

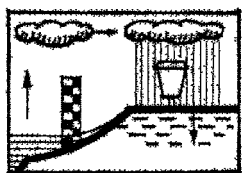
OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Mission de NIAMEY

BANQUE AFRICAINE DE
DÉVELOPPEMENT

LE GOULBI DE MARADI ET LE LAC DE MADAROUNFA

Données hydrologiques de base



D8
CFR

DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
de O.R.S.T.O.M. de NIAMEY (NIGER)

BUREAU CENTRAL HYDROLOGIQUE - PARIS



1 00

Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer

- - - -
Mission de NIAMEY
- -

Banque Africaine de
Développement

LE GOULBI DE MARADI ET LE LAC DE
MADAROUNFA

- - -
(Données Hydrologiques de Base)

-
Par

P. CARRE

Collaboration Technique J. ROBIN

D8
CAR

- 6 AOUT 1973



PARIS 1973

11896

S O M M A I R E

- - - - -

	Page
<u>INTRODUCTION</u>	
<u>CHAPITRE I - RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1972</u>	5
I.1 Pluviométrie	5
I.1.1 Equipement	5
I.1.2 Observations	5
I.2 Evaporation	6
I.2.1 Equipement	6
I.2.2 Observations	6
I.3 Hydrométrie	7
I.3.1 Station de NIELLOUA (GOULBI de MARADI)	7
I.3.2 Station de MADAROUNFA - Pont (GOULBI de MARADI)	9
I.3.3 Station de MADAROUNFA - Amont (GOULBI de MARADI)	14
I.3.4 Station de BARGAYA (GOULBI de GABI)	16
I.3.5 Station de MADAROUNFA - Lac	19
I.3.6 Station de MADAROUNFA - Canal (exutoire du Lac)	21
 <u>CHAPITRE II - TERMES DE L'ALIMENTATION DES AMENAGEMENTS DE MADAROUNFA</u>	 27
II.1 Pluviométrie	27
II.1.1 MARADI	27
II.1.2 KATSINA	28
II.1.3 Caractéristiques estimées de la pluviométrie à MADAROUNFA	28
II.2 Apports du GOULBI de GABI	30
II.2.1 Distribution fréquentielle des débits mensuels	30
II.2.2 Eventualité des modules annuels	32
II.2.3 Années caractéristiques	32
II.3 Apports du GOULBI de MARADI à MADAROUNFA - Pont	33
II.3.1 Distribution fréquentielle des modules mensuels	33
II.3.2 Eventualité des modules annuels	34
II.3.3 Années caractéristiques	35
II.3.4 Cotes à la prise d'alimentation de MADAROUNFA-Amont	35
II.4 Evaporation et bilan du Lac	35
II.4.1 Evaporation sur Bac Colorado enterré (1 m x 1 m)	35
II.4.2 Bilan du Lac de MADAROUNFA	37

	Page
<u>CHAPITRE III - DEBITS DE CRUE</u>	41
III.1 Crues du GOULBI de GABI	41
III.1.1 Débits maximaux annuels observés à BARGAYA	41
III.1.2 Eventualité d'un maximum annuel	41
III.2 Crues du GOULBI de MARADI	42
III.2.1 Débits maximaux annuels observés à MADAROUNFA - Pont	42
III.2.2 Eventualité d'un maximum annuel	42
III.2.3 La crue de 1961	43
<u>CHAPITRE IV - CONCLUSION</u>	47

BIBLIOGRAPHIEANNEXES

I. CADRE GEOGRAPHIQUE (Graphiques 1 et 2)

Le GOULBI de MARADI prend naissance à une altitude voisine de 650 m au NIGERIA, à 75 km environ dans l'ouest-nord-ouest de KANO.

A NIELLOUA, première station d'observation en territoire Nigérien, les sols des 4 800 km² du bassin versant supérieur sont dérivés des roches éruptives et métamorphiques calco-alkalines de l'antécambrien. Le réseau hydrographique est orienté vers le nord-ouest ; à la frontière la pente est d'environ 0,09 %.

Après NIELLOUA, le GOULBI abandonne le socle et construit son lit sur des terrains sédimentaires : grès bariolés du Continental Hamadien recouverts d'alluvions anciennes et caillouteuses et d'alluvions plus récentes argilo-sableuses. Le GOULBI prend une direction plus proche du nord alors que le réseau devient moins dense, qu'apparaissent les méandres (pente : 0,05 % au niveau du Pont de MADAROUNFA) et les zones de débordements. C'est juste en aval de MADAROUNFA, rive gauche, qu'il reçoit les apports de son principal affluent, drainant 700 km² environ, le GOULBI de GABI, par l'intermédiaire du lac naturel de MADAROUNFA (100 à 700 ha). Ce dernier s'est créé à l'ancien confluent des deux rivières, derrière les alluvions du bourrelet de berge du GOULBI de MARADI. Celui-ci est relié au lac par une dépression, le Canal de MADAROUNFA. Le GOULBI alimente le lac par ce canal en début d'hivernage, ainsi que par de larges débordements au cours des plus fortes crues. En fin de saison des pluies, le canal écoule le trop plein du lac.

Après MARADI, le lit majeur boisé du GOULBI, large d'un km, se dirige vers l'ouest. A 80 km de MARADI, il pénètre de nouveau au NIGERIA, où ses eaux rejoignent celles de la RIMA-SOKOTO, affluent de rive gauche du NIGER.

La région est soumise à l'alternance d'une saison sèche d'abord fraîche (novembre-février), puis chaude (mars-mai) et d'une saison humide (juin-octobre). Le bassin est limité au nord et au sud par les isohyètes 650 (MARADI) et 860 mm. L'écoulement a lieu de juin à octobre d'abord intermittent, puis généralement continu. Le régime du GOULBI de MARADI, dans la portion Nigérienne de son cours, est du type tropical à tendance sahélienne bien marquée.

Les apports annuels moyens du GOULBI de MARADI au Pont de MADAROUNFA et du GOULBI de GABI sont respectivement proches de 200 et 14 millions de m³. La relative importance de ces ressources en eau dans le contexte régional aussi bien que les dégâts causés par la violence de certaines crues du GOULBI de MARADI ont suscité, dès 1956, des projets d'aménagements régulérateurs et à usage hydro-agricole.

II. LES PROJETS D'AMENAGEMENT (Graphique 3)

(Document : aménagement hydro-agricole de la vallée du GOULBI de MARADI - Région de MADAROUNFA - SOGETHA 1963).

Les dispositions du projet sont les suivantes :

a) il est créé un bassin d'amortissement des crues par la construction d'une digue insubmersible barrant transversalement la vallée entre la dune de DANTOUDOU et celle située à l'Est de GALAMAGAGI : cette digue est équipée d'ouvrages restituant à partir d'une certaine cote un débit constant à l'aval et d'évacuateurs de crues exceptionnelles.

Cet ensemble assure ainsi :

- la protection d'un périmètre à GIRATAOUA contre les débordements du GOULBI en années normales,
- la création d'une zone submergée destinée à la culture de décrue,
- la quasi disparition des dégâts subis par l'aval pour les années de crues exceptionnelles (1961).

b) Une réserve est réalisée par la construction d'une digue de fermeture du lac de MADAROUNFA ; cette digue submersible relie la dune de MADAROUNFA et le pied de la dune de DANTOUDOU. Ses cotes d'arrasement sont fixées à 360,00 m pendant la traversée du village de MADAROUNFA et à 359,50 m pour le reste du tracé, afin d'y localiser les déversements éventuels. Le volume maximum retenu pourra atteindre 45 millions de m³.

Un barrage submersible en enrochement, arrasé à la cote 359,50 m, prolongé d'un chenal, amène à un ouvrage d'alimentation, équipé de vannes à clapet et situé à l'extrémité sud de la réserve, les débits du lit mineur du GOULBI de MARADI qui sont destinés en priorité au remplissage de cette réserve.

c) Les débits emmagasinés tant dans la réserve que dans le bassin d'amortissement sont acheminés vers le périmètre irrigué de GIRATAOUA par l'intermédiaire d'un ouvrage de prise approprié situé à la jonction des digues de la réserve et du bassin d'amortissement.

