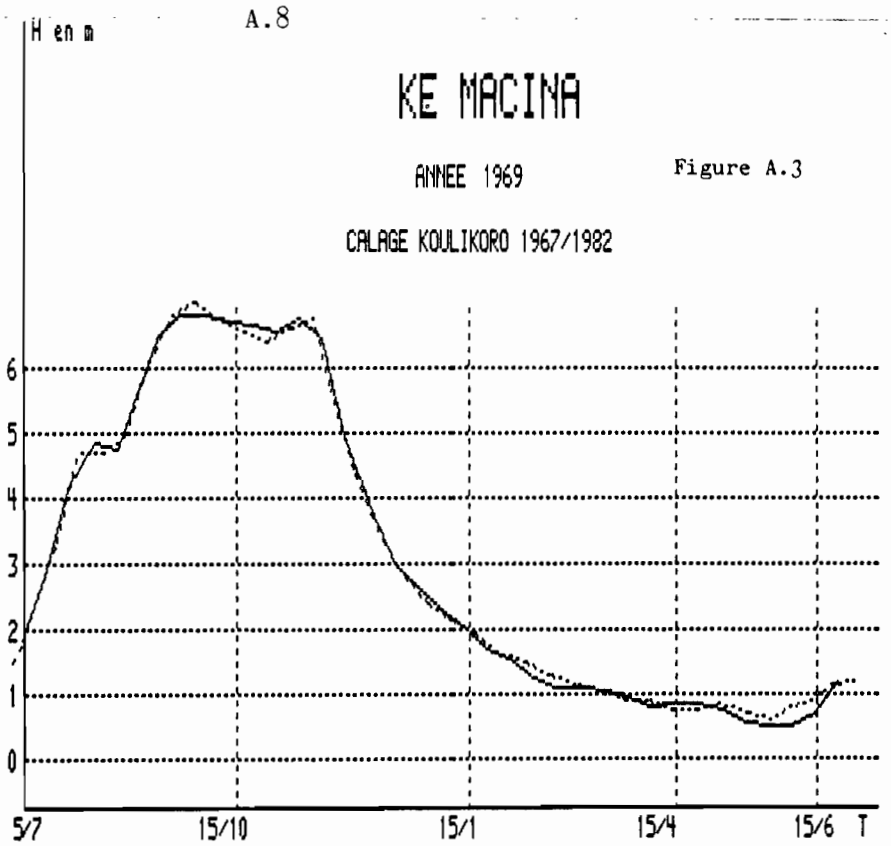
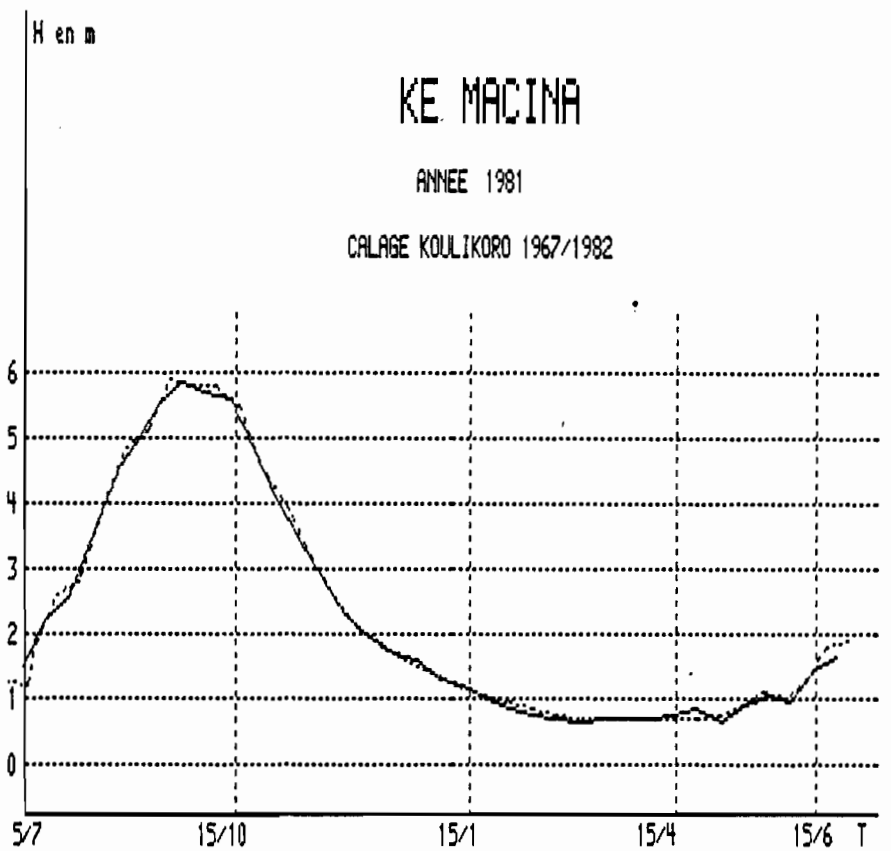

H en m
KE MACINA
ANNEE 1969
CALAGE KOULIKORO 1967/1982
6
5
4
3
2
1
0
5/7
15/10
15/1
15/4
15/6
T

Figure A.3


H en m
KE MACINA
ANNEE 1981
CALAGE KOULIKORO 1967/1982
6
5
4
3
2
1
0
5/7
15/10
15/1
15/4
15/6
T

# A N N E X E S 2

- Description des stations -.

La description des stations comporte cinq parties :

1/ Historique des installations - Emplacement de la section.

2/ Hauteurs limnimètriques observées.

3/ Mesures de débits - Courbes de tarages.

4/ Débits.

5/ Tableau des débits moyens mensuels observés.

# STATION DE KOUROUSSA SUR LE NIGER, EN GUINEE

Coordonnées 10° 39, 1 N 9° 52', 3 W Bassin de 16 560 km$^2$.

## 1 ECHELLE - SECTION

1.1 Une première échelle a été posée en 1910 sur la pile centrale du pont du chemin de fer par le CFCN, graduée en cotes absolues CFCN et probablement de 5 en 5 cm. Bas de l'échelle à la cote 356,00 m CFCN.

2.1.2 Une deuxième échelle a été posée par la MEAN le 27 avril 1954, division centimétrique, se composant de 3 tronçons en rive gauche : 0-2 m sur un rocher juste à l'amont du pont, 2-4 m juste à l'aval et 4-8 m sur la culée. Ce tronçon a été porté à 4-9 m en 1978. Zéro de l'échelle 1954 à 355,37 m CFCN et 355,49 m IGN.

Aucunes lectures simultanées n'ont été faites aux deux échelles.

1.3 La section se trouve à 1,5 km à l'aval d'un coude à 45° de grand rayon et à 0,5 km en amont d'un coude à 90° de petit rayon. Le profil en travers de la section nous est donné par le dépouillement du jaugeage du 23 septembre 1955 (hauteur échelle 785 cm) : pont de deux travées de 74 m d'ouverture, et cinq ponceaux sous la voie en rive droite : quatre de 22 m d'ouverture et un de 13 m, ne débitant qu'aux très hautes eaux.

Il n'y a pas de débordement possible en rive gauche. En rive droite la zône de débordement se met en eau vers 6 m à l'échelle ; elle est coupée par le remblai de la voie ferrée.

La pente de la ligne d'eau n'est pas connue et doit être de l'ordre de 10 cm au km.

Aucun affluent important du NIGER ne s'y jette à l'aval de la station avant la confluence avec le NIANDAN, à 24 km de KOUROUSSA (bassin du NIANDAN à la confluence 12 830 km$^2$). Cependant la rivière KOUROUSSA conflue à 1 km en aval du pont avec un bassin de 400 km$^2$.

## 2 HAUTEURS LIMNIMETRIQUES

Quelques corrections ont été apportées aux hauteurs à la suite d'examens des limnigrammes, bien que n'ayant eu en mains aucun document original.

Quelques complètements de hauteurs moyennes journalières ont été effectués pour des journées non observées ou oubliées dans les recopies.

2.1 Lectures anciennes CFCN : observations en dm et journalières pour une partie des hautes eaux de chacune des années 1923, 1925 et 1926. Les seules valeurs à retenir sont les maximums de crue qui semblent avoir été observés. Transposés dans le système d'échelle MEAN (hauteur échelle CFCN - 355,37 m) ces maximums sont :

28 septembre 1923 633 cm
14 septembre 1925 733 cm
15 septembre 1926 733 cm.

Ces hauteurs sont probablement traduisibles en débits en utilisant le même tarage que trente ans plus tard et en supposant que la section sous le pont était stabilisée à sa topographie actuelle (construction du pont en 1910).

2.2 Reprise de l'exploitation de l'échelle CFCN par le service de l'agriculture du 30 juillet 1945 au 26 décembre 1953, pour les cotes au-dessus de 357 m (soit 173 cm échelle MEAN) c'est à dire que les moyennes et basses eaux sont ignorées. Observations quasi journalières en hautes eaux, en dm (rarement en demi-dm) de qualité souvent douteuse (et même très douteuse jusqu'en 1950 inclus) utilisées en leur retirant 355,37 m.

2.3 Exploitation par la MEAN de l'échelle 1954 depuis le 27 avril 1954 jusqu'au 31 mars 1964. Lectures en cm (en principe deux fois par jour) de bonne qualité et quasi complètes, avec les réserves suivantes :

1958 Observations médiocres depuis mai, décembre faux
1959 Observations médiocres jusqu'en mai
1960 Mai-juin médiocres ainsi que novembre et décembre : il manque avril, juillet, août, septembre, octobre
1961 Janvier à juillet médiocres
1962 Il manque du 1er février au 4 novembre.

2.4 Exploitation de l'échelle MEAN par le SHG depuis le 1er avril 1964.

Nous avons les hauteurs journalières jusqu'au 31 décembre 1980. Les observations ne sont pas bonnes :

1964 Novembre et décembre probablement faux
1965 Tout est très douteux, même le maximum
1966 Très douteux jusqu'en mai et en novembre et décembre
1967 Janvier et février faux, le reste médiocre
1972 Médiocre avec novembre et décembre faux
1973 Très douteux
1975 Inutilisable
1976 Nous n'avons que juin très douteux
1977 Faux, il manque les quatre derniers mois.

2.5 Sur les relevés utilisables, nous notons (hauteurs moyennes journalières dans le système d'échelle MEAN).

Hauteur minimale 27 cm le 3 mai 1961
Hauteur maximale 810 cm le 30 septembre 1955.

## 3 JAUGEAGES - TARAGE

3.1 Nous avons les résultats de 34 jaugeages effectués à KOUROUSSA

Hauteur minimale jaugée 41 cm débit 4,59 $m^3/s$ minimal jaugé
Hauteur maximale jaugée 785 cm débit 1612 $m^3/s$ maximal jaugé.

Nous en donnons une liste chronologique et une liste rangée en hauteurs croissantes.

Ces jaugeages sont assez bien répartis en hauteur, mais mal répartis dans le temps : il n'y en a que dix pour les vingt dernières années.

3.2 Une courbe unique de tarage est facile à tracer (figure) pour les hauteurs supérieures à un mètre : en dessous de cette limite la dispersion est très importante. En éliminant les jaugeages du 24 juin 1956 (83 cm) du 4 mars 1959 (90 cm) du 6 mars 1959 (98 cm), la dispersion moyenne en valeur absolue relative est de 4,3 % pour les 30 jaugeages conservés, ce qui est très acceptable (cf. listes de jaugeages).

L'examen des écarts relatifs des débits jaugés par rapport aux débits déduits de la courbe de tarage ne met pas en évidence un détarage sensible (liste chronologique). L'examen de ces écarts relatifs en fonction des mouvements du plan d'eau (liste des jaugeages rangés) ne met pas en évidence sur le débit jaugé une influence de la variation locale de pente due à la crue ou à la décrue.

Le NIANDAN confluent avec le NIGER à 24 km en aval de KOUROUSSA, nous avons étudié l'influence possible des crues du NIANDAN sur les débits jaugés à KOUROUSSA. La station de BARO se trouve sur le NIANDAN à 15 km en amont de la confluence et le zéro de son échelle est à 356,01 m CFCN (à 416,28 m IGN mais cette cote est surement fausse d'environ 60 m). L'examen (sur la liste des jaugeages rangés) des écarts relatifs des débits jaugés par rapport aux débits déduits de la courbe de tarage en fonction des différences de hauteurs KOUROUSSA - BARO ne met pas en évidence une influence sensible du débit du NIANDAN sur les débits jaugés à KOUROUSSA.

Nous admettrons donc la stabilité et la biunivocité de la station.

3.3 La transformation des hauteurs en débits a été faite d'après une courbe en segments de paraboles définis par les points suivants :

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Segment 1 | h = 20 cm | 1,50 $m^3/s$ | .h = | 41 cm | 4,59 $m^3/s$ | .h = | 52 cm | 7,00 $m^3/s$ |
| 2 | 52 | 7,00 | | 63 | 10,5 | | 74 | 15,0 |
| 3 | 74 | 15,0 | | 86 | 21,3 | | 100 | 30,6 |
| 4 | 100 | 30,6 | | 125 | 52,3 | | 156 | 86,0 |
| 5 | 156 | 86,0 | | 232 | 188 | | 321 | 330 |
| 6 | 321 | 330 | | 441 | 555 | | 531 | 760 |
| 7 | 531 | 760 | | 631 | 1050 | | 820 | 1750. |

3.4 Le tarage tracé semble bien défini de h = 100 cm à h = 630 cm.
Pour h < 100 cm ou Q < 30 $m^3/s$ :

5 jaugeages très dispersés. Une courbe unique a été tracée, mais le tarage des basses eaux est peut être très instable débit pouvant passer du simple au double Pour h = 80 cm (Q < 18 $m^3/s$). Pour h > 630 cm ou Q > 1050 $m^3/s$ la partie haute de la courbe s'appuie sur un seul jaugeage (h = 785 cm) et l'extrapolation est très courte. Pour ce jaugeage, le débit dans le lit mineur, sous le pont, est de 1 489 $m^3/s$ d'où, en tenant compte de la section en travers (2.1.3) une vitesse moyenne de 1,275 m/s et une valeur de 0,355 pour le coefficient $K\sqrt{i}$ de la formule de Stricker-Manning $u = K\sqrt{i}\,R^{2/3}$ (la valeur du rayon hydraulique R étant de 6,773 m). Pour le jaugeage à 631 cm la valeur de $K\sqrt{i}$ est de 0,352 et le débit passant sous les ponceaux négligeable alors qu'il est de 123 $m^3/s$ pour le jaugeage à 785 cm. L'extrapolation est donc facile, compte tenu du profil en travers de la section, et en négligeant (étant donné les faibles valeurs des vitesses moyennes) l'effet du pont (culées et pile) : pour h = 900 cm, on aurait un débit de 2 100 $m^3/s$, lit mineur plus ponceaux.