III. L'HYDROLOGIE DU PROJET

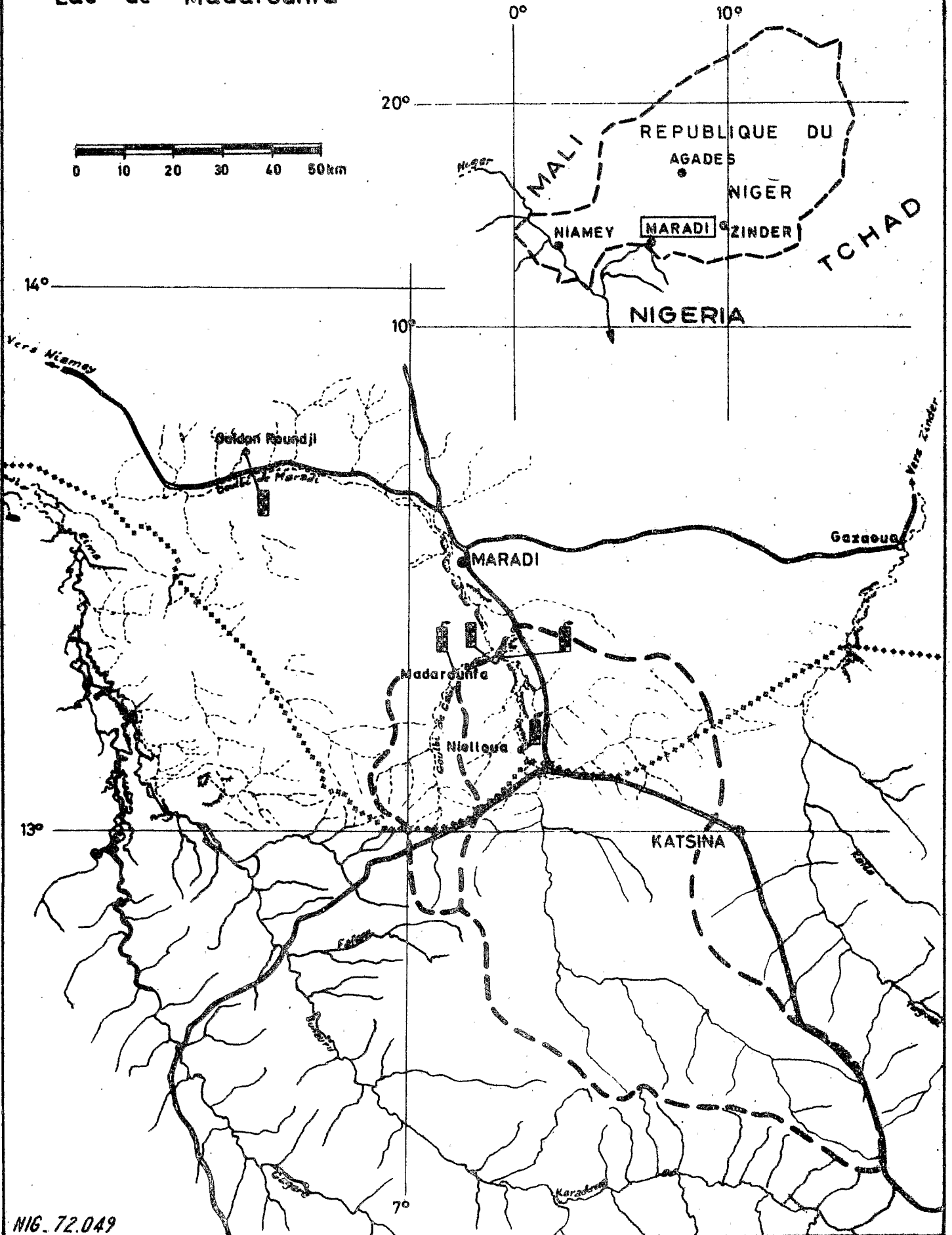
Les recommandations d'un premier avant projet, établi en 1956 par la SOGETIM, soulignaient déjà la nécessité d'obtenir en priorité des données hydrologiques sérieuses de façon à dimensionner au mieux les caractéristiques hydrauliques des ouvrages : crues et cotes exceptionnelles, apports annuels, autant d'inconnues fondamentales dont la simple estimation pouvait coûter très cher à l'économie du projet. Il n'est pas sans intérêt de rappeler que, à cette époque et après une seule année d'observations en 1956, au Pont de MADAROUNFA, les évaluations proposées pour les apports annuels moyens respectifs des GOULBI de MARADI et de GABI étaient alors de 500 et 50 millions de m³, soit 3 fois trop fortes en regard des données d'observation en notre possession maintenant.

Depuis cette époque, la Subdivision d'Etudes des Vallées Sèches du NIGER, puis l'O.R.S.T.O.M. pour le compte du Service du Génie Rural depuis

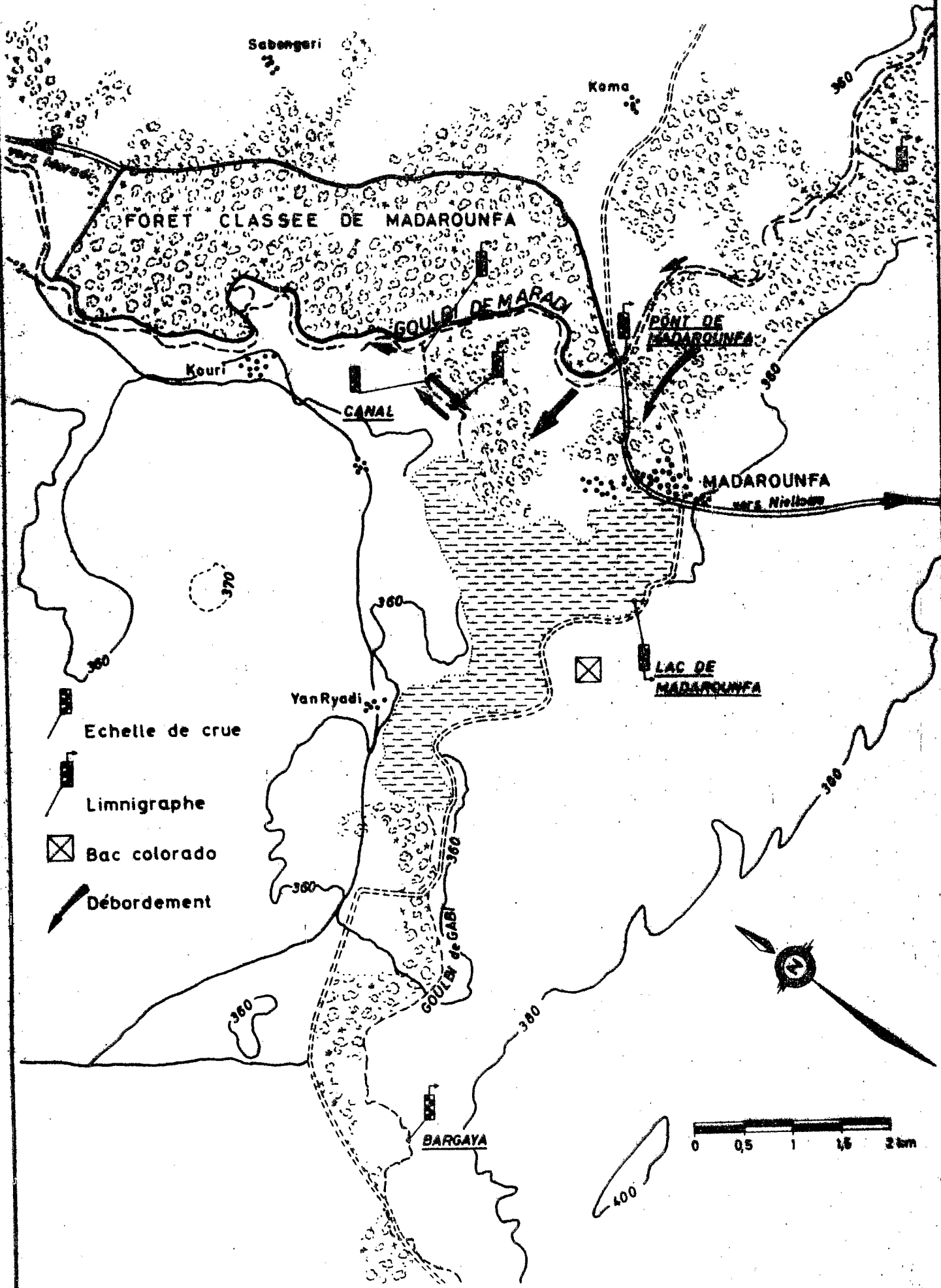
CARTE DE SITUATION





Gr. 1

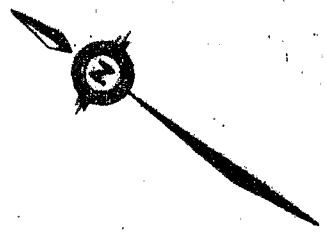
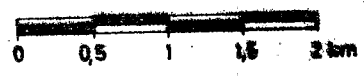
Goulbi de Maradi
et
Lac de Madarounfa