3.5 La hauteur maximale observée (2.2.5) correspondrait à un débit de 1 710 $m^3/s$ et la hauteur minimale observée à un débit de l'ordre de 2,3 $m^3/s$ (sous toutes réserves ci-dessus).

## 4 DEBITS

4.1 Les débits moyens journaliers donnés en annexe ( ) ont été calculés d'après les hauteurs moyennes journalières = la plupart du temps nous ne possédons pas de copies des deux relevés journaliers. Etant donné la faible amplitude des variations de hauteur d'un jour à l'autre et l'allure très tendue de la courbe de tarage pour cette amplitude, ces débits moyens journaliers sont déterminés avec une précision bien suffisante.

4.2 Nous donnons une liste de débits moyens mensuels et annuels (modules en années calendaires) d'après ces débits moyens journaliers. Pour certains mois où peu de hauteurs moyennes journalières manquaient nous avons complété les débits moyens journaliers par interpolations simples. Nous avons supprimé les mois d'observations manifestement fausses.

4.3 Nous donnons également une liste de débits moyens journaliers minimaux et maximaux par années calendaire, avec les dates auxquelles ces débits ont été calculés pour la première fois dans l'année.

*STATION DE KOUROUSSA SUR LE NIGER*

**Débits moyens mensuels en $m^3/s$**

| | J | F | M | A | M | J | JL | A | S | O | N | D | MODULE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1945 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | 360 ? | 459 ? | 754 ? | 223x? | (1) | |
| 1946 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | 395x? | 620 ? | 676 ? | 269 ? | (1) | |
| 1947 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (2) | 285 ? | 629 ? | 452 ? | (2) | (1) | |
| 1948 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (2) | 426 ? | 970 ? | 789 ? | 316 ? | (2) | |
| 1949 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (2) | 494 ? | 931 ? | 462 ? | 230 ? | (2) | |
| 1950 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (3) | 161 ? | 550 ? | 668 ? | 243 ? | (1) | |
| 1951 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | 334 | 540 | 782 | 730 | 944 | 209 | |
| 1952 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | 182 x | 355 | (2) | 774 | 264 | (2) | |
| 1953 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | 396 | 758 | 1016 | 937 | 364 | 146 x | |
| 1954 | (1) | (1) | (1) | (2) | 35,1 | 112 | 231 | 358 | 726 | 691 | 553 | 300 | |
| 1955 | 134 | 72,0 | 38,0 | 26,8 | 36,6 | 181 | 356 | 495 | 1156 | 1010 | 495 | 273 | 356 |
| 1956 | 134 | 88,2 | 46,7 | 27,9 | 21,3 | 76,1 | 213 | 312 | 577 | 445 | 218 | 108 | 189 |
| 1957 | 47,5 | 19,9 | 10,3 | 4,56 | 6,10 | 46,0 | 223 | 499 | 1070 | 1092 | 513 | 199 | 311 |
| 1958 | 113 | 58,4 | 27,3 | 21,6 | 40,9 ? | 125 ? | 142 ? | 197 ? | 654 ? | 796 ? | 411 ? | 263 ? | 237 ? |
| 1959 | 126 ? | 48,6 ? | 24,0 ? | 8,02? | 10,8 ? | 100 | 231 | 325 | 702 | 440 | 284 | 116 | 201 |
| 1960 | 55,8 | 20,0 | 8,28 | (2) | 7,03 ? | (2) | (1) | (1) | (1) | (1) | 282 ? | 118 ? | |
| 1961 | 52,1? | 23,3 ? | 11,1 ? | 4,98? | 4,98 ? | 5,61? | 207 | 527 | 787 | 381 | 194 | 87,8 | 190 |
| 1962 | 40,1 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | 368x | 179 | |
| 1963 | 93,5 | 51,6 | 22,4 | 9,49 | 14,2 | 16,4 | 181 | 445 | 712 | 936 | 351 | (1) | |
| 1964 | 68,6 | 26,6 | 10,7 | 5,14 | (2) | (1) | (2) | 419 | 815 | 804 | 287 ? | 148 ? | |
| 1965 | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | |
| 1966 | 36,0? | 23,9 ? | 15,4 ? | 10,9 ? | 8,36? | 54,0 | 150 | 320 | 611 | 810 | 379 ? | 225 ? | 220 ? |
| 1967 | 150 ? | 43,9 ? | 12,1 | 6,95 | 10,6 | 83,1 | 162 | 438 | 950 | 1103 | 366 | 148 | 289 |
| 1968 | 76,1 | 47,0 | 19,7 | 10,2 | 19,9 | 142 | 191 | 491 | 808 | 588 | 255 | 142 | 232 |
| 1969 | 65,5 | 27,6 | 15,1 | 9,59 | 7,71 | 53,9 | 250 | 527 | 938 | 1088 | 535 | (1) | |
| 1970 | 85,1 | 41,0 | 18,8 | 9,66 | 8,22 | 17,6 | 113 | 234 | 694 | 399 | 213 | 102 | 161 |
| 1971 | 39,4 | 15,6 | 7,45 | 4,34 | 9,82 | 33,2 | 150 | 721 | 756 | 478 | 172 | 118 | 209 |
| 1972 | 42,2 | 16,7 | 7,49 | 7,07 | 12,80 | 128 | 340 | 452 | 671 | 527 | 399 ? | 141 ? | 229 |
| 1973 | 51,7? | 14,5 ? | 7,41? | 3,35? | 5,72? | 55,5? | 133 ? | 469 ? | 540 ? | 376 ? | 218 ? | 83,1? | 163 ? |
| 1974 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | 28,9 | 225 | 546 | 943 | 765 | 332 | 97,6 | |
| 1975 | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (1) | (3) | (3) | (3) | (3) | |
| 1976 | (2) | (1) | (1) | (1) | (1) | 87,0? | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | |
| 1977 | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (1) | (1) | (1) | (1) | |
| 1978 | (1) | (1) | (1) | 10,8 | 23,9 | 65,6 | 172 | 369 | 772 | 649x | (1) | (1) | |
| 1979 | (2) | (1) | (1) | (1) | 4,25x | 63,0 | 180 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | |
| 1980 | (1) | 21,3 | 9,50x | 3,96 | 3,69 | (1) | 76,8 | 292 | 550 | 533 | 388 | 207 | |
| MOYENNES | 78,4 | 36,6 | 17,30 | 10,1 | 14,6 | 73,7 | 218 | 421 | 764 | 694 | 347 | 162 | 236 |
| SUR MOIS | 18 | 18 | 18 | 18 | 20 | 20 | 23 | 29 | 28 | 29 | 29 | 21 | |

NOTAS : (1) - Relevés manquants

(2) - Relevés trop incomplets

(3) - Relevés faux

(x) - Relevés complétés

(?) - Relevés douteux
Les débits des mois d'étiage doivent être considères comme approximatifs lorsqu'ils sont inférieurs à 30 $m^3/s$.

# STATION DE BARO SUR LE NIANDAN, EN GUINEE

Coordonnées 10° 36', 2 N 9° 43', 6 W Bassin de 12 770 km$^2$.

## 1 ECHELLE - SECTION

1.1 Une première échelle a été posée en 1910 sur la pile centrale du pont du chemin de fer par la CFCN, graduée en cotes absolues CFCN et probablement de 5 en 5 cm. Bas de l'échelle à la cote 356,00 m CFCN.

1.2 Une deuxième échelle a été posée par la MEAN le 25 avril 1954 : division centimétrique, trois tronçons : 0-1 m sur un rocher juste à l'aval de la pile centrale du pont (presque illisible), 1-4 m sur la pile centrale (difficile à lire) et 4-7 m sur la culée rive droite. Ce tronçon a été porté ultérieurement de 4 à 8 m. Zéro de cette échelle à 356,01 m CFCN et 416,25 m IGN (cote sûrement fausse d'environ 60 mètres, car le nivellement IGN n'est supérieur au nivellement CFCN à KOUROUSSA que de 0,12 m et à KANKAN que de 0,30 m.

Aucunes lectures simultanées n'ont été faites aux deux échelles.

1.3 La section se trouve à 1,5 km à l'aval d'un coude à 30° de grand rayon et à 0,5 km en amont d'un coude à 45° de plus petit rayon. Nous n'en avons pas de profil en travers.

Le pont franchit le lit mineur sur une seule pile. Les zônes de débordement sont très étendues, peu boisées, sur les deux rives. Elles sont coupées par le remblai de la vo e ferrée qui comporte un pont en rive gauche à 500 m du lit mineur, et un pont en rive droite à 300 m du lit mineur. Ce dernier est en eau tous les ans et commence à débiter vers une hauteur de 5 m à l'échelle. Il n'y a aucune trace d'érosion sous ce pont.

La pente de la ligne d'eau n'est pas connue, et doit être de l'ordre de 10 cm au kilomètre.

Aucun affluent important du NIANDAN ne s'y jette à l'aval de la station, avant la confluence avec le NIGER, à 15 km de BARO (bassin du NIGER à la confluence : 17 300 km$^2$).

## 2 HAUTEURS LIMNIMETRIQUES

Quelques corrections ont été apportées aux hauteurs à la suite d'examens des limnigrammes, bien que n'ayant eu en mains aucun document original.

Quelques complétements de hauteurs moyennes journalières ont été effectués pour des journées non observées ou oubliées dans les recopies.

2.1 Lectures anciennes CFCN : observations en dm et journalières pour les cinq derniers mois de 1913 et une partie des hautes eaux 1926. Les seules valeurs à retenir sont les maximums de crue qui semblent avoir été observés. Transposés dans le système d'échelle MEAN (hauteur échelle CFCN - 356,01 m) ces maximums sont à septembre 1913 : 525 cm, 15 septembre 1926 : 700 cm.

Cette deuxième hauteur est probablement traduisible en débit en utilisant la même tarage que trente ans plus tard et en supposant que la section sous le pont était stabilisée à sa topographie actuelle. La construction du pont ayant été entreprise en 1910 il n'est pas raisonnable de supposer la section stabilisée dès 1913.

2.2 Reprise de l'exploitation de l'échelle CFCN par l'Office du NIGER du 3 mai 1947 au 24 avril 1954. Observations souvent en dm ou demi-dm, quasi journalières, presque complètes, mais de qualité souvent douteuse, ou pire. Il manque l'étiage 1948, les observations sont manifestement fausses de mars à août 1949, très douteuses de janvier à juillet 1950, de janvier à avril 1951 et de janvier à juillet 1952, à nouveau manifestement fausses de janvier à mai 1953.

Les lectures sont utilisées en leur enlevant 356,01 m pour les transformer en hauteurs échelles MEAN 1954.

2.3 Exploitation par la MEAN de l'échelle 1954 du 25 avril 1954 au 25 juin 1965 (arrêt des lectures). Lectures en cm (en principe deux fois par jour). Il manque les hautes eaux de 1956. Les observations semblent de bonne qualité jusqu'à l'étiage 1962. Mai et juin 1965 sont très douteux.

2.4 Exploitation de l'échelle MEAN par le SHG depuis le 13 février 1967. Nous avons les hauteurs journalières jusqu'au 31 mai 1980. Observations de qualité souvent médiocre. Il manque l'étiage 1974 et depuis janvier 1975, le peu de lectures que nous ayons (beaucoup d'interruptions) semble fausses.

2.5 Sur les relevés utilisables, nous notons (hauteurs moyennes journalières dans le système d'échelle MEAN).

Hauteur minimale 32 cm le 22 avril 1964
Hauteur maximale 832 cm le 31 août 1962.

## 3 JAUGEAGES - TARAGE

3.1 Nous avons les résultats de 50 jaugeages effectues à BARO et d'un jaugeage effectué à MOLOKORO (17 km en amont de BARO). Quatre autres jaugeages à MOLOKORO en 1949 sont inutilisable faute d'avoir des hauteurs d'échelle à BARO.

Hauteur minimale jaugée 62 cm débit 10,0 $m^3/s$ minimal jaugé
Hauteur maximale jaugée 722 cm débit 1490 $m^3/s$ maximal jaugé.

Nous en donnons une liste chronologique et une liste rangée en hauteurs croissantes.

Ces jaugeages sont assez bien répartis en hauteur, mais mal répartis dans le temps : il n'y en a que 6 pour les vingt dernières années.

3.2 Une courbe unique de tarage est facile à tracer (figure ). En éliminant le jaugeage du 25-5-1948 (115 cm), la dispersion moyenne en valeur absolue relative est de 3,5 % pour les 50 jaugeages conservés, ce qui est excellent (cf. listes de jaugeages).

L'examen des écarts relatifs des débits jaugés par rapport aux débits déduits de la courbe de tarage ne met pas en évidence un détarage sensible (liste chronologique). L'examen de ces écarts relatifs en fonction des mouvements du plan d'eau (liste des jaugeages rangés) ne met pas en évidence sur le débit jaugé une influence de la variation locale de pente due à la crue ou à la décrue.

Le NIANDAN confluent avec le NIGER à 15 km à l'aval de BARO, nous avons étudié l'influence possible des crues du NIGER sur les débits jaugés à BARO. La station de KOUROUSSA se trouve sur le NIGER à 24 km en amont de la confluence et le zéro de son échelle est à 355,37 m CTCN. L'examen (sur la liste des jaugeages rangés) des écarts relatifs des débits jaugés par rapport aux débits déduits de la courbe de tarage (tracée a priori) en fonction des différences de hauteurs BARO-KOUROUSSA semble montrer une légère influence de ces différences, qui serait pour des hauteurs supérieures à 200 cm à BARO, de l'ordre de (différence / 150-1) en pourcentage du barème. Il semble que corriger la courbe de tarage tracée et établir une correction en fonction de la différence soient illusoires étant donné la précision des lectu es de hauteurs d'échelle tant à BARO qu'à KOUROUSSA.

Nous agirons donc comme si la station était stable et biunivoque.

3.3 La transformation des hauteurs en débits a été faite d'après une courbe en segments de paraboles définis par les points suivants :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Segment 1 | h = 30 cm | 1,00 $m^3/s$ | .h = 36 cm | 1,70 $m^3/s$ | .h = 45 cm | 3,35 $m^3/s$ |
| 2 | 45 | 3,35 | 49 | 4,45 | 55 | 6,65 |
| 3 | 55 | 6,65 | 62 | 10,8 | 70 | 17,3 |
| 4 | 70 | 17,3 | 82 | 27,7 | 100 | 43,7 |
| 5 | 100 | 43,7 | 127 | 70,0 | 163 | 110 |
| 6 | 163 | 110 | 216 | 179 | 286 | 290 |
| 7 | 286 | 290 | 376 | 465 | 500 | 742 |
| 8 | 500 | 742 | 646 | 1200 | 840 | 2000. |

3.4 Le tarage tracé semble bien défini de h = 60 cm à h = 720 cm. Pour h < 60 cm ou Q < 9,5 $m^3/s$ l'extrapolation, importante, de la courbe vers le bas a été tracée un peu au hasard, ne s'appuyant sur aucun jaugeage, et il n'est pas impossible que la station soit instable aux très basses eaux.