Le lac de MADAROUNFA

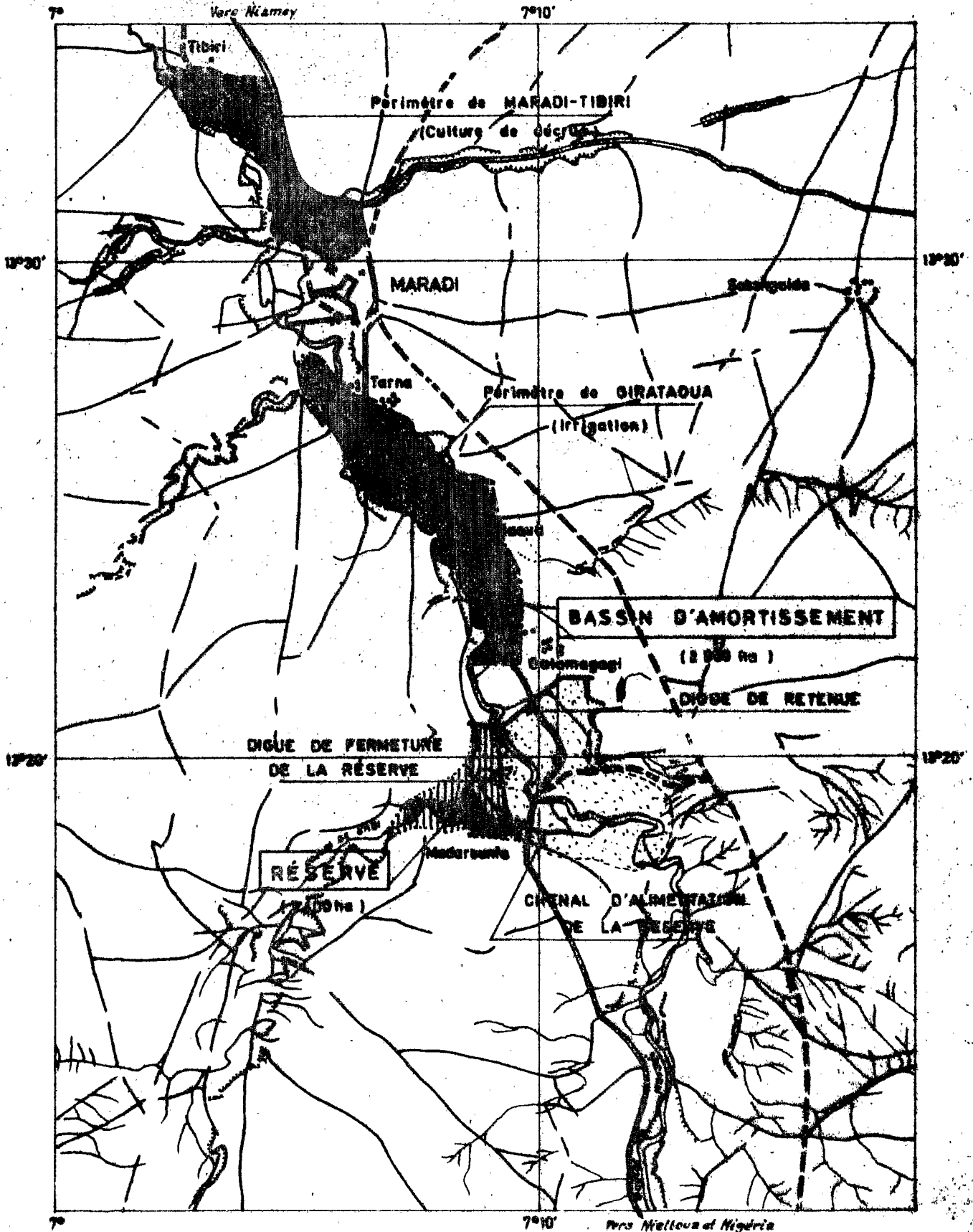


-  Echelle de crue
-  Limnigraphe
-  Bac colorado
-  Débordement



AMENAGEMENTS PROPOSES

ECHELLE : 1 / 200 000



1961, dans le cadre de l'exploitation du Réseau Hydrologique du NIGER, ont consacré des soins particuliers aux stations hydrométriques de la zone du projet :

- NIELLOUA (GOULBI de MARADI) 07°13' E - 13°09' N (B.V. 4 800 km²),
- MADAROUNFA - Pont (GOULBI de MARADI) 07°10' E - 13°19' N (B.V. 5 400 km²),
- BARGAYA (GOULBI de GABI) 07°05' E - 13°17' N (B.V. 700 km²).

La station de base de MADAROUNFA - Pont présente aujourd'hui quinze années d'observations.

En 1971, sur la demande de la République du NIGER, la Banque Africaine de Développement a accepté le principe du financement d'une campagne hydrologique dans la zone du projet pendant l'hivernage 1972. La réalisation de cette campagne et la récapitulation des observations hydrologiques ont été confiées à l'O.R.S.T.O.M.. Le texte de Convention signé le 28 juillet 1972 prévoyait (II - CONSISTANCE DES ETUDES) :

.....

• "l'étude devra être complétée par des précisions sur :

- les débits de hautes eaux du GOULBI à NIELLOUA : enregistrement continu par limnigraphe et mesures de débits,
- les débits de hautes eaux à la station de MADAROUNFA - Pont. Une échelle limnimétrique sera installée au site de déversement et les lectures permettront d'établir la corrélation entre les niveaux d'eau au site d'ancrage du barrage de la digue d'alimentation de la réserve et la station hydrométrique de MADAROUNFA - Pont,
- l'alimentation du lac de MADAROUNFA : contrôle et tarage du canal de MADAROUNFA. Mesure des débits apportés par le GOULBI au cours de ses débordements en rive gauche,
- les hydrogrammes de crues typiques du GOULBI de GABI sous forme de courbes de comparaison avec indication de fréquence,
- la mesure de l'évaporation. " ...

... "L'O.R.S.T.O.M. remettra à la B.A.D. un rapport de synthèse sur le régime du GOULBI de MARADI et le bilan hydrique du lac de MADAROUNFA, en tenant compte des résultats de l'étude présente et d'estimation des modules et des débits de crues de fréquence rare obtenus par corrélation hydro-pluviométriques à l'aide des observations climatologiques de longue durée des stations Nigériennes du bassin".

.....

Le devis prévoit au total (rapport et terrain) la participation de personnel expatrié à raison de deux mois d'ingénieur et deux mois d'assistant technique.

IV. PRESTATIONS DE L'O.R.S.T.O.M.

Une "Note Hydrologique sur le GOULBI de MARADI et le lac de MADAROUNFA" a été établie dès début 1972 par P. CHAPERON qui fait le point des connaissances à cette époque et notamment présente :

- des études statistiques des crues et des modules annuels aux stations de NIELLOUA, MADAROUNFA - Pont, (GOULBI de MARADI), BARGAYA (GOULBI de GABI),
- des estimations, année par année, du bilan hydrique du lac de MADAROUNFA depuis 1961 jusqu'en 1970.

Une note établie en novembre 1972 et résumant les "Activités de la Mission O.R.S.T.O.M. au NIGER dans le cadre de la convention d'étude hydrologique du GOULBI de MARADI" rend compte du déroulement de la campagne de terrain de 1972 et des principaux résultats que l'on peut en attendre. Les travaux de terrain ont été effectués par J. ROBIN (du 2 au 27 mai et du 7 juin au 22 septembre) et les installations contrôlées par P. CARRE (14 au 25 juillet). Une mission a été effectuée du 4 au 9 décembre à KANO, KADUNA, KATSINA, auprès des Services Nigériens, pour réunir des renseignements pluviométriques intéressant la portion sud du bassin.

La présente note complète les résultats de P. CHAPERON en fonction des récentes données hydrométriques et pluviométriques.

CHAPITRE I

RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1972

I.1 Pluviométrie.

I.1.1 Equipement.

La pluviométrie journalière 1972 sur le lac (358 m - 7°9' E - 13°19' N) est connue grâce à l'implantation de trois appareils de type Association à bague de 400 cm².

Le pluviomètre de "MADAROUNFA - village", à l'extrême Est du plan d'eau, celui de "MADAROUNFA - canal" au nord, indiquent la pluviométrie à 1,50 m du sol.

Le pluviomètre de "MADAROUNFA - évapo." enregistre la pluviométrie au sol, au sud du lac.

A une vingtaine de km au nord et au sud du lac, les relevés pluviométriques effectués aux stations suivantes précisent la pluviométrie régionale.

- MARADI - Météorologie Nationale - (368 m - 07°05' E - 13°28' N),
- NIELLOUA - ORSTOM - (403 m - 07°13' E - 13°09' N).

Enfin, les données de deux stations Nigériennes nous renseignent sur la tendance pluviométrique dans le haut bassin du GOULBI :

- KANO (472 m - 08°32' E - 12°01' N),
- KATSINA (... - 07°37' E - 13°00' N).

I.1.2 Observations.

Les résultats sont présentés en annexe, tableaux 1 à 5 et résumés mois par mois ci-après en mm et dixième de mm :

	KANO	KATSINA	NIELLOUA	MFA évapo.	MFA village	MFA canal	MARADI
Avril							4,4
Mai	55,4	97,5	23,1	32,4	-	-	15,8
Juin	118,0	-	28,3	52,3	57,6	-	23,8
Juillet	45,0	118,0	86,4	44,1	69,9	42,8	87,2

	KANO	KATSINA	NIELLOUA	MFA évapo.	MFA Village	MFA canal	MARADI
Août	284,5	139,5	149,3	113,1	106,8	122,8	138,1
Septembre	47,3	135,7	22,3	52,5	61,6	36,1	19,0
Octobre							0,2
AN							288,5

- non observé.

Le déficit est catastrophique dans la région de MARADI où la pluie est inférieure de 100 mm à la centenaire sèche estimée à 380 mm environ.

En affectant à chacun des pluviomètres de MADAROUNFA un coefficient d'influence équivalent, la pluviométrie 1972 sur le lac peut être estimée de 305 à 310 mm, soit moins de la moitié de la pluviométrie moyenne interannuelle ; la répartition des pluies est la suivante :

55 mm en juin,
52 mm en juillet,
114 mm en août,
50 mm en septembre.

I.2 Evaporation.

I.2.1 Equipement.

Dans le cadre de la campagne de terrain, un bac évaporométrique Colorado enterré et un pluviomètre au sol ont été installés à proximité du lac de MADAROUNFA et fonctionnent depuis août 1971.

Un dispositif de mesures analogue fonctionnait également depuis 1965 à la station d'essai de l'IRAT à TARNA près de MARADI.

I.2.2 Observations.

Les moyennes respectives d'évaporation journalière (en dixièmes de mm/j) sont les suivantes sur la période commune d'observation :

Année 1971

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	AN.
MFA								52	48	44	53	53	
TARNA	65	75	88	107	100	80	62	39	65	104	85	81	7,9

Année 1972

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	AN.
MFA	57	42	51	54	93	92	83	56	56	79	97	79	70
TARNA	83	101	96	93	93	77	77	51	60	77	80	66	79

I.3 Hydrométrie.

I.3.1 Station de NIELLOUA (GOULBI de MARADI).

Coordonnées : 07°13' E - 13°09' N

Altitude : 378 m environ

Bassin versant : 4 800 km² environ.

I.3.1.1 Equipement.

Installée en 1957, à proximité de l'ancien campement de NIELLOUA, l'échelle est composée :

- d'un élément (000 - 100 cm), rive droite, calé à la cote 378,30 m (nivellement SOGETEC),

- de cinq éléments (100 - 600 cm) en rive gauche dont le calage, depuis juillet 1972, est analogue au précédent.

Les installations sont complétées par un enregistreur de niveau placé en rive droite.

I.3.1.2 Tarage.

Les quelques kilomètres des gorges de NIELLOUA fournissent un contrôle rocheux intéressant à l'aval duquel le lit se manifeste très instable.