Pour h > 720 cm ou Q > 1480 $m^3/s$, l'extrapolation, relativement peu importante, a été tracée en Log-Log sans profil en travers pour la vérifier.

3.5 La hauteur maximale observée (525) correspondrait à un débit de 1960 $m^3/s$, et la hauteur minimale à un débit de l'ordre de 1,2 $m^3/s$.

## 4 DEBITS

4.1 Les débits moyens journaliers donnés en annexe ( ) ont été calculés d'après les hauteurs moyennes journalières : pour la plupart du temps nous ne possèdons pas de copies des deux relevés journaliers. Etant donné la faible amplitude des variations de hauteur d'un jour à l'autre et l'allure très tendue de la courbe de tarage pour cette amplitude, ces débits moyens journaliers sont déterminés avec une précision bien suffisante.

4.2 Nous donnons une liste de débits moyens mensuels et annuels (modules en années calendaires) d'après ces débits moyens journaliers. Pour certains mois où peu de hauteurs moyennes journalières manquaient nous avons complété les débits moyens journaliers par interpolations simples. Nous avons supprimé les mois d'observations manifestement fausses.

4.3 Nous donnons également une liste de débits moyens journaliers minimaux et maximaux par année calendaire, avec les dates auxquelles ces débits ont été calculés pour la première fois dans l'année.

*STATION DE BARO SUR LE NIANDAN*

**Débits moyens mensuels en $m^3/s$**

| | J | F | M | A | M | J | JL | A | S | O | N | D | Module |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1947 | (1) | (1) | (1) | (1) | 18,7 | 92,7 | 335 | 437 | 815 | 507 | 168 | 67,7 | |
| 1948 | (2) | (2) | (1) | (1) | (2) | 198 | 371 | 639 | 821 | 457 | 274 | 98,8 | |
| 1949 | 48,8 | 31,8 | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | 900 x | 381 | 250 | 92,9 | |
| 1950 | 33,0? | 40,0? | 25,2? | 22,7 ? | 24,9? | 39,6? | 131 ? | 318 x | 781 x | 560 x | 244 x | 90,2x? | 192 ? |
| 1951 | 58,1? | 26,3? | 33,3? | 20,3 ? | 103 | 183 | 485 | 735 | 680 | 851 | 739 | 187 | 342 |
| 1952 | 101 ? | 38,9? | 36,2? | 22,8 ? | 29,9? | 76,0? | 271 ? | 579 | 811 | 808 | 350 | 132 | 271 ? |
| 1953 | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | 290 | 446 | 740 | 925 | 701 | 363 | 179 | |
| 1954 | 95,0 | 57,7 | 37,0 | 58,8 | 72,5 | 184 | 376 | 509 | 848 | 669 | 529 | 269 | 309 |
| 1955 | 125 | 65,0 | 70,9 | 48,8 | 88,0 | 241 | 520 | 728 | 1071 | 728 | 376 | 196 | 355 |
| 1956 | 103 | 59,3 | 44,4 | 41,3 | 36,6 | 84,4 | 325 | 301 | (1) | (1) | (2) | 127 | |
| 1957 | 60,9 | 33,3 | 27,6 | 13,3 | 30,2 | 153 | 497 | 607 | 985 | 854 | 421 | 171 | 321 |
| 1958 | 95,5 | 52,4 | 34,5 | 56,5 | 127 | 358 | 293 | 214 | 799 | 649 | 470 | 252 | 283 |
| 1959 | 108 | 55,1 | 29,7 | 21,2 | 48,6 | 157 | 408 | 517 | 863 | 508 | 349 | 135 | 267 |
| 1960 | 68,5 | 36,3 | 19,2 | 14,7 | 31,2 | 146 | 354 | 751 | 900 | 595 | 330 | 129 | 281 |
| 1961 | 62,7 | 35,5 | 14,4 | 9,29 | 31,6 | 44,9 | 265 | 486 | 479 | 371 | 175 | 67,5 | 170 |
| 1962 | 31,7 | 10,2 | 4,12 | 4,39 | 42,0 | 96,0 | 197 | 791 | 1147 | 617 | 381 | 192 | 293 |
| 1963 | 92,7 | 60,9 | 30,9 | 28,80 | 45,7 | 48,6 | 236 | 402 | 629 | 750 | 252 | 91,3 | 222 |
| 1964 | 43,6 | 20,2 | 6,19 | 4,29 | 20,6 | 143 | 307 | 532 | 789 | 563 | 267 | 166 | 238 |
| 1965 | 78,9 | 53,3 | 26,6 | (1) | 36,9? | 270 x? | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | |
| 1967 | (1) | (2) | 14,5 | 6,49 | 24,7 | 49,6 | 181 | 369 | 817 | 889 | 415 | 161 | |
| 1968 | 74,6 | 51,8 | 28,4 | 23,2 | 40,8 | 338 | 288 | 600 | 949 | 630 | 350 | 184 | 296 |
| 1969 | 87,0 | 44,8 | 32,2 | 24,0 | 26,9 | 138 | 612 | 759 | 939 | 986 | 500 | 161 | 359 |
| 1970 | 87,9 | 49,3 | 35,0 | 30,3 | 23,0 | 47,0 | 162 | 325 | 602 | 364 | 205 | 101 | 169 |
| 1971 | 44,3 | 23,3 | 10,7 | 10,4 | 26,8 | 110 | 210 | 694 | 804 | 452 | 179 | 123 | 224 |
| 1972 | 53,1 | 27,3 | 10,3 | 38,7 | 61,4 | 247 | 392 | 541 | 663 | 586 | 360 | 128 | 259 |
| 1973 | 54,9 | 27,5 | 8,88 | 6,28 | 14,6 | 82,4 | 168 | 373 | 549 | 340 | 220 | 58,0 | 159 |
| 1974 | (1) | (1) | (1) | (1) | (2) | 35,1 | 348 | 534 | 973 | 618 | 202 | 76,9 | |
| 1975 | 36,1? | 13,5? | 4,33? | 2,25? | (3) | (3) | (3) | (3) | (1) | (1) | (3) | (1) | |
| 1976 | (1) | (1) | (1) | (1) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (1) | (1) | (1) | |
| 1977 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | |
| 1978 | (1) | (1) | (1) | 4,81? | 15,1? | 189 ? | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | |
| 1979 | (2) | 32,5 | 14,0 | 9,30 | 16,5 | 165 | 658 | 813 | 660 | 593 | 338 | 121 | |
| 1980 | 60,0 | 33,2 | 12,9 | 3,77 | 4,70 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | |
| MOYENNES | 71,0 | 39,2 | 24,4 | 21,0 | 40,0 | 151 | 340 | 550 | 816 | 616 | | 139 | 262 |
| Sur mois | 24 | 25 | 25 | 25 | 26 | 28 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 27 | |

NOTAS : (1) - Relevés manquants

(2) - Relevés trop incomplets

(3) - Relevés faux

(x) - Relevés complétés

(?) - Relevés douteux.

Les débits des basses eaux sont peut être mal connus : extrapolation importante en dessous de 10 $m^3/s$.

# STATION DE KANKAN SUR LE MILO, EN GUINEE

**Coordonnées 10° 22', 2 N 9° 17', 6 W Bassin de 9 620 km$^2$.**

## 1 ECHELLES - SECTIONS

1.1 Les observations limnimétriques semblent avoir commencé en 1911 sous l'égide du CFCN : les hauteurs d'eau sont données en cotes absolues. Nous n'avons aucun renseignement certain sur la façon dont ces hauteurs étaient obtenues : lectures directes sur une échelle ou distance du plan d'eau par rapport à un repère coté ? Nous n'avons aucun renseignement sur l'emplacement, ni sur le système de nivellement correspondant à ces cotes absolues, et le peu d'observations conservées est quasiment inutilisable.

1.2 En 1938 les Grands Travaux de MARSEILLE (G.T.M.) posent une échelle en bois, probablement graduée de 5 en 5 cm, au droit (paraît-il) du futur pont routier. Zéro de cette échelle à 361,79 m CFCN.

1.3 En 1949 au début de la construction du pont routier, les Travaux Publics de GUINEE (TPG) posent une échelle en fonte, en rive gauche en aval du pont (environ 100 m) composée d'un tronçon vertical de 0,06 à 6,06 m sur le môle du port fluvial et d'un second tronçon vertical de 6,06 m à 8,06 m le long du quai. Le zéro de cette échelle est à 361,13 m CFCN et à 361,43 m IGN (rattachements début 1953).

A l'étiage 1965 la partie 0,06 à 2,06 de cette échelle était tombée. Elle aurait été remplacée en 1967.

1.4 Deux lectures simultanées ont été faites aux échelles (jaugeages).

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Le 21 juin | 1949 | h TPG | 86 cm | h GIM | 20 cm. |
| Le 2 juillet | 1949 | h TPG | 156 cm | h GIM | 90 cm. |

Par ailleurs, la correspondance en 1967-1968 entre les hauteurs d'échelle de BORDO KANKAN et de KANKAN pour les hauteurs comprises entre 1,5 m et 4 m donne la relation : hauteur KANKAN égale à hauteur BORDO KANKAN moins 10 cm. Compte-tenu des cotes IGN des zéros de ces échelles la dénivellée est de l'ordre de 1 m pour une distance d'environ 6 km, ce qui est plausible.

1.5 L'échelle actuelle se trouve juste à l'amont d'un coude à 70°, à l'aval d'une partie rectiligne d'environ 2 km. Au droit de l'échelle le MILO se compose de deux bras pratiquement égaux, séparés par une île longue et étroite sur laquelle s'appuie le pont. Il n'y a pas de débordement en rive gauche, mais une zône d'inondation notable en rive droite, coupée par la digne routière.

Avant la construction du pont routier, il existait (entre son futur emplacement et le port fluvial ?) une chaussée submersible dont nous ignorons les dates de construction et de démolition. La chaussée était à la cote 364,80 m ? CFCN c'est à dire à environ 3,7 m ? hauteur échelle TPG.

Aucun affluent important du MILO ne s'y jette à l'aval et à proximité de la station.

Nous avons un profil en travers par le dépouillement du jaugeage effectué à 6,10 m échelle le 24 août 1955, mais à environ un kilomètre en amont, en un endroit où le MILO ne se compose que d'un bras avec des débordements très réduits sur les rives.

## 2 HAUTEURS LIMNIMETRIQUES

Quelques corrections ont été apportées aux hauteurs à la suite d'examens des limnigrammes, bien que n'ayant en mains aucun document original.

Quelques complètements de hauteurs moyennes journalières ont été effectués pour des journées non observées ou oubliées dans les recopies.

2.1 Lectures anciennes CFCN : observations journalières en cm de mai 1914 à septembre 1916 (février 1916 manque) et de juillet à septembre 1917. Observations tous les deux jours en demi-décimètres du 15 juin au 25 novembre 1920. Observations journalières en cm du 25 août au 4 novembre 1926. Une enquête effectuée en 1953 à KANKAN par EDF permet de supposer qu'on puisse transformer les observations 1914-1926 en hauteur d'échelle TPG en leur retirant 361,95 m (sous toutes réserves, et en supposant aussi que la chaussée submersible n'existait pas ou qu'elle était en amont de l'échelle CFCN). Nous retenons donc les valeurs suivantes à titre indicatif.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1914 | minimum | 0 cm | TPG | le 4 mai | - | maximum | 568 cm | TPG | le 12 septembre |
| 1915 | | 64 | | le 18 mars | | | 709 | | le 5 septembre |
| 1916 | | 70 | | le 14 mars | | | 617 | | le 11 septembre |
| 1917 | | non obs. | | | | | 575 | | le 10 septembre |
| 1920 | | non obs. | | | | | 500 | | le 17 septembre |
| 1926 | | non obs. | | | | | 775 | | le 10 septembre. |

Il semble impossible de traduire ces hauteurs en débit. De plus le minimum de 1914 semble faux : beaucoup trop bas par rapport aux autres minimums connus.

2.2 Lectures échelle GIM : nous ne connaissons ces lectures que par leurs cotes absolues CFCN (obtenues en ajoutant 361,60 m aux lectures directes, et non pas 361,79 m).

Du premier mai 1938 au 26 octobre 1944 lectures en demi dm en moyenne tous les 5 jours, avec de nombreux mois manquants (notamment de janvier 1941 à avril 1942). Relevés de mauvaise qualité, il n'est pas sur que les minimums et maximums de ces années aient été observés.

Du 1er janvier 1947 au 8 juin 1950 lectures journalières en dm (ou demi dm) convenables malgré leurs imprécisions.

Nous utiliserons ces lectures GIM en supposant que l'échelle était en fait à l'aval de la chaussée submersible et que la correspondance des deux lectures simultanées de juin et juillet 1949 entre cette échelle et l'échelle TPG (h TPG = cote GIM - 360,94 m) reste valable quelque soit la hauteur d'eau, pour toute la période.

2.3 Lectures échelle TPG, exploitée par les TPG du 8 juin 1950 au 1 mars 1954. Lectures journalières en dm et souvent douteuses : lorsqu'il y a eu des contrôles les lectures sont reconnues très fausses (juillet et août 1952, d'octobre 1953 à février 1954).

2.4 Echelle TPG, exploitation par la MEAN du 2 mars 1954 au 31 décembre 1964 : lectures en cm deux fois par jour quasiment complètes et de bonne qualité.

2.5 Nous n'avons pas de lectures de l'échelle de KANKAN entre le 1 janvier 1965 et le 12 février 1967. Par contre nous avons, incomplètes, des lectures d'échelle à BORDO-KANKAN (6 km en amont, bassin de 97 % de celui de la station de KANKAN). Les lectures ayant été simultanées à ces deux échelles en 1967 et 1968, on peut établir la concordance, bien qu'il y ait de nombreuses lectures douteuses et que les basses eaux semblent instables. Nous avons choisi pour compléter les lectures de KANKAN par celles de BORDO KANKAN (dont les hauteurs semblent fausses en septembre et octobre 1966)
hauteur BORDO K inférieure à 135 cm :

$$h_{KANKAN} = \frac{19}{27} h_{BORDO-K} + 30 \text{ cm}$$

entre 135 et 400 cm $= h_{BORDO-K} - 10$ cm

entre 400 et 580 cm $= \frac{19}{18} h_{BORDO-K} - 32$ cm

supérieure à 580 cm $= \frac{19}{22} h_{BORDO-K} + 79$ cm.

2.6 Exploitation de l'échelle par le SHG depuis le 13 février 1967 : nous avons les hauteurs journalières jusqu'au 31 décembre 1980, observations de bonne qualité et presque complètes.

2.7 Sur les relevés nous notons, en hauteurs moyennes journalières extrêmes :

Hauteur minimale 38 cm le 23 mars 1973 et le 16 mars 1978
Hauteur maximale 726 cm le 1er octobre 1967.

# 3 JAUGEAGES TARAGE

3.1 Nous avons les résultats de 41 jaugeages effectués à KANKAN et d'un jaugeage effectué à BORDO KANKAN, que nous séparons en deux séries chacune correspondant à un tarage différent :

Première série 1949-1962 soit 36 jaugeages

Hauteur minimale jaugée 62 cm débit 11,0 $m^3/s$ minimal jaugé
Hauteur maximale jaugée 635 cm débit 783 $m^3/s$
mais pour 628 cm débit 788 $m^3/s$ maximal jaugé

Deuxième série 1967-1979 soit 6 jaugeages

Hauteur minimale jaugée 54 cm débit 11,1 $m^3/s$ minimal jaugé
Hauteur maximale jaugée 382 cm débit 390 $m^3/s$ maximal jaugé.

Nous en donnons une liste chronologique et une liste rangée en hauteurs croissantes. Dans la première série les jaugeages sont bien répartis en hauteurs et assez bien dans le temps, ce qui n'est pas le cas dans la seconde série.

3.2 Il n'est pas possible de tracer une courbe unique de tarage (figure ) : les jaugeages depuis 1967 se trouvent systématiquement bien au-dessus de la courbe, assez facile à tracer, obtenue avec les jaugeages de 1949 à 1962.

Malheureusement le petit nombre de jaugeages de 1967 à 1979 ne permet pas de tracer convenablement une deuxième courbe de tarage, et nous avons admis que le changement de tarage se produisait comme s'il y avait eu un changement d'échelle avec un décalage de 10 cm : le débit correspondant à une certaine hauteur étant la même que le débit du premier tarage à cette hauteur plus dix centimètres. Ce changement n'est pas dû à la grande crue de 1967 comme le montre le jaugeage à BORDO KANKAN du 12 février 1967 et comme les hauteurs d'échelle 1965 et 1966 à KANKAN ont été rétablies d'après celles de BORDO KANKAN d'après les correspondances 1967-1968, nous appliquons le second tarage à partir d'avril 1965.

La dispersion des débits jaugés par rapport aux débits des courbes (cf. listes de jaugeages) est de 5,0 % en valeur absolue relative pour la moyenne des 40 jaugeages conservés. Si on ne tient pas compte des 6 jaugeages pour lesquels chaque valeur absolue relative de l'écart est supérieure ou égale à 14 % la dispersion moyenne (34 jaugeages) tombe à 3,2 % en valeur absolue relative.

L'examen des écarts relatifs des débits jaugés par rapport aux débits déduits des courbes de tarage ne met pas en évidence d'autres changements de tarage (liste chronologique). L'examen de ces écarts relatifs en fonction des mouvements du plan d'eau (liste des jaugeages rangés) ne met pas en évidence sur le débit jaugé une influence de la variation locale de pente due à la crue ou à la décrue.

Nous admettrons donc la biunivocité de la station pour chacun des deux tarages.

3.3 La transformation des hauteurs en débits a été faite d'après une courbe en segments de paraboles définis par les points suivants :

*Premier tarage*

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Segment 1 | h = 30 cm | 1,50 $m^3/s$ | .h = 40 cm | 3,20 $m^3/s$ | .h = 50 cm | 6,00 $m^3/s$ |
| 2 | 50 | 6,00 | 57 | 8,65 | 65 | 12,5 |
| 3 | 65 | 12,5 | 75 | 18,5 | 86 | 26,3 |
| 4 | 86 | 26,3 | 104 | 40,3 | 122 | 55,2 |
| 5 | 122 | 55,2 | 153 | 83,3 | 195 | 125 |
| 6 | 195 | 125 | 240 | 175 | 300 | 250 |
| 7 | 300 | 250 | 376 | 353 | 480 | 503 |
| 8 | 480 | 503 | 590 | 700 | 760 | 1100 |

*Deuxième tarage*

Mêmes débits pour des hauteurs diminuées de 10 cm.

3.4 Le premier tarage tracé semble bien défini de h = 60 cm à h = 630 cm.

Pour h < 60 cm ou Q < 10 $m^3/s$ la partie basse de la courbe représente une extrapolation hasardeuse et on n'est pas sur de la stabili é de la station pour les très basses eaux.

Pour h > 630 cm ou Q > 785 $m^3/s$ l'extrapolation est relativement facile : pour les deux jaugeages les plus hauts (628 et 635 cm) on obtient, en tenant compte de la section, une vitesse moyenne de 1,080 m/s et une valeur moyenne de 0,360 pour le coefficient $k\sqrt{I}$ de la formule de Strickler Manning $u = k\sqrt{I}\ R^{2/3}$ (la valeur moyenne du rayon hydraulique R étant de 5,196 m). En conservant la valeur de $k\sqrt{I}$ on obtient, d'après la section, un débit de 1 100 $m^3/s$ pour h = 760 cm, valeur bien en accord avec une extrapolation tracée en log-log.

Le second tarage est déduit du premier, peut être abusivement, et est loin d'être aussi bien défini.

3.5 Le débit moyen journalier maximal observé correspond à la hauteur maximal observée, second tarage, et serait de l'ordre de 1040 $m^3/s$.

Le débit moyen journalier minimal observé correspond à la hauteur minimale observée, second tarage serait de l'ordre de 5,4 $m^3/s$.

## 4 DEBITS

4.1 Les débits moyens journaliers donnés en annexe ( ) ont été calculés d'après les hauteurs moyennes journalières : la plupart du temps nous ne possédons pas de copies des deux relevés journaliers. Etant donné la, relativement, faible amplitude des variations de hauteur d'un jour à l'autre et l'allure très tendue de la courbe de tarage pour cette amplitude, ces débits moyens journaliers sont déterminés avec une précision bien suffisante.

4.2 Nous donnons une liste de débits moyens mensuels et annuels (modules en années calendaires) d'après ces débits moyens journaliers : nous avons supprimé les mois d'observations manifestement trop fausses.

4.3 Nous donnons également une liste de débits moyens journaliers minimaux et maximaux par année calendaire, avec les dates auxquelles ces débits ont été calculés pour la première fois dans l'année.

*STATION DE KANKAN SUR LE MILO*

**Débits moyens mensuels en $m^3/s$.**

| | J | F | M | A | M | J | JL | A | S | O | N | D | Module |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1947 | 45,5 | 22,9? | 19,6 ? | 6,83? | 18,5 | 107 | 296 | 452 | 762 | 386 | 125 | 59,9 | 192 |
| 1948 | 33,0 | 14,7? | 7,67? | 8,97? | 33,0 | 117 | 417 | 566 | 624 | 266 | 186 | 72,5 | 195 |
| 1949 | 40,9 | 24,6? | 28,4 ? | 33,8 ? | 33,9 | 36,6 | 229 | 595 | 758 | 347 | 161 | 69,9 | 197 |
| 1950 | 52,0 | 35,5? | 21,3 ? | 13,0 ? | 29,8 | 44,9 | 199 | 269 | 531 | 545 | 197 | 73,0 | 168 |
| 1951 | 44,8 | 31,4? | 28,7 ? | 29,2 ? | 75,8 | 141 | 394 | 600 | 637 | 694 ? | 529 ? | 145 | 279 ? |
| 1952 | 76,7 | 45,3 | 36,2 ? | 30,4 ? | 36,6 ? | 73,4 | (3) | (3) | (3) | 581 | 220 | 93,6 | |
| 1953 | 64,3 | 30,8? | 29,5 ? | 19,7 ? | 27,2 ? | 171 | 345 | 592 | 684 | 466 ? | 197 ? | 104 ? | 228 ? |
| 1954 | 61,0? | 41,9? | 34,9 | 49,3 | 60,5 | 154 | 404 | 596 | 674 | 619 | 377 | 151 | 269 |
| 1955 | 30,1 | 44,1 | 48,5 | 46,0 | 69,5 | 204 | 411 | 595 | 733 | 617 | 236 | 125 | 267 |
| 1956 | 67,5 | 46,1 | 43,9 | 46,7 | 39,0 | 64,0 | 166 | 305 | 507 | 365 | 138 | 76,4 | 155 |
| 1957 | 39,4 | 21,4 | 20,2 | 15,5 | 29,2 | 87,2 | 275 | 469 | 707 | 625 | 243 | 103 | 220 |
| 1958 | 55,1 | 34,0 | 17,9 | 39,2 | 98,8 | 274 | 285 | 194 | 601 | 458 | 218 | 132 | 201 |
| 1959 | 56,7 | 30,4 | 18,1 | 13,6 | 32,5 | 72,3 | 350 | 323 | 782 | 326 | 188 | 73,2 | 189 |
| 1960 | 34,1 | 16,8 | 9,47 | 19,8 | 51,1 | 123 | 268 | 715 | 822 | 509 | 218 | 89,3 | 240 |
| 1961 | 45,2 | 25,3 | 12,2 | 11,2 | 33,9 | 34,6 | 182 | 362 | 481 | 296 | 123 | 53,1 | 138 |
| 1962 | 28,3 | 14,7 | 11,9 | 19,9 | 42,5 | 72,5 | 253 | 457 | 768 | 557 | 266 | 111 | 217 |
| 1963 | 52,7 | 45,1 | 32,3 | 30,8 | 55,1 | 61,7 | 191 | 402 | 658 | 514 | 179 | 67,7 | 191 |
| 1964 | 32,5 | 17,8 | 10,0 | 10,9 | 16,7 | 102 | 172 | 495 | 503 | 426 | 164 | 120 | 172 |
| 1965 | (1) | (1) | (1) | (2) | 36,3 | 136 | 419 | 266 | 561 | 307 | 136 | 56,0 | |
| 1966 | 16,4 | 11,8 | 8,80 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (3) | (3) | 183 | 63,3 | |
| 1967 | 30,3 | 17,3 | 13,2 | 15,4 | 32,6 | 55,7 | 254 | 532 | 747 | 703 | 226 | 87,9 | 226 |
| 1968 | 43,2 | 25,8 | 16,2 | 21,2 | 38,0 | 208 | 198 | 527 | 568 | 380 | 209 | 104 | 195 |
| 1969 | 59,0 | 37,4 | 35,7 | 31,4 | 27,7 | 103 | 438 | 752 | 782 | 649 | 354 | 121 | 283 |
| 1970 | 66,8 | 38,5 | 36,5 | 41,4 | 39,5 | 73,0 | 166 | 397 | 612 | 278 | 139 | 75,9 | 164 |
| 1971 | 44,2 | 33,2 | 21,2 | 25,8 | 38,5 | 54,1 | 167 | 453 | 594 | 340 | 114 | 75,8 | 163 |
| 1972 | 34,2 | 20,7 | 12,1 | 27,7 | 59,4 | 177 | 291 | 469 | 582 | 358 | 137 | 79,4 | 187 |
| 1973 | 36,2 | 18,3 | 9,28 | 10,7 | 13,7 | 44,0 | 92,8 | 448 | 542 | 301 | 173 | 56,8 | 145 |
| 1974 | 31,9 | 15,1 | 10,8 | 10,0 | 9,47 | 27,6 | 289 | 465 | 789 | 462 | 144 | 56,5 | 193 |
| 1975 | 29,3 | 15,8 | 8,42 | 21,5 | 42,2 | 88,4 | 237 | 502 | 769 | 495 | 145 | 66,4 | 202 |
| 1976 | 38,9 | 21,6 | 12,6 | 12,5 | 41,3 | 66,4 | 177 | 373 | 514 | 613 | 410 | 108 | 199 |
| 1977 | 61,9 | 34,2 | 17,9 | 11,4 | 16,6 | 51,5 | 146 | 272 | 557 | (1) | 97,4 | 44,5 | |
| 1978 | (1) | (1) | 9,28 | 23,7 | 32,1 | 152 | 246 | 455 | 651 | 451 | 202 | 73,1 | |
| 1979 | 43,3 | 21,0 | 15,5 | 26,1 | 24,7 | 101 | 450 | 695 | 661 | 471 | 205 | 75,8 | 232 |
| 1980 | 45,0 | 31,8 | 15,8 | 10,2 | 24,7 | 54,9 | 110 | 358 | 464 | 199 | 134 | 64,1 | 126 |
| MOYENNE | 46,5 | 27,7 | 20,4 | 23,0 | 38,2 | 101 | 266 | 467 | 645 | 456 | 205 | 86,1 | 198 |
| Sur mois | 32 | 32 | 33 | 32 | 33 | 33 | 32 | 32 | 32 | 32 | 34 | 34 | |

NOTAS : (1) - Relevés manquants

(2) - Relevés trop incomplets

(3) - Relevés faux

(?) - Relevés douteux

Les mois des années 1938-1944 pour lesquels nous avons quelques hauteurs journalières sont trop incomplets pour pouvoir en tenir compte.
Les débits depuis 1965 proviennent d'une courbe de tarage mal définie.

# STATION DE TINKISSO SUR LE TINKISSO, EN GUINEE

Coordonnées 11° 14', 3 N 10° 35', 4 W Bassin de 6 370 $km^2$.

## 1 ECHELLE - SECTION

13.1.1 L'échelle a été mise en place pendant l'étiage 1955 par la MEAN en 5 tronçons 0-2 m, 2-4 m, 4-6 m, 6-8 m et 8-9 m. Cote du zéro 369,04 IGN. Un tronçon 9-10 m a été ajouté en juin 1970.

1.2 La section se trouve peu à l'aval d'un coude à 135° et a plus d'un kilomètre en amont d'un coude à 45°. Il semble d'après la carte au 1/200 000 qu'en hautes eaux les zônes de débordements soient importantes sur les deux rives.

Aucun affluent important du TINKISSO ne s'y jette a proximité et à l'aval de la station. La pente de la rivière semble très faible : de l'ordre de 7 cm au km.

## 2 HAUTEURS LIMNIMETRIQUES

Quelques corrections ont été apportées aux hauteurs à la suite d'examens des limnigrammes, bien que n'ayant eu en mains aucun document original.

Quelques complètements de hauteurs moyennes journalières ont été effectués pour des journées non observées ou oubliées dans les recopies.

2.1 Du 1er juin 1955 (première observation disponible) au 31 décembre 1965 exploitation de l'échelle par la MEAN, lectures (deux fois par jour) semblant de bonne qualité et à peu près complètes (sauf 1965). Les lectures de janvier 1959 sont manifestement fausses.

2.2 Les lectures reprennent le 26 juin 1970 exploitation de l'échelle par le SHG, et nous les avons jusqu'au 31 novembre 1980. Lectures (2 fois par jour) de bonne qualité et à peu près complètes.

2.3 Sur une vingtaine d'années de relevés nous notons (hauteurs moyennes journalières)

Hauteur minimale 7 cm le 11 mai 1974
Hauteur maximale 893 cm le 22 septembre 1957.

## 3 JAUGEAGES TARAGE

3.1 Il n'y a eu que 17 jaugeages effectués.

Hauteur minimale jaugée 31 cm débit 0,860 $m^3/s$ minimal jaugé
Hauteur maximale jaugée 801 cm débit 302 $m^3/s$ maximal jaugé.