Cependant, les fortes pentes locales (3 m au km à la traversée des gorges), les turbulences créées par les rochers, les corps flottants, ne facilitent pas la tâche de l'hydrométriste.

Les mesures effectuées permettent un tarage très satisfaisant pour les traductions hauteurs d'eau-débits. Les trente-cinq mesures effectuées (tableau A 6) sont illustrées graphique 4 et déterminent le barème d'établissement jusqu'à H = 310 cm, cote maximum de l'année.

L'amélioration des conditions de tarage obtenues à partir des mesures de 1972 ne nous permettra pas de préciser sensiblement les débits en très hautes eaux. Rappelons qu'en 1961 la cote avait atteint 660 cm à l'échelle.

Les principaux éléments du barème 1972 :

H (cm)	0	20	40	60	80	100	120	140	160
Q (m ³ /s)	0	0,40	3,00	9,50	17,5	27,0	37,0	48,0	60,0

H (cm)	180	200	220	240	260	280	300	310
Q (m ³ /s)	75,0	92,0	110	130	155	182	225	276

En 1972, l'exploration complète des vitesses dans la section a été pratiquée jusqu'à 2,50 m à l'échelle ; plus haut, les mesures ont été effectuées en surface (3,60 m/s maximum enregistré pour 310 cm).

I.3.1.3 Hauteurs d'eau.

Les relevés sont complets sur la période d'écoulement, du 29 mai au 11 octobre.

L'exploitation des limnigrammes a été faite en utilisant jusqu'à six relevés par jour, convenablement répartis sur l'intervalle de 24 h pour obtenir le débit moyen journalier :

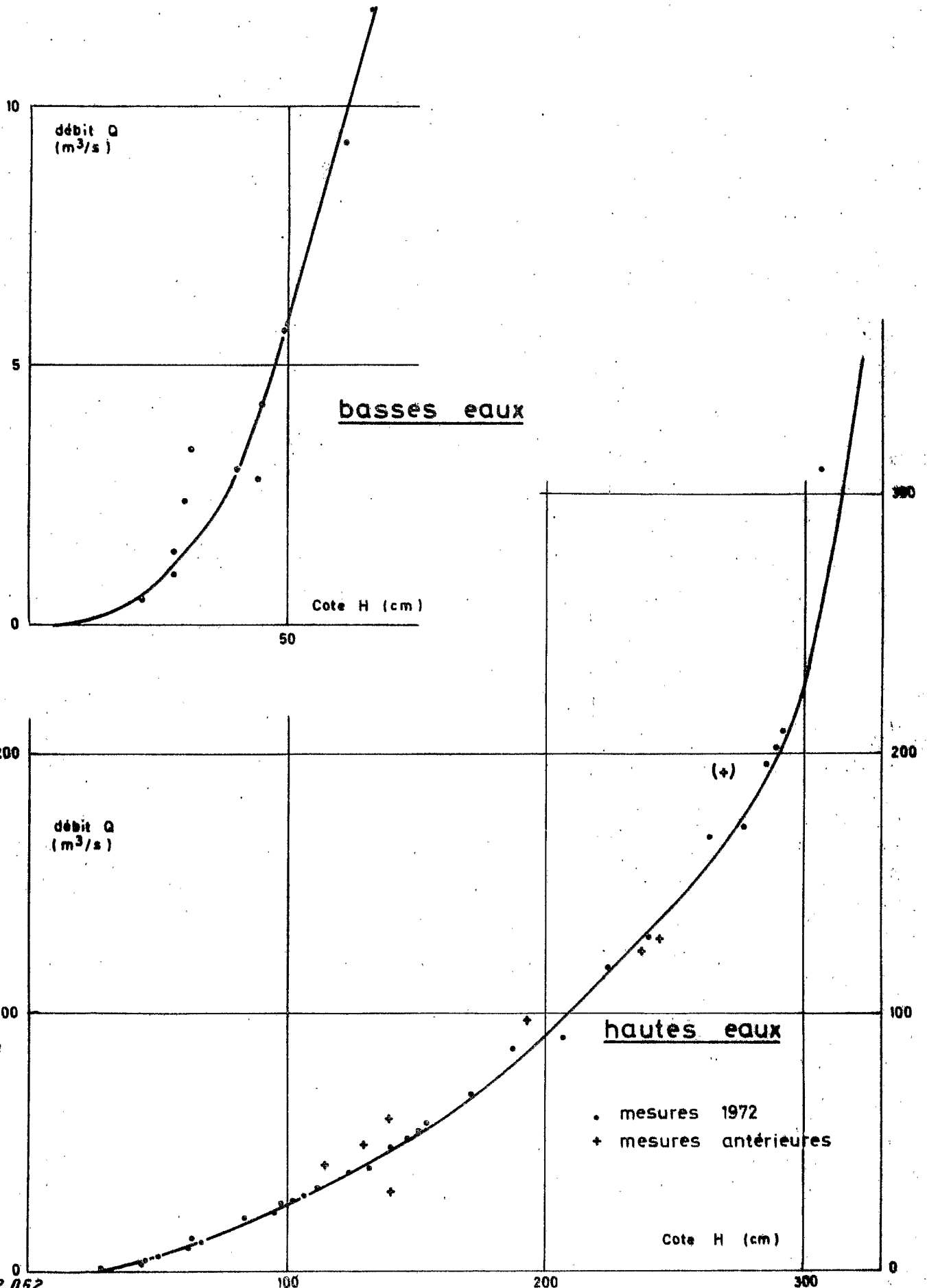
- 1 relevé, c'est celui de 12 h,
- 2 relevés, ce sont ceux de 6 h et 18 h,
- 3 relevés, ce sont ceux de 4 h, 12 h et 20 h,
- 4 relevés, ce sont ceux de 3 h, 9 h, 15 h et 21 h,
- 6 relevés, ce sont ceux de 2 h, 6 h, 10 h, 14 h, 18 h et 22 h.

Pour les basses eaux, les observations biquotidiennes du lecteur sont souvent utilisées.

On a jugé préférable de ne pas alourdir le rapport avec les tableaux de hauteurs d'eau.

Les maximums X et les minimums N (cm) rencontrés mois par mois sont les suivants :

étalonnage de l'échelle en 1972



	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
X (cm)	173	165	<u>310</u>	304	130	16
N (cm)	sec	sec	19	31	16	sec

I.3.1.4 Débits.

Les débits moyens journaliers sont calculés à partir des moyennes arithmétiques des débits instantanés (1 à 6 répartis suivant I.3.1.3).

L'hydrogramme figure en Annexe A 7 pour le mois d'août, le plus abondant.

Le tableau 1 présente les débits moyens journaliers.

Le débit maximal instantané est de 276 m³/s le 29 juillet à 6 h.

Le module annuel est des plus faibles : 3,14 m³/s contre 3,06, soit 96 millions de m³, record précédent de sécheresse en 1968.

I.3.2 Station de MADAROUNFA - Pont (GOULBI de MARADI).

Coordonnées : 07°10' E - 13°19' N
 Altitude : 355 m environ
 Bassin versant : 5 400 km² environ.

I.3.2.1 Equipement.

La première échelle a été installée en mai 1956, le zéro était à 355,20 m.

Une seconde échelle a été installée en 1965 après l'allongement du pont, le zéro étant à la même cote.

Cette échelle a été descendue de 1 m en juillet 1972, pour tenir compte du creusement du lit mineur. Un nivellement effectué en décembre 1972, par rapport à la borne SOGETEC n° 82 cotée 356,40 m près de l'échelle débordement rive gauche, place le zéro de l'échelle 1972 à 354,31 m, au lieu de 354,20 m : cette différence pourrait s'expliquer par un déplacement de la borne O.R.S.T.O.M. avant une réfection d'échelle.

Le zéro d'échelle débordement rive gauche est lui-même à la cote 356,11 m, mesure effectuée par rapport à la borne SOGETEC n° 82 citée ci-dessus.

TABLEAU 1

DEBITS MOYENS JOURNALIERS
en m³/s
NIELLOUA (GOULBI de MARADI)
1972-1973

Jours	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1	0,00	6,70	2,04	3,29	20,8	0,28
2	0,00	9,30	2,35	8,28	7,53	0,28
3	0,00	3,30	4,35	19,7	3,60	0,25
4	0,00	0,00	1,56	7,33	2,36	0,25
5	0,00	0,00	6,32	1,74	1,56	0,34
6	0,00	4,50	5,88	100	4,15	0,34
7	0,00	0,00	27,6	27,4	8,15	0,28
8	0,00	9,50	9,48	4,58	9,05	0,22
9	0,00	5,27	3,12	44,6	3,00	0,10
10	0,00	0,00	1,10	32,2	1,72	0,05
11	0,00	0,00	0,50	5,41	1,20	0,02
12	0,00	0,00	4,02	6,13	3,56	0,00
13	0,00	3,82	33,8	4,50	1,88	0,00
14	0,00	5,27	0,80	4,98	1,20	0,00
15	0,00	3,00	1,31	13,4	4,20	0,00
16	0,00	0,60	8,80	3,60	2,04	0,00
17	0,00	0,16	2,20	2,25	2,30	0,00
18	0,00	0,08	1,56	2,68	3,60	0,00
19	0,00	0,05	18,6	2,35	3,00	0,00
20	0,00	0,02	11,4	61,4	1,40	0,00
21	0,00	0,00	2,82	11,6	1,10	0,00
22	0,00	31,2	1,56	41,5	0,80	0,00
23	0,00	5,70	0,90	22,6	0,80	0,00
24	0,00	5,40	0,75	10,1	0,70	0,00
25	0,00	1,72	0,47	3,90	0,70	0,00
26	0,00	0,80	0,17	2,36	0,96	0,00
27	0,00	0,40	9,41	1,56	1,40	0,00
28	0,00	0,80	19,4	1,10	1,00	0,00
29	45,2	20,1	93,9	0,80	0,34	0,00
30	8,62	5,10	18,0	1,00	0,31	0,00
31	6,35		7,08	111		0,00
Y	1,94	4,09	9,72	18,2	3,15	0,08

Module annuel : 3,14 m³/s

Débit maximal : 276 m³/s, le 29 juillet à 6 h.