Nous en donnons une liste chronologique et une liste rangée en hauteurs croissantes.

Ces jaugeages sont suffisamment bien répartis en hauteur, mais mal répartis dans le temps : le dernier date de 1961, il n'y en a aucun depuis la reprise des observations en 1970.

3.2 Une courbe unique de tarage est facile à tracer (figure ) conduisant à une dispersion acceptable des jaugeages : de 4,6 % en valeur absolue relative pour la moyenne de 15 jaugeages (celui du 1er juin 1955 et celui du 22 décembre 1959 n'étant pas pris en compte ; cf. listes de jaugeages).

L'examen des écarts relatifs des débits jaugés par rapport aux débits déduits de la courbe de tarage ne montre pas de détarage au moins jusqu'en 1961 (liste chronologique). L'examen de ces écarts relatifs en fonction des mouvements du plan d'eau (liste des jaugeages rangés) ne met pas en évidence sur le débit jaugé une influence de la variation locale de pente due à la crue ou à la décrue : il est vrai que tous ces jaugeages ont été effectués avec de faibles mouvements du plan d'eau.

Nous admettrons donc la biunivocité de la station, et sous toutes réserves, sa stabilité : les débits d'étiage et les modules de la période 1970-1978 sont très faibles par rapport à ceux de la période 1955-1965, mais les débits de crues restent du même ordre de grandeur. La crue de 1967 qui a du être forte à TINKISSO, a peut être un peu modifié le lit de la rivière et la partie inférieure de la courbe de tarage, mais nous n'avons rien pour retracer cette courbe.

3.3 La transformation des hauteurs en débits a été faite d'après une courbe en segments de paraboles définis par les points suivants :

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Segment 1 | h = 00 cm | 0 $m^3/s$ | . h = | 15 cm | 0,215 $m^3/s$ | . h = | 30 cm | 0,860 $m^3/s$ |
| 2 | 30 | 0,860 | | 40 | 1,78 | | 53 | 3,30 |
| 3 | 53 | 3,30 | | 61 | 4,50 | | 73 | 6,55 |
| 4 | 73 | 6,55 | | 90 | 10,0 | | 116 | 16,2 |
| 5 | 116 | 16,2 | | 148 | 25,0 | | 198 | 40,0 |
| 6 | 198 | 40,0 | | 262 | 60,0 | | 348 | 90,0 |
| 7 | 348 | 90,0 | | 4,75 | 140 | | 648 | 220 |
| 8 | 648 | 220 | | 774 | 288 | | 900 | 360 |

3.4 Cette courbe semble satisfaisante pour les observations de 1955 à 1965 et bien définie de h = 40 cm à h = 800 cm.

Pour h < 40 cm, Q < 1,8 $m^3/s$ la partie basse de la courbe représente une extrapolation importante, et le tarage des basses eaux est peut être instable.

Pour h > 800 cm, Q > 300 $m^3/s$ la partie haute de la courbe a été extrapolée sur un graphique Log-Log seulement, faute d'avoir un profil en travers de la section au droit de l'échelle permettant de calculer la vitesse moyenne en fonction de la hauteur et la vérification de l'extrapolation par la formule de Strickler-Manning.

3.5 Pour la période 1955-1965, le débit moyen journalier maximal serait de 356 $m^3/s$ (22 septembre 1957), et le minimal de 0,804 $m^3/s$ les 28 avril 1960, 3 mai 1962, 8 mai 1964.

Pour la période 1970-1978, le débit moyen journalier maximal serait de 345 $m^3/s$ (28 août 1971) et le minimal aurait été de 0,047 $m^3/s$ le 11 mai 1974 (d'après le tarage adopté).

## 4 DEBITS

4.1 Les débits moyens journaliers donnés en annexe ( ) ont été calculés d'après les hauteurs moyennes journalières : la plupart du temps nous ne possédons pas de copies des deux relevés journaliers.

L'amplitude, généralement faible, des variations de hauteur d'un jour à l'autre, et l'allure tendue de la courbe de tarage pour cette amplitude permettant de penser que les débits moyens journaliers sont calculés avec une précision très suffisante.

Les débits moyens journaliers d'après 1970 ont été calculés avec la même courbe de tarage que les débits moyens journaliers d'avant 1965. Nous ne savons pas ce qu'ils valent.

4.2 Nous donnons une liste de débits moyens mensuels et annuels (modules en années calendaires) d'après ces débits moyens journaliers. La restriction ci-dessus s'applique à ces débits moyens pour la période 1970-1978 (nettement sèche par rapport à la période 1955-1965). Notons cependant que le rapport des modules 1955-1965 aux modules 1970-1978 est de 32/24 à KOULIKORO contre 35/24 à TINKISSO : cette différence des rapports (de 9 %) n'est pas choquante, étant donné que le module de KOULIKORO est surtout formé par les affluents du sud (NIGER proprement dit jusqu'à FARANAH, NIANDAN, MILO, SANKARANI) dont l'irrégularité est moindre que celle du TINKISSO, nettement moins arrosée.

4.3 Nous donnons également une liste de débits moyens journaliers minimaux et maximaux par année calendaire, avec les dates auxquelles ces débits ont été calculés pour la première fois dans l'année. Il est probable que les débits minimaux de la période 1970-1978 soient faux, même pas approximatifs.

*STATION DE TINKISSO SUR LE TINKISSO*

**Débits moyens mensuels en $m^3/s$**

| | J | F | M | A | M | J | JL | A | S | O | N | D | Module |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1955 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | 32,70 | 86,3 | 269 | 289 | 322 | 138 | 53,5 | |
| 1956 | 31,1 | 17,9 | 9,25 | 4,78 | 3,31 | 10,20 | 43,2 | 208 | 324 | 293 | 98,1 | 41,2 | 90,3 |
| 1957 | 22,6 | 12,7 | 6,37 | 2,68 | 1,73 | 7,75 | 49,7 | 177 | 306 | 332 | 223 | 56,8 | 99,9 |
| 1958 | 30,9 | 16,9 | 8,29 | 4,70 | 4,66 | 10,4 | 41,8 | 197 | 313 | 239 | 97,2 | 51,4 | 84,6 |
| 1959 | (3) | 14,7 * | 7,71 | (2) | (1) | (2) | 122 | 302 | (2) | (2) | 63,8? | 31,1 ? | |
| 1960 | 16,8 | 8,88 | 4,26 | 1,68 | (1) | 10,0 | 65,1 | 213 | 308 | 275 | 105 | 39,0 | |
| 1961 | 21,2 | 12,0 | 5,86 | 2,46 | 1,31 | 5,06 | 51,8 | 197 | 312 | 220 | 71,7 | 30,9 | 77,6 |
| 1962 | 15,5 | 8,18 | 3,88 | 1,65 | 1,57 | 4,88 | 25,6 | 146 | 329 | (1) | 159 | 48,1 | |
| 1963 | 24,9 | 14,0 | (1) | 2,33 | 1,44 | 2,34 | 29,3 | 137 | 276 | 320 | 183 | 41,6 | |
| 1964 | 21,3 | 10,3 | 4,76 | 2,85 | 1,02 | 16,9 | 69,5 | 262 | 334 | 275 | 75,7 | (1) | |
| 1965 | 23,4 | 11,0 | (1) | (1) | (1) | (1) | 68,6 | (1) | 300 | 318 | (1) | 45,4 | |
| 1955-1965 Moyenne | 23,1 | 12,7 | 6,30 | 2,89 | 2,15 | 11,1 | 59,4 | 211 | 309 | 288 | 121 | 43,9 | 90,9 |
| Sur..mois | 9 | 10 | 8 | 8 | 7 | 9 | 11 | 10 | 10 | 9 | 10 | 10 | |
| 1970 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (2) | 24,3 | 170 | 301 | 175 | 44,1 | 19,3 | |
| 1971 | 8,90 | 4,27 | 1,70 | 0,92 | 1,46 | 2,01 | 58,5 | 257 | 318 | 191 | 46,7 | 21,0 | 76,0 |
| 1972 | 9,48 | 4,65 | 1,69 | 0,50 | 0,42 | 15,1 | 36,6 | 87,5 | 260 | 192 | 49,9 | 27,2 | 57,1 |
| 1973 | 11,2 | 5,08 | 1,87 | 0,56 | 2,56 | 10,2 | 24,4 | 130 | 199 | 168 | 43,0 | 16,2 | 51,0 |
| 1974 | 6,97 | 3,10 | 0,96 | 0,26 | 0,07 | 9,75 | 60,2 | 189 | 321 | 302 | 82,8 | 26,5 | 83,6 |
| 1975 | 11,5 | 5,49 | 2,14 | 0,51 | 0,50 | 4,15 | 38,7 | 105 | 268 | 303 | 91,9 | 31,9 | 71,9 |
| 1976 | 14,4 | 6,64 | 2,64 | 0,70 | 0,83 | 5,45 | 62,1 | 195 | 242 | 245 | 200 | 52,7 | 85,6 |
| 1977 | 26,1 | 12,5 | 5,36 | 1,87 | 0,86 | 3,92 | 20,0 | 63,0 | 131 | 110 * | 35,4 | 12,4 | 35,2 |
| 1978 | 4,80 | 1,96 | 0,64 | 0,17 | 0,48 | 2,63 | 17,9 | 82,4 | 153 | 140 | 52,2 | 17,6 | 39,5 |
| 1979 | 6,83 | 2,90 | 0,84 | 0,14 | 0,02 | 7,53 | 20,9 | 85,1 | 114 | 84,6 | 42,7 | 15,0 | 31,7 |
| 1980 | (1) | 1,75 | 0,38 | 0,02 | 0,23 | 1,94 | 20,2 | 140 | (1) | 93,1 | 41,7 | (1) | |
| Moyenne | 11,1 | 4,81 | 1,82 | 0,57 | 0,74 | 6,27 | 34,9 | 137 | 231 | 182 | 66,4 | 24,0 | 58,4 |
| Sur..mois | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 10 | 11 | 11 | 10 | |

<u>NOTAS</u> : (1) - Relevés manquants

(2) - Relevés trop incomplets

(3) - Relevés faux

(*) - Relevés complétés

(?) - Relevés douteux.

Attention à la période 1970-1978 surtout en basses eaux affectées par une modification inconnue du tarage. Les débits de hautes eaux et les modules annuels semblent beaucoup trop faibles depuis 1977.

# STATION DE KOULIKORO SUR LE NIGER AU MALI

Coordonnées 12° 51', 6 N 7° 33', 7 W Bassin de 120 000 km$^2$.

## ECHELLE SECTION

1.1 Une première échelle limnimétrique existait déjà en fin janvier 1907. Nous pensons qu'elle était, en rive gauche, sur un mur de quai du port, et qu'elle n'a pas été déplacée jusqu'en 1923.

1.2 Deuxième échelle : à l'étiage de 1923, l'échelle précédente est déplacée, sans changement de la cote du zéro et mise au warf de la grue, probablement en trois tronçons, pratiquement dans la même section qu'avant. Cote du zéro 308,16 m système inconnu.

1.3 Troisième échelle : en fonte de MARKALA, est posée en mars 1949, deux tronçons 1,06-2,06 m et 2,06-8,06 m sur la pile sud du portique de la grue, et un troisième tronçon 8,06-8,56 m contre le mur d'un magasin du port. Les hauteurs inférieures à 1,06 m étaient lues à l'aide d'une "*reglette amovible*".

1.4 Quatrième échelle, actuelle : l'échelle précédente est déplacée en juin 1952. Un tronçon de 1,06-7,06 m est posé dans le redan, en face de l'escalier de descente de la darse principale, un deuxième tronçon 7,06-8,06 est scellé sur un mur d'un magasin du port, le troisième tronçon étant, sans changement de place, celui de la troisième échelle. Cote du zéro 290,08 m IGN (292,62 m jarre).

L'élément 0,06-1,06 m n'était pas encore posé avant la crue de 1954, et nous ne savons pas s'il a été mis en place et quand.

Les hauteurs inférieures à 1,06 m (ou 0,06 m ? actuellement) sont lue sur une échelle provisoire plongée dans la darse principale à la décrue.

L'échelle actuelle se trouve en aval des deuxième et troisième échelles : un peu plus de 100 m probablement. Etant donné la faible pente du fleuve, on peut admettre que toutes les échelles sont restées dans la même section : l'erreur systématique sera inférieure à la précision des lectures en cm.

1.5 Cet historique est assez aléatoire : il n'y a jamais eu de lectures simultanées à deux échelles, et une note accompagnant les lectures d'échelle d'août 1948 spécifie d'une part "*correction 17-06 cm*" d'autre part "*lectures faites à l'échelle de la grande darse dont les cotes correspondent à celles de la pile sud du portique de la grue*".

Une lettre du 14 décembre 1948 spécifie "*bord supérieur de l'échelle à 7,66 m*" or de 1923 à 1948 plusieurs crues ont dépassé cette hauteur dont celle de 1925 : 8,25 m.

En 1967, il existait un élément en tôle émaillée, 7-8 m ?

1.6 Nous avons systématiquement comparé graphiquement les hauteurs lues à BAMAKO ville (et inférieures à 2 m) et les hauteurs lues à KOULIKORO le lendemain (et inférieures à 2,5 m) pour toutes les décrues et débuts de crues de 1940-1941 à 1977-1978. La correspondance est assez variable, quelque fois très mauvaise, souvent très bonne. Il se produit à certaines décrues des "*décrochements*" correspondant à une dizaine de centimètres sur l'échelle de KOULIKORO.

1.7 Le NIGER est large à KOULIKORO : 1 200 m de lit mineur aux hautes eaux, encombré en son milieu d'un gros banc (sommet à 2,5 m échelle) laissant aux basses eaux deux chenaux, dont le plus profond est en rive gauche le long des quais.

Nous avons un profil en travers d'avril 1923 au droit de l'échelle du warf de la grue : en rive gauche terre plein, remblayé, de manutention à 8,4 m échelle, en rive droite bourrelet de berge à 7,4 m échelle.

Aucun affluent notable du NIGER ne s'y jette à proximité et en aval de la station.

## 2 HAUTEURS LIMNIMETRIQUES

Quelques corrections ont été apportées à des hauteurs moyennes journalières isolées à la suite d'examens des limnigrammes bien que n'ayant eu en mains aucun document original.

Quelques complètements de hauteurs moyennes journalières ont été effectués pour des jours non observés ou oubliés dans les recopies.

### 2.1 Corrections importantes.

Mars 1973 du 17 au 31 d'après KENIEROBA et jaugeage du 27 mars.

### 2.2 Complètements importants.

Février, mars et avril 1907 d'après graphique peu sûr. Janvier entièrement inventé en décrue. Ces quatre mois ont une allure très analogue à celles des décrues des années suivantes :

Août 1944 complété du 20 au 31 d'après BAMAKO
Mai 1962 complété du 15 au 31 d'après BAMAKO
du 19 décembre 1966 au 16 mars 1967 complété d'après BAMAKO et KENIEROBA.

2.3 Nous avons ainsi une collection complète de hauteurs moyennes journalières du 1 janvier 1907 au 31 décembre 1979 qui sont dans l'ensemble de très bonne qualité.

La hauteur minimale observée a été de -15 cm le 3 mai 1973 (-10 cm le 23 avril 1917, -5 cm le 1er mai 1945) et la hauteur maximale de 825 cm le 5 octobre 1925 (813 cm le 5 octobre 1924, 810 cm le 12 octobre 1967).

## 3 JAUGEAGES TARAGE

3.1 Nous avons les résultats de 72 jaugeages effectués à KOULIKORO depuis 1907 : ils sont très mal répartis dans le temps. On peut utiliser les 32 jaugeages effectués à SOTUBA (55 km en amont de KOULIKORO, bassin intermédiaire de 3 000 km$^2$ très peu actif) sans leur apporter de correction de débit, en les rapportant à la hauteur moyenne journalière donnée par l'observateur de KOULIKORO le lendemain du jour effectif du jaugeage.

Hauteur minimale jaugée 9 cm débit 26,2 m$^3$/s minimal jaugé
Hauteur maximale jaugée 810 cm débit 9160 m$^3$/s maximal jaugé.

Nous en donnons une liste chronologique et une liste rangée en hauteurs croissantes : dans cette dernière nous avons éliminés 18 jaugeages (dont 11 à SOTUBA) pour des matifs explicités dans la première liste.

Comme il semble qu'il n'y ait pas de changement de tarage sensible, ces 86 jaugeages conservés sont très bien répartis en hauteur.

3.2 Il est très facile de tracer une courbe de tarage unique parmis tous les points représentatifs de ces jaugeages (figure ).

Mais quand on examine les sens des points de jaugeage, pour h > 100 cm ou Q > 200 m$^3$/s, par rapport à la courbe en fonction des mouvements du plan d'eau par rapport à l'échelle (liste des jaugeages rangés) on s'apperçoit qu'il faudrait tenir compte du gradient limnimétrique. Nous ne fournissons pas le graphique correspondant. Sans utiliser le profil en travers, méthode longue mais plus précise, la méthode simplifiée (déjà utilisée pour SELINGUE) conduit à une correction très faible étant donné les gradients limnimétriques à KOULIKORO :

Débit jaugé corrigé = Débit jaugé divisé par
(1 + 0,0008 fois le gradient limnimétrique exprimé en cm/jour)

Nous ne tiendrons pas compte de cette correction qui diminuerait très légèrement la moyenne des écarts relatifs absolus qui est déjà très satisfaisante. Pour les 29 jaugeages de basses eaux, h < 100 cm, cette moyenne est de 4,7 % et pour les 57 jaugeages de moyennes et hautes eaux, h > 100 cm, elle n'est que de 2,9 % !

3.3 Nous admettrons donc l'univocité de la station et la stabilité du tarage, bien qu'il ne soit pas impossible qu'il se produire de petits détarages en très basses eaux.

3.4 La transformation des hauteurs en débits a été faite d'après une courbe en segments de paraboles définis par les points suivants :

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Segment 1 | h = -20 cm | 12,3 $m^3/s$ | . | h = +02 cm | 21,5 $m^3/s$ | . | h = 13 cm | 30,5 $m^3/s$ |
| 2 | 13 | 30,5 | | 25 | 43,7 | | 37 | 60,0 |
| 3 | 37 | 60,0 | | 53 | 85,7 | | 73 | 125 |
| 4 | 73 | 125 | | 100 | 204 | | 124 | 300 |
| 5 | 124 | 300 | | 157 | 464 | | 201 | 720 |
| 6 | 201 | 720 | | 246 | 1040 | | 300 | 1500 |
| 7 | 300 | 1500 | | 372 | 2250 | | 509 | 4000 |
| 8 | 509 | 4000 | | 660 | 6400 | | 840 | 10000 |

Nous n'utiliserons pas de terme correctif fonction du gradient limnimétrique.

3.5 Ce tarage semble bien défini de h = 10 cm à h = 810 cm.

Pour h < 10 cm ou Q < 27 $m^3/s$ la partie basse de la courbe n'est définie par aucun jaugeage et l'extrapolation est hasardeuse jusqu'à h = -15 cm Q = 13,4 $m^3/s$ sans parler de petits détarages possible.

Pour h > 810 cm ou Q > 9 340 $m^3/s$ l'extrapolation est négligeable. Nous avons vérifié la courbe de tarage en utilisant le profil en travers de 1923 qui permet le calcul de la section mouillée, de la vitesse moyenne $\mu$ et du rayon hydraulique R : le coefficient $K\sqrt{I}$ de la formule de Strickler Manning :

$\mu = K\sqrt{I} \quad R^{2/3}$ est constant et égal à 0,300 pour h > 5 m.

3.6 Le débit moyen journalier maximal calculé est de 9 670 $m^3/s$ le 5 octobre 1925 et le débit moyen journalier minimal calculé est de 13,4 $m^3/s$ le 3 mai 1973.

## 4 DEBITS

4.1 Les débits moyens journaliers donnés en annexe ( ) ont été calculés d'après une seule hauteur journalière. Ils nous semblent connus avec une très bonne précision (dans la mesure où les hauteurs sont bien lues) étant donné la faible ampleur des variations de hauteur d'un jour à l'autre.

4.2 Nous donnons une liste de débits moyens mensuels et annuels (modules en années calendaires) d'après ces débits moyens journaliers. Leur précision peut être tenue pour excellente, sauf pour quelques mois de très basses eaux.

4.3 Nous donnons également une liste de débits moyens journaliers minimaux et maximaux par année calendaire, avec les dates auxquelles ces débits ont été calculés pour la première fois dans l'année.

4.4 Nous donnons aussi une liste des volumes écoulés (et des modules correspondants) corrigés des variations de stockages. Cette correction a été faite d'une façon très simple :

D'une part, en partant du débit moyen journalier du 1er janvier et en cherchant le jour de même débit et de même variation journalière de débit environ un an après. Le volume écoulé a été calculé du 1er janvier à la veille de ce jour là.

D'autre part, en partant du débit moyen journalier du 31 décembre et en cherchant le jour de même débit et de même variation journalière de débit environ un an avant. Le volume écoulé a été calculé du lendemain de ce jour ci au 31 décembre.

*STATION DE KOULIKORO SUR LE NIGER*

**Débits moyens mensuels en $m^3/s$.**

| | J | F | M | A | M | J | JL | A | S | O | N | D | Module |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1907 | 326 | 143 | 76,5 | 46,6 | 53,5 | 264 | 823 | 1889 | 3744 | 3074 | 1984 | 920 | 1112 |
| 1908 | 336 | 152 | 70,4 | 38,4 | 35,6 | 195 | 661 | 2296 | 4091 | 4033 | 1669 | 789 | 1197 |
| 1909 | 300 | 155 | 87,3 | 59,7 | 177 | 896 | 1914 | 4855 | 6235 | 4498 | 2681 | 1136 | 1916 |
| 1910 | 502 | 182 | 82,4 | 53,6 | 48,9 | 184 | 848 | 3022 | 4477 | 3659 | 1439 | 562 | 1255 |
| 1911 | 236 | 85,3 | 49,7 | 34,1 | 53,6 | 293 | 1202 | 4068 | 6215 | 4087 | 1756 | 779 | 1572 |
| 1912 | 349 | 156 | 80,5 | 40,6 | 29,4 | 82,1 | 937 | 2297 | 4529 | 4631 | 1682 | 668 | 1290 |
| 1913 | 352 | 146 | 50,9 | 26,2 | 28,9 | 126 | 650 | 1293 | 3070 | 2305 | 1393 | 502 | 829 |
| 1914 | 193 | 59,2 | 44,2 | 46,8 | 84,7 | 274 | 592 | 1218 | 3629 | 3153 | 1173 | 577 | 920 |
| 1915 | 189 | 65,5 | 32,6 | 30,2 | 102 | 605 | 1599 | 2872 | 4799 | 3724 | 1490 | 648 | 1346 |
| 1916 | 330 | 158 | 66,2 | 39,9 | 46,9 | 139 | 1431 | 3332 | 5046 | 4123 | 1251 | 472 | 1370 |
| 1917 | 224 | 112 | 72,3 | 23,5 | 44,7 | 236 | 780 | 3565 | 5870 | 3717 | 1513 | 960 | 1426 |
| 1918 | 451 | 221 | 114 | 118 | 165 | 903 | 1691 | 3966 | 4558 | 4118 | 1844 | 855 | 1584 |
| 1919 | 383 | 183 | 114 | 49,0 | 58,9 | 589 | 1617 | 3218 | 4684 | 3738 | 1444 | 627 | 1392 |
| 1920 | 279 | 117 | 63,7 | 48,3 | 69,4 | 373 | 1526 | 2622 | 4360 | 3142 | 1476 | 619 | 1225 |
| 1921 | 252 | 112 | 71,4 | 44,9 | 44,5 | 102 | 704 | 2369 | 3993 | 2829 | 1241 | 575 | 1028 |
| 1922 | 211 | 99,8 | 47,7 | 33,7 | 90,7 | 209 | 612 | 2274 | 4463 | 5652 | 2388 | 1123 | 1434 |
| 1923 | 456 | 178 | 84,1 | 131 | 92,6 | 316 | 1383 | 2985 | 4975 | 4215 | 2429 | 1013 | 1521 |
| 1924 | 458 | 245 | 109 | 45,4 | 38,2 | 227 | 1874 | 5028 | 7258 | 6984 | 2590 | 1075 | 2161 |
| 1925 | 534 | 258 | 127 | 68,8 | 84,5 | 463 | 1602 | 4073 | 6769 | 8433 | 3869 | 1369 | 2304 |
| 1926 | 666 | 344 | 144 | 74,7 | 60,7 | 555 | 2182 | 3756 | 5869 | 4000 | 1801 | 941 | 1699 |
| 1927 | 442 | 185 | 79,7 | 44,5 | 90,6 | 281 | 1576 | 3184 | 5600 | 6185 | 4041 | 1339 | 1921 |
| 1928 | 607 | 273 | 114 | 60,7 | 124 | 397 | 1296 | 5035 | 7587 | 5975 | 2927 | 1136 | 2128 |
| 1929 | 598 | 253 | 155 | 101 | 114 | 783 | 2332 | 4192 | 6186 | 6297 | 2519 | 1028 | 2047 |
| 1930 | 513 | 279 | 145 | 80,9 | 84,9 | 929 | 1817 | 4605 | 6071 | 5820 | 2631 | 1019 | 2000 |
| 1931 | 545 | 258 | 121 | 109 | 315 | 945 | 1708 | 3917 | 5530 | 4678 | 1688 | 888 | 1725 |
| 1932 | 540 | 258 | 129 | 112 | 158 | 558 | 1769 | 3214 | 6511 | 4720 | 2176 | 976 | 1760 |
| 1933 | 471 | 217 | 135 | 83,4 | 89,1 | 495 | 2019 | 3916 | 6140 | 3470 | 1493 | 893 | 1618 |
| 1934 | 418 | 192 | 96,4 | 61,9 | 53,3 | 138 | 960 | 3590 | 4995 | 4125 | 2049 | 805 | 1457 |
| 1935 | 366 | 187 | 76,3 | 56,5 | 41,6 | 96,9 | 1138 | 3974 | 5149 | 4101 | 1489 | 626 | 1442 |
| 1936 | 268 | 122 | 75,6 | 45,8 | 363 | 709 | 1393 | 2985 | 5455 | 5732 | 2093 | 1014 | 1688 |
| 1937 | 429 | 197 | 107 | 89,0 | 93,8 | 205 | 873 | 2294 | 4712 | 3968 | 1830 | 671 | 1289 |
| 1938 | 292 | 126 | 82,1 | 59,2 | 56,1 | 183 | 767 | 3069 | 5251 | 4734 | 2158 | 736 | 1459 |
| 1939 | 315 | 134 | 67,4 | 41,9 | 72,8 | 261 | 684 | 2247 | 4540 | 4854 | 2017 | 856 | 1341 |
| 1940 | 374 | 157 | 82,4 | 47,4 | 48,7 | 180 | 923 | 2646 | 3457 | 3594 | 1867 | 672 | 1171 |
| 1941 | 299 | 139 | 60,3 | 34,2 | 43,0 | 218 | 961 | 2400 | 5313 | 3058 | 1499 | 724 | 1229 |
| 1942 | 326 | 148 | 65,4 | 47,9 | 118 | 291 | 764 | 2231 | 4039 | 2149 | 1228 | 610 | 1001 |
| 1943 | 234 | 104 | 50,2 | 46,1 | 72,3 | 163 | 683 | 2145 | 4687 | 3927 | 1490 | 549 | 1179 |
| 1944 | 246 | 101 | 46,1 | 30,6 | 51,5 | 108 | 480 | 1836 | 4376 | 2797 | 1346 | 539 | 996 |
| 1945 | 199 | 90,2 | 41,8 | 22,9 | 35,7 | 114 | 440 | 2738 | 4519 | 4196 | 1634 | 605 | 1220 |
| 1946 | 218 | 98,4 | 43,0 | 43,5 | 77,5 | 288 | 971 | 2979 | 4750 | 5197 | 2440 | 872 | 1498 |
| **73 ans moyenne** | 392 | 186 | 95,9 | 64,1 | 92,3 | 342 | 1198 | 3122 | 5163 | 4484 | 2079 | 856 | 1506 |
| **en %** | 2,17 | 1,03 | 0,53 | 0,35 | 0,51 | 1,89 | 6,68 | 17,28 | 28,56 | 24,81 | 11,50 | 4,74 | 100 |