Deux limnigraphes doublaient les deux échelles ci-dessus.

I.3.2.2 Tarage.

Les ouvrages de franchissement du pont permettent une relative stabilité du lit, au moins latérale, ce qui présente un gros intérêt par rapport aux divagations habituelles du GOULBI dans cette portion du cours.

Cependant, les fortes vitesses de crue qui modifient le fond du lit, la présence d'un échafaudage métallique soutien de travée et piège à corps flottants, nécessitent des mesures nombreuses assez délicates en hautes eaux.

En 1972, l'exploration complète du champ de vitesse au moulinet a été assurée jusqu'à 235 cm (échelle 72); des mesures de surface furent effectuées jusqu'à 265 cm (3,50 m/s maximum à cette cote).

Les trente-trois mesures de débit sont présentées au tableau A 8 et illustrées au graphique 5. Ont été reportées également les mesures de 1971.

Le phénomène pourtant habituel de débordement n'a pu être observé à MADAROUNFA cette année, sauf au cours d'une mesure le 31 août 1972 où 0,35 m³/s ont été mesurés en rive gauche.

Les traductions hauteur-débit en 1972 se feront suivant le barème ci-après :

H (cm)	65	80	100	120	140	160
Q (m ³ /s)	0,10	0,20	1,00	4,30	11,0	19,7

H (cm)	180	200	220	240	260	265
Q (m ³ /s)	29,2	42,0	61,0	84,0	109	115

I.3.2.3 Hauteurs d'eau.

Les relevés sont complets sur la période d'écoulement du 19 mai au 30 septembre, exception faite de certains faibles débits de juin non enregistrés.

L'exploitation des limnigrammes a été assurée en utilisant jusqu'à six relevés par jour, convenablement répartis sur l'intervalle de 0 à 24 h pour obtenir le débit moyen journalier (voir paragraphe I.3.1.3).

Pour les basses eaux, les observations biquotidiennes du lecteur sont souvent utilisées.

Les tableaux en annexe A 9, A 10, A 11 présentent les hauteurs d'eau.

Les maximums X et les minimums N (cm) rencontrés sont les suivants, par mois :

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
X (cm)	224	196	261	265	210	sec
N (cm)	sec	-	71	98	66	sec

- Non enregistré, sans doute lit à sec.

L'échelle de rive gauche n'a pas été atteinte par le débordement du 31 août.

I.3.2.4 Débits.

Les débits moyens journaliers sont calculés à partir des moyennes arithmétiques des débits instantanés (1 à 6 répartis suivant le paragraphe I.3.1.3).

L'hydrogramme figure en annexe A 12 pour le mois d'août, mois du maximum et le plus abondant.

Le tableau 2 présente les débits moyens journaliers.

Le débit maximal instantané est de 115 m³/s, le 31 août à 15 h.

Le module annuel est de 2,65 m³/s, le plus faible après la sécheresse record de 1968 (module 2,45 m³/s, soit 77 millions de m³).

Pendant la crue du 31 août, un volume estimé de 10 à 30 000 m³ a été apporté au lac de MADAROUNFA à la suite des débordements rive gauche, entre le 31 août à 20 h 40 et le 1er septembre à 20 h.

GOULBI DE MARADI A MADAROUNFA PONT

Gr. 5

étalonnage de l'échelle 1972

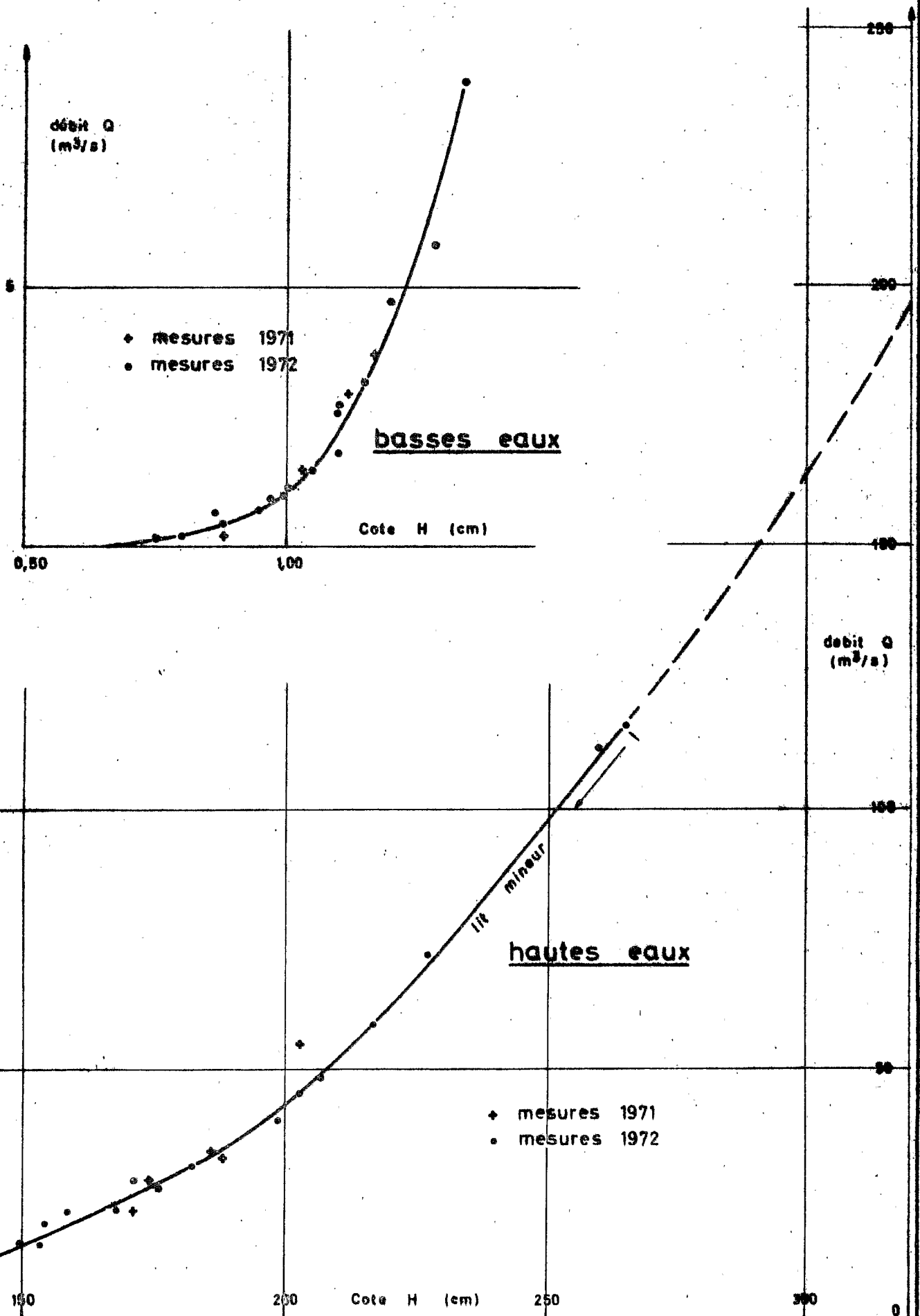


TABLEAU 2

DEBITS MOYENS JOURNALIERS
en m³/s

MADAROUNFA-Pont (GOULBI de MARADI)

1972-1973

Jours	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1	0,00	14,8	1,91	5,95	31,7	0,00
2	0,00	9,00	0,57	3,16	14,4	0,00
3	0,00	2,30	1,00	14,4	7,91	0,00
4	0,00	1,52	1,60	7,60	5,23	0,00
5	0,00	2,17	2,22	5,08	3,43	0,00
6	0,00	-	3,94	51,4	2,23	0,00
7	0,00	2,22	11,8	33,0	11,2	0,00
8	0,00	6,30	10,7	12,2	9,55	0,00
9	0,00	6,58	3,50	28,9	5,13	0,00
10	0,00	0,90	0,42	17,8	2,26	0,00
11	0,00	-	1,66	9,08	1,45	0,00
12	0,00	-	29,5	4,58	0,85	0,00
13	0,00	3,50	5,27	5,95	3,59	0,00
14	0,00	3,90	1,00	3,31	1,52	0,00
15	0,00	0,62	0,36	12,4	1,71	0,00
16	0,00	-	3,13	6,68	2,59	0,00
17	0,00	-	8,84	2,50	2,48	0,00
18	0,00	-	1,02	2,83	2,08	0,00
19	0,48	-	10,7	2,34	1,73	0,00
20	-	-	11,5	51,0	0,75	0,00
21	-	-	2,21	17,2	0,50	0,00
22	-	6,50	0,55	34,9	0,34	0,00
23	-	8,60	0,23	25,5	0,24	0,00
24	-	3,90	0,20	19,5	0,18	0,00
25	-	3,80	0,06	8,97	0,12	0,00
26	-	0,66	0,02	4,89	0,30	0,00
27	-	-	7,76	3,10	0,49	0,00
28	-	2,17	15,9	2,28	0,26	0,00
29	25,9	14,5	59,6	1,65	0,10	0,00
30	17,0	9,25	24,4	1,01	0,02	0,00
31	15,2	-	11,5	59,2	-	0,00
Y	1,89	3,44	7,52	14,8	3,81	0,00

- Non observé, négligé en mai et juin

Module annuel : 2,65 m³/s

Débit maximal : 115 m³/s, le 31 août à 15h.

I.3.3 Station de MADAROUNFA - Amont (GOULBI de MARADI).

Coordonnées : 13°18'45" N - 07°11'32" E
 Altitude : 358 m environ
 Bassin versant : 4 800 km² environ.

A trois km en amont de MADAROUNFA-Pont, l'objet des observations est de connaître, pour différents débits, les cotes naturelles du plan d'eau à l'origine du projet (Dossier SOGETHA - pièce B4 - 1); celle-ci se situe à l'extrémité rive droite du barrage en enrochement submersible qui, par l'intermédiaire d'un chenal, alimentera en priorité la réserve de MADAROUNFA à partir des débits du GOULBI de MARADI. Le chenal d'alimentation doit permettre un écoulement de 130 m³/s.

Les équipements ont été installés à 200 m en amont du point zéro dans une partie rectiligne du cours, afin d'assurer un minimum de sécurité aux équipements. Néanmoins, l'élément du lit mineur a été tordu et la rive érodée sur 10 m au niveau de la station.

I.3.3.1 Équipement.

Un premier ensemble (échelle plus limnigraphe) avait été installé en début de saison à deux kilomètres environ en amont de l'emplacement défini ci-dessus.

Le 24 juillet 1972 étaient installés en rive gauche :

- un élément 0 - 1 dans le lit mineur. Le zéro est à quelques centimètres près au niveau du fond du lit,

- un limnigraphe sensiblement à l'écart du lit mineur pour les débits les plus importants. Un élément 100 à 300 est fixé contre la gaine.

Nivelée par rapport à la borne SOGETEC n° 110 cotée 360,46 m, l'altitude du zéro de l'échelle se trouve à 357,67 m.

I.3.3.2 Hauteur d'eau.

Les hauteurs d'eau relevées permettent l'établissement de la courbe de corrélation des niveaux entre la station H_{MA} et le Pont de MADAROUNFA H_{MP}.

Le 29 juillet 1972 (limnigraphes) :

à	H _{MA} (cm)	H _{MP} (cm)	à	H _{MA} (cm)	H _{MP} (cm)
9 h	124	238	14 h	138	256
10 h	137	256	15 h	134	251
11 h	141	260	15 h50	129	244
12 h	142	261	17 h	118	232
13 h	141	259			

Le 31 août 1972 (limnigraphes) :

à	H _{MA} (cm)	H _{MP} (cm)	à	H _{MA} (cm)	H _{MP} (cm)
7 h	121	220	16 h	148	265
8 h	136	244	17 h	146	264
9 h	141	253	18 h	143	263
10 h	145	259	19 h	139	259
11 h	147	261	20 h	135	254
12 h	149	262	21 h	129	246
13 h	150	264	22 h	121	239
14 h	150	265	23 h	114	230
15 h	150	265			

Le 6 août 1972 (limnigraphes) :

Maximum H_{MA} = 142 cm H_{MP} = 259 cm

Le 20 août 1972 (limnigraphes) :

Maximum H_{MA} = 138 cm H_{MP} = 259 cm

Autres relevés (échelle) :

le	H _{MA} (cm)	H _{MP} (cm)
14- 8-72	14	117
18- 8-72	9	112
21- 8-72	59	161
22- 8-72	(69)	(200)
24- 8-72	50	162
29- 8-72	12	105
?	143	258
1- 9-72	77	190
2- 9-72	38	144
4- 9-72	26	123
5- 9-72	19	116

La courbe de corrélation (graphique 6) est tracée dans sa partie haute à partir des maximums respectifs aux deux stations et des hauteurs

aux mêmes heures pour les relevés limnigraphiques de décrue. Alors en effet, les gradients de hauteur sont suffisamment faibles pour qu'il soit fait abstraction des temps de propagation sur quelques kilomètres.

La courbe a été graduée en m³/s, à partir du tarage de MADAROUNFA - Pont.

I.3.4 Station de BARGAYA (GOULBI de GABI).

Coordonnées : 07°05' E - 13°17' N

Altitude : 358 m environ

Bassin versant : 700 km² environ.

Les premières mesures d'écoulement du GOULBI de GABI datent de 1961, mais ont été effectuées trop près du lac (tarage non univoque). Aussi cette première section de mesure soumise à l'influence du lac a-t-elle été abandonnée fin 1961 au profit de l'actuelle station proche du village de BARGAYA.

I.3.4.1 Equipement

La station est composée de trois éléments d'échelle centimétrique (000 à 300 cm). L'échelle est doublée d'un limnigraphe OTT type X.

Le zéro de l'échelle est coté à l'altitude 357,46 m (rattachement au RN 14 près des échelles du lac : 356,09 m).

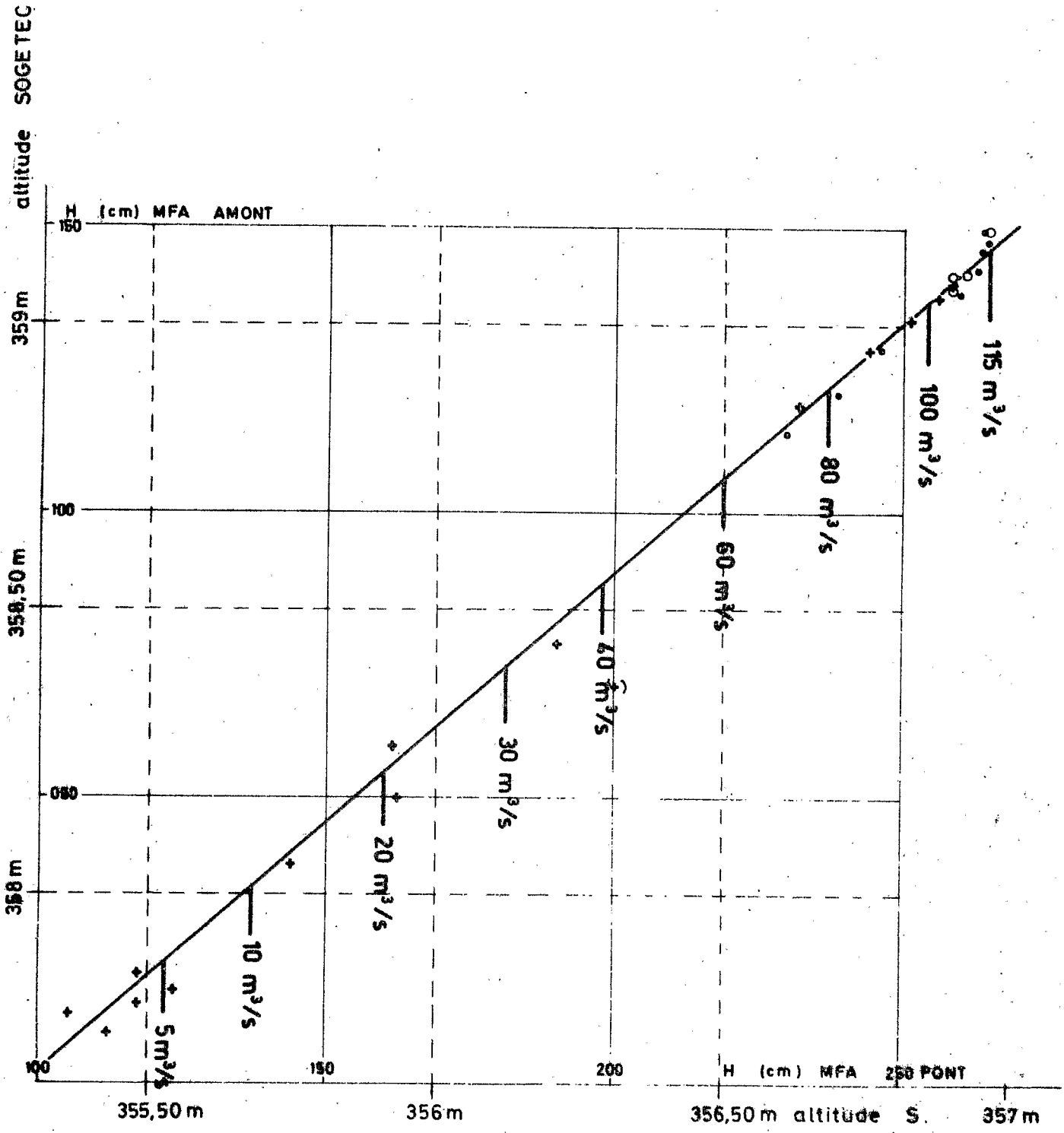
I.3.4.2 Tarage

Les mesures de débit effectuées sont au nombre de vingt et permettent le contrôle de l'étalonnage de la station.