*STATION DE KOULIKORO SUR LE NIGER*
**(suite)**
**Débits moyens mensuels en $m^3/s$.**

| | J | F | M | A | M | J | JL | A | S | O | N | D | Module |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1947 | 374 | 152 | 63,5 | 26,4 | 32,2 | 166 | 920 | 2571 | 4935 | 4290 | 1245 | 491 | 1272 |
| 1948 | 182 | 83,3 | 49,8 | 33,9 | 53,6 | 329 | 1654 | 3826 | 6061 | 4470 | 2078 | 774 | 1633 |
| 1949 | 368 | 190 | 103 | 93,8 | 80,5 | 117 | 627 | 3296 | 6236 | 3435 | 1444 | 670 | 1388 |
| 1950 | 289 | 142 | 74,2 | 45,8 | 66,6 | 125 | 743 | 2498 | 5133 | 5497 | 2372 | 785 | 1481 |
| 1951 | 377 | 203 | 132 | 84,2 | 210 | 555 | 1586 | 3692 | 5298 | 5356 | 5384 | 1813 | 2058 |
| 1952 | 769 | 424 | 208 | 112 | 95,8 | 185 | 1219 | 3174 | 5075 | 5465 | 2299 | 923 | 1662 |
| 1953 | 518 | 239 | 140 | 80,5 | 93,1 | 569 | 2167 | 4380 | 6522 | 5102 | 2357 | 1085 | 1938 |
| 1954 | 621 | 325 | 189 | 181 | 205 | 656 | 1944 | 4211 | 6091 | 5082 | 3230 | 1678 | 2034 |
| 1955 | 778 | 437 | 287 | 202 | 217 | 687 | 2037 | 4012 | 6016 | 5884 | 2734 | 1250 | 2045 |
| 1956 | 676 | 379 | 235 | 167 | 119 | 193 | 997 | 2253 | 4746 | 4503 | 1736 | 788 | 1399 |
| 1957 | 398 | 185 | 103 | 58,0 | 71,6 | 326 | 1345 | 3790 | 6364 | 6803 | 3531 | 1268 | 2020 |
| 1958 | 642 | 380 | 161 | 136 | 269 | 839 | 1494 | 2209 | 4451 | 4376 | 2232 | 1399 | 1549 |
| 1959 | 624 | 334 | 169 | 83,3 | 98,4 | 323 | 1411 | 3001 | 5681 | 4448 | 1862 | 784 | 1568 |
| 1960 | 374 | 181 | 87,5 | 62,0 | 84,7 | 304 | 1431 | 3761 | 5910 | 4880 | 2232 | 869 | 1681 |
| 1961 | 378 | 172 | 81,5 | 38,5 | 73,5 | 96,8 | 978 | 2983 | 5380 | 3328 | 1313 | 502 | 1277 |
| 1962 | 209 | 93,6 | 45,2 | 35,1 | 112 | 211 | 1129 | 3320 | 7062 | 6021 | 2805 | 1204 | 1854 |
| 1963 | 509 | 270 | 174 | 70,3 | 130 | 136 | 667 | 2469 | 4835 | 5909 | 2799 | 892 | 1572 |
| 1964 | 371 | 167 | 75,0 | 46,1 | 45,8 | 418 | 1226 | 3712 | 5408 | 5086 | 1832 | 964 | 1613 |
| 1965 | 521 | 252 | 138 | 94,5 | 86,9 | 340 | 1832 | 2752 | 4781 | 4578 | 1935 | 704 | 1501 |
| 1966 | 297 | 169 | 99,0 | 81,6 | 76,2 | 192 | 610 | 2792 | 4604 | 5053 | 2453 | 892 | 1443 |
| 1967 | 398 | 188 | 110 | 58,4 | 105 | 141 | 950 | 3338 | 5981 | 8007 | 3037 | 1095 | 1951 |
| 1968 | 542 | 288 | 162 | 104 | 115 | 737 | 1166 | 3338 | 4461 | 3874 | 1829 | 918 | 1461 |
| 1969 | 426 | 194 | 114 | 84,8 | 62,2 | 300 | 1850 | 3736 | 6920 | 5758 | 4370 | 1269 | 2090 |
| 1970 | 603 | 277 | 138 | 95,3 | 81,5 | 180 | 533 | 2486 | 5237 | 2938 | 1206 | 631 | 1200 |
| 1971 | 241 | 109 | 59,6 | 38,4 | 54,2 | 108 | 738 | 3448 | 5483 | 3607 | 1155 | 664 | 1309 |
| 1972 | 265 | 116 | 54,5 | 43,6 | 169 | 675 | 1321 | 2433 | 3696 | 2754 | 1388 | 647 | 1130 |
| 1973 | 269 | 115 | 45,3 | 19,8 | 18,3 | 146 | 362 | 2751 | 3656 | 2233 | 1240 | 419 | 940 |
| 1974 | 180 | 72,0 | 33,8 | 27,3 | 26,8 | 71,8 | 1016 | 3345 | 5612 | 4618 | 1553 | 548 | 1425 |
| 1975 | 223 | 98,9 | 41,8 | 35,0 | 93,3 | 229 | 1187 | 3209 | 5593 | 5244 | 1793 | 731 | 1540 |
| 1976 | 332 | 138 | 54,0 | 30,6 | 64,2 | 271 | 808 | 2537 | 3422 | 4647 | 3947 | 1262 | 1459 |
| 1977 | 597 | 272 | 109 | 43,6 | 39,3 | 170 | 605 | 1570 | 3298 | 2645 | 1048 | 388 | 899 |
| 1978 | 160 | 79,0 | 41,2 | 46,4 | 112 | 444 | 1152 | 2524 | 4231 | 4243 | 1898 | 722 | 1304 |
| 1979 | 349 | 158 | 60,5 | 41,0 | 60,5 | 361 | 1530 | 4276 | 5204 | 3453 | 1697 | 702 | 1491 |
| 73 ans moyenne | 392 | 186 | 95,9 | 64,1 | 92,3 | 342 | 1198 | 3122 | 5163 | 4484 | 2079 | 856 | 1506 |
| en % | 2,17 | 1,03 | 0,53 | 0,35 | 0,51 | 1,89 | 6,68 | 17,28 | 28,56 | 24,81 | 11,50 | 4,74 | 100 |

# STATION DE FARANAH SUR LE NIGER, EN GUINEE

Coordonnées 10° 02', 2 N 10° 45', 3 W Bassin de 3 160 km$^2$.

## 1 ECHELLE - SECTION

1.1 L'échelle a été mise en place pendant l'étiage 1955, par la MEAN, en 4 tronçons 0-2 m, 2-4 m, 4-5 m et 5-6 m. Zéro à 417,19 m IGN.

A la suite de dénoyages (1956 et 1957) un tronçon est ajouté en 1958 (élément gradué 7-8 m) à lire en négatif, la graduation 770 correspondant au zéro de l'échelle 1955.

A la suite de submersion deux tronçons sont ajoutés en 1970 : 6-7 m et 7-8 m.

1.2 A l'étiage 1971 tous les éléments sont décalés, sur place, de 1 m pour éviter les lectures négatives : la graduation 2 m de la nouvelle échelle correspond à la graduation 1 m de l'ancienne (418,19 m IGN). Elle se compose de 7 tronçons : 0-1 m (dont la graduation 70 correspondant à la graduation 100 de l'élément suivant) 1-3 m, 3-5 m, 5-6 m, 6-7 m, 7-8 m et 8-9 m.

1.3 L'échelle se trouve en rive droite, juste à l'amont d'un ancien gué routier aménagé, à environ 300 m en amont du pont routier, lui-même juste en amont d'un coude à 90°. Le cours est à peu près rectiligne entre ce coude et un coude à 45°, à un kilomètre en amont.

Il n'y a pas de zône de débordement en rive gauche, mais une zône d'inondation étendue en rive droite, assez encombrée de végétation, se mettant en eau à partir de 6 m (échelle 1971), mais fermée en aval par la digue routière qui ne comporte aucune ouverture.

Aucun affluent important du NIGER ne s'y jette à l'aval et à proximité de la section.

## 2 HAUTEURS LIMNIMETRIQUES

Quelques corrections ont été apportées aux hauteurs à la suite d'examens des limnigrammes, bien que n'ayant eu en mains aucun document original. Entre autres, nous avons admis que du 4 février du 22 mai 1968, il y avait eu une erreur d'interprétation des lectures sur l'élément 7 - 8 m et avons ajouté 30 cm aux hauteurs de cette période.

Quelques complètements de hauteurs ont été effectuées pour des journées non observées ou oubliées dans les recopies.

2.1 Du 4 juin 1955 (première observation) au 22 août 1962 (arrêt) exploitation de l'échelle par la MEAN, lectures (en principe deux fois par jour) de bonne qualité mais interruptions nombreuses : les maximums n'ont pas été observés en 1955 et en 1962 de même que les minimums en 1955 - 1956 - 1957 - 1958 et en 1960.

2.2 Reprise de l'exploitation par le SHG à partir du 1er décembre 1965 jusqu'au 21 octobre 1970, sur l'échelle 1955. Interruptions nombreuses. Les observations sont manifestement inutilisables du 1er décembre 1965 au 31 janvier 1967 (sauf peut être janvier et février 1966), en novembre et décembre 1967, d'août 1969 à janvier 1970.

2.3 Depuis le 1er août 1971, lectures sur l'échelle 1971, nous les avons jusqu'au 31 décembre 1978. Interruptions nombreuses. Les observations sont manifestement inutilisables du 1er février 1976 au 30 septembre 1977 (sauf peut être décembre 1976 et janvier-février 1977).

2.4 Sur les relevés utilisables, nous notons :

(Hauteurs moyennes journalières dans le système d'échelle 1971) ;
Hauteur minimale 56 cm le 13 avril 1962 ;
Hauteur maximale 713 cm le 04 octobre 1967.

# 3 JAUGEAGES - TARAGE

3.1 Il n'y a eu que 18 jaugeages effectués :

Hauteur minimale jaugée -18 cm (ech. 1955) débit 3,20 $m^3/s$ minimal jaugé,
hauteur maximale jaugée 335 cm (ech. 1955) débit 169 $m^3/s$ maximal jaugé.

Nous en donnons une liste chronologique et une liste rangée en hauteurs croissantes.

Ces jaugeages ne sont pas bien répartis en hauteurs et encore plus mal répartis dans le temps : deux depuis 1962.

3.2 Une courbe unique de tarage est facile à tracer (figure conduisant à une faible dispersion des jaugeages : de 3,5 % en valeur absolue relative pour la moyenne des 18 jaugeages (cf. listes de jaugeages).

L'examen des écarts relatifs des débits jaugés par rapport aux débits déduits de la courbe de tarage ne montre pas de détarage au moins jusqu'en 1967 (liste chronologique). L'examen de ces écarts relatifs en fonction des mouvements du plan d'eau (liste des jaugeages rangés) ne met pas en évidence sur le débit jaugé une influence de la variation locale de pente due à la crue ou à la décrue.

Nous admettrons donc la stabilité et la biunivocité de la station (même après 1967, et en tenant compte du changement d'échelles de 1971).

3.3 La transformation des hauteurs en débits a été faite d'après une courbe en segments de paraboles définis par les points suivants :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Segment 1 | h = -50 cm | 0,500 $m^3/s$ . | h = -44 cm | 0,780 $m^3/s$ . | h = -37 cm | 1,20 $m^3/s$ |
| 2 | -37 | 1,20 | -27 | 2,05 | -18 | 3,20 |
| 3 | -18 | 3,20 | -12 | 4,20 | -07 | 5,20 |
| 4 | -07 | 5,20 | +03 | 7,50 | +18 | 12,00 |
| 5 | +18 | 12,00 | 35 | 18,80 | 60 | 30,50 |
| 6 | 60 | 30,50 | 90 | 44,70 | 139 | 68,00 |
| 7 | 139 | 68,00 | 225 | 111 | 335 | 169 |
| 8 | 335 | 169 | 466 | 244 | 650 | 360 |

pour les observations faites de 1955 à 1970. Pour les observations faites depuis 1971, le tarage a été déduit du précédent en lui ajoutant un mètre.

3.4 Le tarage tracé semble bien défini de h = -20 cm à h = 340 cm.

Pour h < -20 cm Q < 3 $m^3/s$ (ou < 80 cm à partir de 1971) la partie basse de la courbe représente une extrapolation importante, tracée au hasard. De plus le tarage des basses eaux est peut être instable.

Pour h > 340 cm Q > 170 $m^3/s$ (ou h > 440 cm à partir de 1971) la partie haute de la courbe a été extrapolée, largement, sur graphique Log-Log uniquement faute d'avoir un profil en travers de la section au droit de l'échelle permettant de calculer la vitesse moyenne en fonction de la hauteur et la vérification de l'extrapolation par la formule de Strickler-manning.

3.5 La hauteur maximale observée (1.2.4) correspondrait à un débit de 336 $m^3/s$ et la hauteur minimale observée à un débit de 0,680 $m^3/s$.

# 4 DEBITS

4.1 Les débits moyens journaliers donnés en annexe ( ) ont été calculés d'après les hauteurs moyennes journalières : la plupart du temps nous ne possédons pas de copies des deux relevés journaliers. Malgré l'amplitude des variations de hauteur d'un jour à l'autre, mais comme la courbe de tarage a une allure très tendue pour cette amplitude, nous pensons que ces débits moyens journaliers sont déterminés avec une précision acceptable.

4.2 Nous donnons une liste de débits moyens mensuels et annuels (modules en années calendaires) d'après ces débits moyens journaliers. Pour certains mois où peu de hauteurs moyennes journalières manquaient nous avons complété les débits moyens journaliers par interpolations simples. Nous avons supprimé les mois d'observations manifestement fausses.

*STATION DE FARANAH SUR LE NIGER*

**Débits moyens mensuels en $m^3/s$**

| | J | F | M | A | M | J | JL | A | S | O | N | D | MODULE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1955 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | 81,7* | 126 | 139 | (2) | 250 * | 161 | 73,4 | |
| 1956 | 35,1 | 23,2 | 13,8 | 8,54* | 7,51* | 52,9 | 90,7 | 83,0 | 111 | 108 | 57,5 | 32,7 | 52,0 |
| 1957 | 14,2 | (2) | (1) | (1) | (2) | 32,7 | 98,0 | 147 | 255 | 267 | 179 | 64,7 | |
| 1958 | 34,1 | 15,6 | 5,87 | (2) | (2) | 59,0 | 51,9 | 50,7 | 195 | 200 | 160 | 76,8 | |
| 1959 | 34,2 | 16,6 | 8,48 | 2,52 | 7,74 | 41,7 | 128 | (1) | 133 | 145 | 117 | 45,3 | |
| 1960 | 20,4 | 8,51 | (2) | (2) | (1) | 41,6 | 77,7 | 149 | 166 | 206 | 107 | 41,9 | |
| 1961 | 17,3 | 7,32 | 2,68 | 1,42 | 4,11 | 17,0 | 153 | 146 | 171 | (1) | (1) | (1) | |
| 1962 | (2) | 4,48 | 1,72 | 2,07 | 7,64 | 33,6 | 102 | (2) | (1) | (1) | (1) | (1) | |
| 1965 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (3) | |
| 1966 | 23,8? | 9,76? | (1) | (3) | (1) | (1) | (1) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | |
| 1967 | (3) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | 101 | 198 | 259 | (3) | (3) | |
| 1968 | 25,0 | 12,9 | 6,95 | 2,83 | 13,5 | 68,1 | 96,2 | 214 | 262 | (1) | (1) | 49,4 | |
| 1969 | 26,3 | 11,3 | 6,51 | 4,77 | 3,37 | 43,4 | 112 | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | |
| 1970 | (3) | (1) | (1) | (1) | (1) | 9,04 | 64,8 | 85,1 | 222 | (2) | (1) | (1) | |
| 1971 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | 224 | 213 | 165 | 62,9 | 45,0 | |
| 1972 | 15,3 | 7,07 | (1) | (1) | (1) | 77,0* | 166 | 158 | 246 | 233 | 94,8 | 48,2 | |
| 1973 | 17,1 | 7,68 | 3,24 | 1,77 | 4,82 | (2) | 46,9 | (2) | (2) | 143 | 102 | 23,2 | |
| 1974 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (2) | 64,8 | 116 | 233 | 216 | 73,0 | (1) | |
| 1975 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | 25,3* | 83,6 | 121 | 217 | 224 | 78,9 | 31,1 | |
| 1976 | (1) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (1) | 53,4? | |
| 1977 | 30,5? | 12,4? | (1) | (1) | (1) | (3) | (3) | (3) | (3) | (1) | (1) | (1) | |
| 1978 | (1) | (1) | (2) | 3,01 | 4,94 | 33,7 | 90,2 | 164 | 261 | 168 | 83,2 | 17,7 | |
| 1979 | (3) | (3) | (3) | (3) | 2,13 | 24,2 | 136 | 199 | 198 | 169 | 95,3 | 34,2 | |
| 1980 | 13,7 | 6,09 | 2,43 | 0,90 | 2,84 | 21,8 | 51,5 | 146 | 182 | 110 | 117 | 49,7 | 58,7 |
| MOYENNES | 23,6 | 11,0 | 5,75 | 3,10 | 5,86 | 41,5 | 96,6 | 141 | 204 | 191 | 106 | 45,8 | 72,9 |
| SUR MOIS | 13 | 13 | 9 | 9 | 10 | 16 | 18 | 16 | 16 | 15 | 14 | 15 | |

NOTAS : (1) - Relevés manquants
(2) - Relevés trop incomplets
(3) - Relevés faux
(*) - Relevés complétés
(?) - Relevés peut être douteux
Les débits inférieurs à 3 $m^3/s$ proviennent d'une extrapolation difficile.
Les débits supérieurs à 170 $m^3/s$ proviennent d'une extrapolation largement poussée.