N°	Date	H (cm)	Débit (m ³ /s)	N°	Date	H (cm)	Débit (m ³ /s)
41	22- 8-72	190	4,80	51	23- 8-72	170	4,50
42	22- 8-72	198	6,11	52	23- 8-72	177	4,80
43	22- 8-72	200	6,83	53	1- 9-72	152	2,80
44	23- 8-72	135	2,48	54	1- 9-72	140	2,39
45	23- 8-72	138	2,52	55	1- 9-72	134	2,24
46	23- 8-72	141	2,57	56	1- 9-72	118	1,87
47	23- 8-72	148	3,56	57	1- 9-72	111	1,75
48	23- 8-72	152	3,30	58	2- 9-72	54	0,33
49	23- 8-72	165	4,30	59	2- 9-72	51	0,31
50	23- 8-72	158	3,74	60	2- 9-72	50	0,30

GOLUBI DE MARADI

Corrélation des niveaux entre MADAROUNFA PONT ET MADAROUNFA AMONT

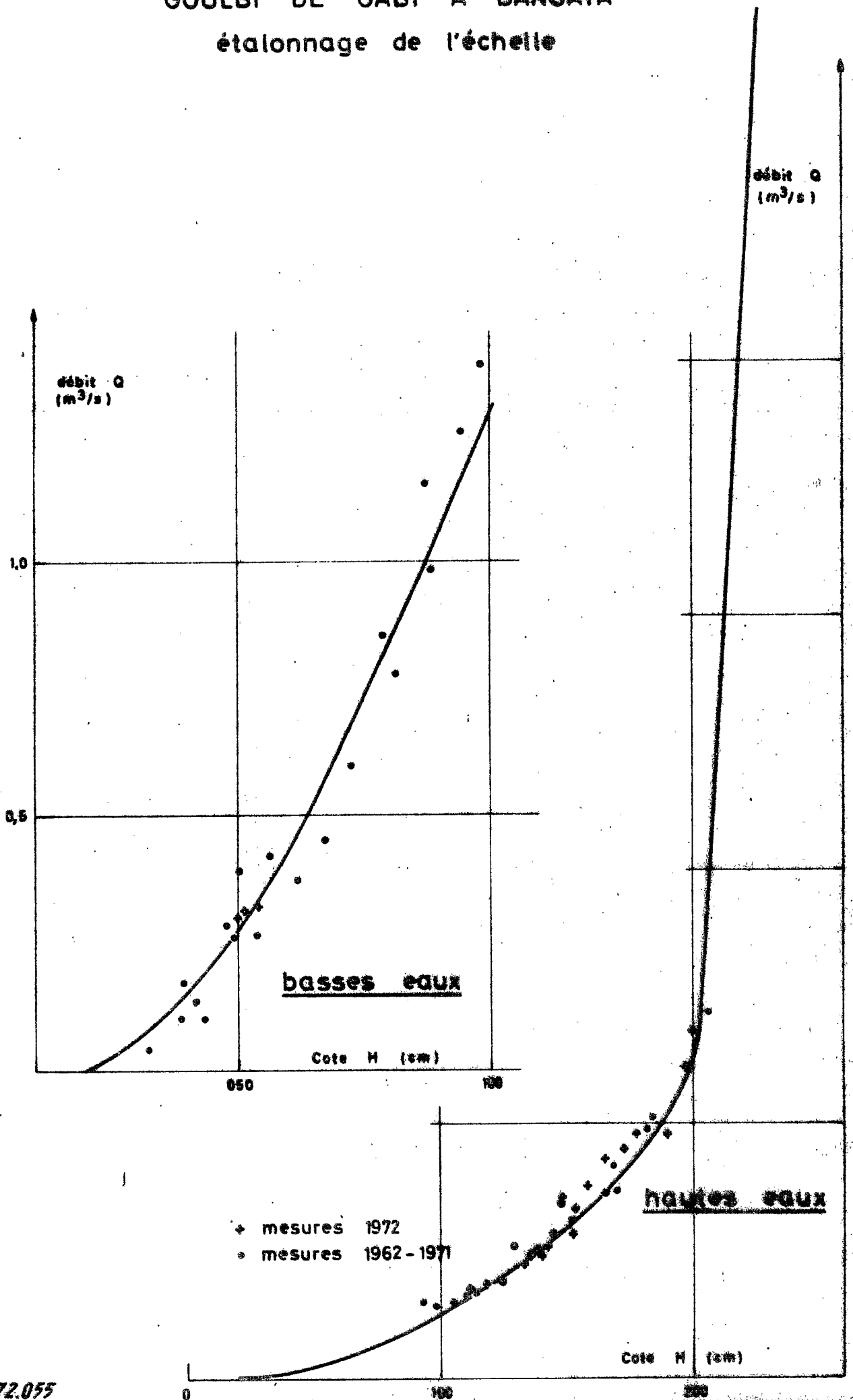


- Maximum de crue
- ✦ Décrue du 29-07-72
- Décrue du 31-08-72

FIG. 72.054

GOULBI DE GABI A BARGAYA
étalonnage de l'échelle

Gr. 7



Le barème d'étalonnage retenu est le suivant (graphique 7) :

H (cm)	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
Q (m ³ /s)	0	0,15	0,43	0,84	1,29	1,88	2,55	3,37	4,53	6,20	22,5

I.3.4.3 Hauteurs d'eau.

La période d'écoulement s'étend du 22 juin au 12 septembre. Les relevés sont complets et proviennent :

- soit des observations biquotidiennes du lecteur pour les basses eaux,

- soit du dépouillement de l'enregistreur d'où ont été extraites au maximum huit informations sur l'intervalle 0 - 24 h (1 h 30 - 4 h 30 - 7 h 30 - 10 h 30 - 13 h 30 - 16 h 30 - 19 h 30 - 22 h 30).

Les extrêmes (cm) rencontrés sont les suivants :

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
X (cm)	sec	186	228	216	186	sec
N (cm)	sec	sec	sec	sec	sec	sec

X = maximum.

N = minimum.

I.3.4.4 Débits.

Les débits moyens journaliers sont calculés à partir de la moyenne arithmétique des débits instantanés convenablement répartis sur l'intervalle de 24 h (1 à 8).

L'hydrogramme figure en annexe A 13 pour le mois de juillet, mois du maximum.

Le tableau 3 présente les débits moyens journaliers.

TABLEAU 3

DEBITS MOYENS JOURNALIERS
en m³/s

BARGAYA (GOULBI de GABI)

1972-1973

Jours	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1	0,00	0,00	0,21	0,15	3,15	0,00
2	0,00	0,00	0,11	0,02	0,60	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,28	0,09	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,10	0,02	0,00
6	0,00	0,00	0,00	3,83	0,00	0,00
7	0,00	0,00	1,41	3,90	0,00	0,00
8	0,00	0,00	2,30	0,71	0,29	0,00
9	0,00	0,00	0,21	0,55	0,92	0,00
10	0,00	0,00	0,07	4,45	0,14	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,86	0,05	0,00
12	0,00	0,00	1,01	0,33	0,00	0,00
13	0,00	0,00	1,58	0,49	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,19	0,48	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,06	0,36	0,00	0,00
16	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00
17	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	1,03	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	1,62	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	6,72	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,05	8,18	0,00	0,00
22	0,00	2,13	0,09	5,79	0,00	0,00
23	0,00	0,64	0,04	4,12	0,00	0,00
24	0,00	0,15	0,00	1,37	0,00	0,00
25	0,00	0,05	0,00	0,33	0,00	0,00
26	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00
27	0,00	0,00	2,79	0,08	0,00	0,00
28	0,00	0,00	6,80	0,00	0,00	0,00
29	0,00	1,60	10,2	0,00	0,00	0,00
30	0,00	1,84	13,1	0,02	0,00	0,00
31	0,00		0,84	0,15		0,00
Y	0,00	0,21	1,32	1,66	0,18	0,00

Module annuel : 0,28 m³/s

Débit maximal : 30,5 m³/s, le 29 juillet à 19 h 30

Pas d'écoulement en avril, ni après le mois d'octobre.

Le débit maximal instantané est de 30,5 m³/s le 29 juillet, à 19 h 30.

Le module annuel est de 0,28 m³/s, soit 8,8 milliards de mètres cubes, dépassé sans doute environ quatre années sur cinq.

I.3.5 Station de MADAROUNFA - Lac.

Coordonnées : 07°09' E - 13°18' N

Altitude : 353 m environ.

Le graphique 8 présente les caractéristiques hauteur-superficie-volume de la réserve de MADAROUNFA, c'est-à-dire de la fraction du lac naturel limité par les ouvrages de retenue côté GOULBI (source : document SOGETHA, pièce C1 - 1, graphique n° 1).

I.3.5.1 Equipement.

L'échelle de contrôle du lac est installée depuis 1956 sur la rive sud. L'altitude de son zéro est de 352,60 m rattachée à celle du repère RN 14 proche coté 356,09 m.

Un limnigraphe doublant l'échelle a fonctionné pendant la campagne 1972.

I.3.5.2 Hauteurs d'eau.

Le tableau 4 présente les hauteurs d'eau biquotidiennes en juillet et août et quotidiennes les autres mois.

En l'absence de débordements importants du GOULBI cette année, les faibles variations limnimétriques journalières ne justifient pas une exploitation plus poussée des limnigrammes.

La cote minimum est enregistrée le 21 juin avec 44 cm, soit 353,04 m.

Les 24-25 août, la cote a atteint 225 cm, soit 354,85 m.

Les cotes (cm) au 15 de chaque mois sont respectivement :

	M	J	Jt	At	S	O	N	D	J	F
H (cm)	61	48	80	188	209	182	157	137		

TABLEAU 4

HAUTEURS LIMNIMETRIQUES
en cm

Lac de MADAROUNFA

1972-1973

Altitude du zéro : 352,60 m /RN 14 à 356,09 m

Jours	Mai	Juin	Juil	Moût	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr
	M	M	M : S	M : S	M	M	M	M	M	M
1	72	53	57 : 58	155 : 154	219	194	167	146		
2	71	53	59 : 57	153 : 151	222	192	166	145		
3	70	53	57 : 56	152 : 152	220	192	166	145		
4	69	52	56 : 56	152 : 152	219	191	165	144		
5	69	51	55 : 55	152 : 152	217	190	164	144		
6	68	51	55 : 54	153 : 154	215	189	163	143		
7	67	50	54 : 54	160 : 170	213	188	162	143		
8	67	49	66 : 68	174 : 175	213	187	163	142		
9	66	49	70 : 70	176 : 175	216	187	161	141		
10	65	48	70 : 70	177 : 182	216	186	160	140		
11	64	47	69 : 69	185 : 187	214	185	159	140		
12	63	48	69 : 70	187 : 186	213	184	159	139		
13	63	49	75 : 77	187 : 187	212	183	158	138		
14	62	49	80 : 81	188 : 188	210	182	158	137		
15	61	48	80 : 80	188 : 188	209	182	157	137		
16	61	48	80 : 79	188 : 188	208	180	156	136		
17	61	47	79 : 78	188 : 188	206	179	155	136		
18	60	46	78 : 78	187 : 186	205	178	154	135		
19	59	46	77 : 77	188 : 190	203	178	153	135		
20	58	45	76 : 76	191 : 194	202	177	152	134		
21	57	44	78 : 77	201 : 206	201	176	152	134		
22	57	46	76 : 76	213 : 215	200	176	151	133		
23	56	48	76 : 76	220 : 225	200	175	151	132		
24	55	50	76 : 76	225 : 225	199	174	150	132		
25	54	50	75 : 75	225 : 224	199	173	150	131		
26	53	49	75 : 75	223 : 222	198	172	150	131		
27	53	48	76 : 76	221 : 220	197	171	149	130		
28	52	48	80 : 85	219 : 218	196	170	148	130		
29	52	47	103 : 109	217 : 216	195	169	147	129		
30	52	42	134 : 148	215 : 215	195	168	147	129		
31	51		155 : 155	216 : 216		168		128		

M : Matin

S : Soir

Hauteur maximale : 225 cm.