# STATION DE KEROUANE SUR LE MILO, EN GUINEE

Coordonnées 9° 16' N 9° 02 W Bassin 1 695 km².

Station de KEROUANE, sur le MILO, en GUINEE 9° 16' N 9° 02' W 1 695 km².

## 1 ECHELLE - SECTION

1.1 L'échelle a été mise en place en juin 1940, se composant de 4 tronçons 1-2 m, 2-3 m, 3-4 m et 4-6 m. Un cinquième tronçon 0-1 m a été implanté en mars 1971, au milieu de la rivière, à un cinquantaine de mètres en aval des autres tronçons qui se trouvent en rive droite sur l'accès au bac. Les tronçons seraient mal nivelés entre eux.

1.2 L'échelle se trouve à 100 m à l'aval d'un coude brusque à 90° du lit mineur. Il existe de petits courrelets de berge, et les débordements sur les deux rives commencent vers une hauteur de 4 m à l'échelle et s'étendent sur une centaine de mètres.

Aucun affluent important du MILO ne s'y jette à proximité et en aval de la station.

## 2 HAUTEURS LIMNIMETRIQUES

2.1 Elles existent, en hauteurs moyennes journalières, d'août 1970 à décembre 1973 et de mai 1978 à décembre 1980 (plus deux mois de 1974 manifestement faux). Ces deux séries sont incomplètes et de qualité souvent médiocre.

2.2 La hauteur minimale observée a été de 4 cm le 12 mars 1973 et la hauteur moyenne journalière maximale de 535 cm le 16 septembre 1972.

## 3 JAUGEAGES TARAGE

3.1 Quarante deux jaugeages ont été effectués entre 9 cm et 402 cm, entre 3,88 m³/s et 157 m³/s.

Nous en donnons une liste chronologique et une liste rangée en hauteurs croissantes. Ils ne sont pas bien répartis en hauteur : il n'y en a qu'un seul, en moyennes eaux, entre 1 et 2,4 m.

3.2 La courbe de tarage est facile à tracer au-dessus de 2,4 m jusqu'à 4,0 m. Quand on examine les sens des points de jaugeages par rapport à la courbe en fonction des mouvements du plan d'eau par rapport à l'échelle, il semble nécessaire de tenir compte du gradient limnimétrique pour avoir une meilleure définition de l'étalonnage. Faute d'avoir d'une part, un profil en travers au droit de l'échelle et d'autre part, des hauteurs lues en nombre suffisant par jour pour bien définir le gradient, nous utilisons une méthode simplifiée qui conduit à :

Débit jaugé corrigé = Débit jaugé divisé par (1 + 0,0018 fois le gradient lim imétrique exprimé en cm/jour).

Le tableau des jaugeages rangés montre que cette correction réduit très sensiblement la dispersion des points.

3.3 La transformation des hauteurs en débits a été faite d'après une courbe en segments de paraboles, correspondant au gradient limnimétrique nul, définis par les points suivants :

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Segment 1 | h = 00 cm | Q = 1,44 $m^3/s$ | .h = 21 cm | Q = 3,88 $m^3/s$ | .h = 50 cm | Q = 10,1 $m^3/s$ |
| 2 | 50 | 10,1 | 83 | 20,0 | 130 | 36,5 |
| 3 | 130 | 36,5 | 190 | 59,5 | 250 | 82,5 |
| 4 | 250 | 82,5 | 340 | 121 | 550 | 245. |

3.4 Ce tarage semble assez bien défini de h = 60 cm à h = 400 cm.

Pour h < 60 cm, Q < 15 $m^3/s$ la partie basse de la courbe correspond à des jaugeages très dispersés : soit que ces jaugeages présente des erreurs de mesures ou de dépouillements, soit que l'étalonnage présente une certaine instabilité aux basses eaux.

Pour h > 400 cm, Q > 150 $m^3/s$ l'extrapolation a été choisie parabolique pour tenir compte des débordements.

## 4 DEBITS

Les débits ont été calculés d'après les hauteurs moyennes journalières sans tenir compte, étant donné la qualité de ces hauteurs, de la correction de gradient limnimétrique.

*STATION DE KEROUANE, SUR LE MILO*

**Débits moyens mensuels, en $m^3/s$.**

| | J | F | M | A | M | J | JL | A | S | O | N | D | An |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1970 | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | 85,8 | 128 | (1) | (3) | (3) | |
| 1971 | (3) | (1) | 3,77 | 5,79 | 13,2 | 10,7 | 25,2 | (2) | 123 | 78,8 | 35,0* | 23,3 | |
| 1972 | 8,13 | 6,67 | 3,00 | 11,5 | 23,2 | 56,9 | 80,0 | 92,4 | 121 | 73,0 | 31,9 | 16,3 | 43,7 |
| 1973 | (1) | (2) | 5,58 | 3,12 | 8,38 | 11,5 | 32,1 | 109 | 116* | 64,7 | 50,0 | 16,8 | |
| 1978 | (1) | (1) | (1) | (1) | 9,04 | 62,1 | 69,8 | 116 | 135 | 99,0 | 73,0 | 46,7 | |
| 1979 | 16,7 | 6,06 | 3,36 | 7,70* | 8,26 | 24,1 | 128 | 115 | 134 | 83,7 | 52,5 | 18,5 | 49,8 |
| 1980 | 10,7 | 6,40 | 3,90* | 3,41 | 12,2 | (1) | 31,3 | 106 | 134 | 48,6 | 34,7 | 14,6 | |

NOTAS :
(1) Mois manquant.
(2) Mois trop incomplet.
(3) Relevés faux.
(*) Relevés complètes.

En-dessous de 15 $m^3/s$ la courbe de tarage est peu fiable.
Au-dessus de 15 $m^3/s$ les débits valent ce que valent les hauteurs, dont les lectures sont souvent de qualité médiocre.

**Débits extrêmes moyens journaliers**

| | MINIMAUX | | | MAXIMAUX | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | H cm Echelle | Date | $m^3/s$ | H cm Echelle | Date | $m^3/s$ |
| 1970 | | non obs. | | 474 | 11 septembre | 195 |
| 1971 | 10 | 14 mars | 2,39 | 413 | 20 septembre | 159 |
| 1972 | 7 | 20 mars | 2,06 | 535 | 15 septembre | 235 |
| 1973 | 4 | 12 mars | 1,77 | 410 | 17 août | 157 |
| 1978 | | non obs. | | 481 | 30 septembre | 199 |
| 1979 | 12 | 9 mars | 2,62 | 523 | 26 septembre | 226 |
| 1980 | 8 | 5 avril | 2,17 | 419 | 12 août | 162 |

La traduction des basses eaux n'est pas très sûre, celle des hautes eaux semble très convenable.

# STATION DE SEGOU, SUR LE NIGER, AU MALI

Coordonnées 13° 27' N 6° 07' W Bassin de 134 000 km$^2$.

## 1 ECHELLE SECTION

1.1 Une échelle existait en 1915. Il est probable qu'elle a été remaniée en 1949, année où l'échelle se composait en rive droite d'un tronçon gradué de 0 à 4,56 m (peint sur un fer en pente de 1/11) et d'un tronçon vertical de 4,56 à 7,06 m en fonte de MARKALA. Zéro à 297,37 m dans le système SANSANDING soit 279,47 m IGN.

1.2 Une autre échelle a été mise en place, à une date que nous ne connaissons pas après 1957, au port (rive droite également), en 4 tronçons verticaux 1-2 m, 2-4 m, 4-5 m et 5-6 m. Cette échelle a du être remaniée car il existait en 1974 (juillet) un tronçon 3-5 m. Zéro à 278,46 m IGN.

1.3 Le fleuve est très large, 3 km en hautes eaux au droit de l'échelle, encombré de bancs, avec une zône d'inondation importante en rive gauche. L'existence du barrage de MARKALA, à 32 km en aval, en service depuis 1949 rend les lectures impossibles à interpréter. Aux basses eaux la manoeuvre des hausses du barrage relève le plan d'eau de la retenue, ce qui se fait sentir jusqu'à 35 km en amont de SEGOU. En hautes eaux les hausses sont abaissées (plus ou moins complètement ?).

1.4 Entre TAMANI (68 km en amont de SEGOU) et SEGOU les apports du bassin versant intermédiaire sont très faibles. Les pertes commencent à être sensibles : pertes par remplissage des aires inondables du lit majeur (cuvettes isolées du lit mineur à la décrue) et déversement possible aux hautes eaux, dans la région de KALA, en face de SEGOU, vers le FALA de MOLODO (dont la vallée, loin en aval, est empruntée par le canal du SAHEL).

## 2 HAUTEURS LIMNIMETRIQUES

2.1 Les lectures d'échelle existeraient depuis 1915 : nous ne les avons pas.

2.2 Nous les avons, avec peu d'interruptions du 1er octobre 1949 au 28 février 1966, puis très déconsues jusqu'au 31 août 1979.

2.3 L'écart d'un mètre entre les zéros de l'échelle "1949" et de l'échelle récente semble être une erreur. La comparaison des hauteurs maximales atteintes à KOULIKORO et à SEGOU (en moyenne 3 jours après KOULIKORO qui se trouve à 170 km en amont) montre, bien que les hausses ne soient peut être pas à toutes les crues complètement abaissées, les deux échelles ont, au décimètre près, la même cote du zéro.

## 3 Deux jaugeages ont été effectués à SEGOU :

Le 1er juin 1945 hauteur échelle 22 cm débit 53,0 m$^3$/s barrage non en service.
Le 17 août 1951 hauteur échelle 398 cm débit 3210 m$^3$/s barrage en service.

A cette dernière hauteur échelle le lit majeur n'était pas encore en eau semble-t-il. Il est à noter que ces deux débits sont compatibles avec ceux calculés à KOULIKORO deux ou trois jours avant.

# STATION DE TAMANI SUR LE NIGER, AU MALI

Coordonnées 13° 20', 5 N 6° 50', 0 W Bassin de 130 000 km².

## 1 ECHELLE SECTION

1.1 L'échelle a été mise en place, en rive droite, en juillet 1952 et en mai 1953. Elle se compose de 7 tronçons de 1 m graduée de 0 à 7 m. Zéro à 282,36 m IGN.

Elle a été remise en état par remplacement des éléments disparus, sans changement de zéro, en juillet 1974.

1.2 La station se trouve en amont de la limite du remous du barrage de SANSANDING MARKALA qui se trouve à 100 km en aval. Aucun affluent important du NIGER ne s'y jette à proximité et en aval de la station.

Il semble, d'après la carte au 1/200 000, qu'il y ait en rive gauche une zône d'inondation très importante en hautes eaux avec plusieurs bras marqués dans cette zône.

## 2 HAUTEURS LIMNIMETRIQUES

Nous avons les relevés des hauteurs limnimétriques du 10 août 1952 au 30 novembre 1966 (les observations auraient été reprises en 1974). Les observations semblent d'assez bonne qualité, mais aucune année n'est complète.

Nous n'avons ni la hauteur minimale, ni la hauteur maximale attaintes pendant les 15 années !

## 3

Cinq jaugeages ont été effectués à cette station qui n'avait été créée, semble-t-il, que dans un but de limnimétrie.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Le | 03 | 12 | 1951 | hauteur | 420 cm | débit | 2790 | m³/s |
| | 04 | 05 | 1952 | hauteur | 62 cm | débit | 92,2 | m³/s |
| | 13 | 06 | 1952 | hauteur | 90 cm | débit | 140 | m³/s |
| | 20 | 07 | 1952 | hauteur | 248 cm | débit | 1070 | m³/s |
| | 04 | 03 | 1954 | hauteur | 131 cm | débit | 249 | m³/s |

Dans le cas du jaugeage à 4,20 m, le fleuve restait encore dans son lit mineur, sans débordement. Il est à noter que les débits de ces jaugeages sont bien compatibles avec les débits calculés à KOULIKORO pour la veille (KOULIKORO se trouve à 102 km en amont de TAMANI).

*STATION DE TAMANI SUR LE NIGER*

Hauteurs moyennes journalières extrêmes.

| | MINIMALES | | MAXIMALES | |
|---|---|---|---|---|
| | Hauteur cm échelle | Date | Hauteur cm échelle | Date |
| 1952 | | non observ. | 631 | 12 octobre |
| 1953 | | non observ. | 665 | 12 septembre |
| 1954 | | non observ. | 640 | 21 septembre |
| 1955 | 89 | 03 mai | 675 | 01 octobre |
| 1956 | 65 | 08 juin | 620 | 02 octobre |
| 1957 | | non observ. | 677 | 23 septembre |
| 1958 | 77 | 02 avril | 588 | 09 octobre |
| 1959 | 59 | 01 mai | | non observ. |
| 1960 | | non observ. | 647 | 02 octobre |
| 1961 | 40 | 27 avril | | non observ. |
| 1962 | | non observ. | | non observ. |
| 1963 | | non observ. | 685 | 25 octobre |
| 1964 | 32 | 30 avril | 655 | 07 octobre |
| 1965 | | non observ. | | non observ. |
| 1966 | | non observ. | 608 | 08 octobre |