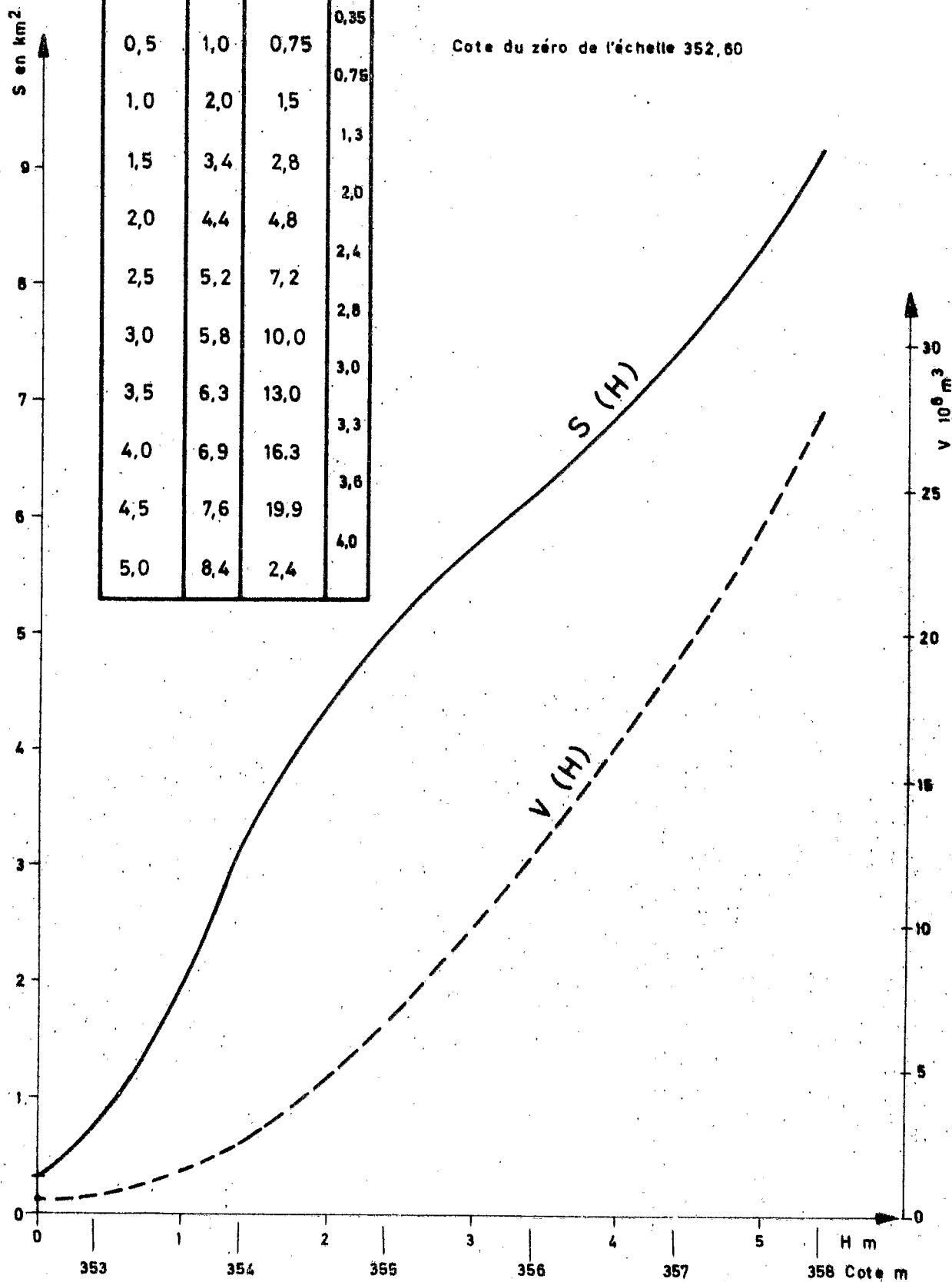
LAC DE MADAROUNFA

Courbes des superficies et des volumes

H m	S km ²	V 10 ⁶ m ³	ΔV
0,0	0,3	0,4	0,35
0,5	1,0	0,75	0,75
1,0	2,0	1,5	1,3
1,5	3,4	2,8	2,0
2,0	4,4	4,8	2,4
2,5	5,2	7,2	2,8
3,0	5,8	10,0	3,0
3,5	6,3	13,0	3,3
4,0	6,9	16,3	3,6
4,5	7,6	19,9	4,0
5,0	8,4	2,4	

H hauteurs à l'échelle du lac

Cote du zéro de l'échelle 352,60



I.3.6 Station de MADAROUNFA - Canal (exutoire du lac).

Coordonnées : 07°09' E - 13°20' N

Altitude : 354 m environ.

Le canal de MADAROUNFA relie le lac au GOULBI de MARADI.

Un profil en long effectué par la SOGETEC montre une pente irrégulière et la présence d'un point haut à l'altitude de 354,27 m à 800 m du lit mineur du GOULBI. L'échelle en est elle-même à 500 m et les seuils y sont à peu près du même ordre, soit 354,20 m environ.

Proche du village de DANTOUDOU, la station est implantée au droit de la borne SOGETEC B14, à quelque 120 m du point I en direction du lac ; ce point est défini comme jonction de la digue de fermeture de la réserve et de la digue de retenue du bassin d'amortissement (dossier SOGETHA - pièce B3 - 1).

I.3.6.1 Equipement.

L'altitude du zéro de l'échelle, mesurée par rapport à la borne SOGETEC B 14 cotée 355,90 m, est de 354,06 m.

La pente des lignes d'eau dans le canal est très variable et susceptible de s'inverser ; aussi, dans le but de connaître à tout instant le paramètre pente, deux limnigraphes ont-ils été implantés en 1972, à 500 m de part et d'autre de l'échelle. Les zéros des deux appareils étaient à 354,51 m dans le même système de référence que celui de l'échelle.

I.3.6.2 Tarage.

L'établissement du programme d'observation avait au départ été effectué en vue de la détermination du plan de tarage :

$$Q = f(H, p)$$

avec $Q =$ débit

$H =$ hauteur à l'échelle

$p =$ pente locale de ligne d'eau.

Si la détermination de H ne pose pas de problème, celle de p s'avère en fait très délicate par suite des constructions et destructions incontrôlables de barrages à poissons entre les deux enregistreurs, sans parler de la croissance naturelle de la végétation au cours de la saison des pluies.

Les écoulements du GOULBI de MARADI vers le lac ont pu être assez facilement étalonnés en fonction de la seule cote à l'échelle et en séparant la saison des pluies en deux :

- sur la première période jusqu'en juillet, la pente ne dépend en effet pratiquement que de la rugosité du lit, le niveau du lac étant trop bas pour influencer la courbe de remous,

- en août (crue du 6 au 21), la cote du lac n'est pas encore très élevée, inférieure à 354,60 m, à comparer avec celle des seuils naturels, mais l'édification de barrages de pêche augmente la rugosité et le seuil d'écoulement.

Les écoulements du lac vers le GOULBI ont commencé le 10 août, pour une cote du lac atteignant 354,40 m. Dans ce sens d'écoulement, le débit Q est calculé comme fonction de la hauteur d'eau et de la vitesse V_{sp} en un point P de surface toujours le même.

$$Q = G (H , V_{sp})$$

Si on trace la courbe $G_0 (H, V_{sp} = V_0)$ on admettra, dans la mesure où la section présente des conditions de rugosité homogènes et constantes dans le temps (nettoyage de la section),

$$Q = G (H , V_{sp}) = G_0 (H , V_0) \times \frac{V_{sp}}{V_0}$$

L'observation de la vitesse V_{sp} et de la cote H , la construction de la courbe $G_0 (H, V_0)$ nous permettront des estimations suffisamment précises des débits.

Les cinquante mesures effectuées sont présentées en Annexe A 14.

Pour le déversement du GOULBI dans le canal les barèmes A et B de H en Q , utilisables respectivement du 29 juin au 31 juillet 1972 et du 1er août au 30 septembre 1972 sont figurés graphique 9.

Barème A : 29 juin au 31 juillet 1972. écoulement vers le lac :

H (cm)	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Q (m ³ /s)	0	0,012	0,050	0,110	0,200	0,340	0,580	1,10	1,87	2,70

Barème B : 1er août au 30 septembre 1972, écoulement vers le lac :

H (cm)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Q (m ³ /s)	0	0,05	0,10	0,18	0,27	0,42	0,67	1,08	1,60

DEVERSEMENT DU GOULBI DE MARADI DANS LE CANAL DE MADAROUNFA

étalonnage

débit Q
(m³/s)

du 29 6 au
31-7-72

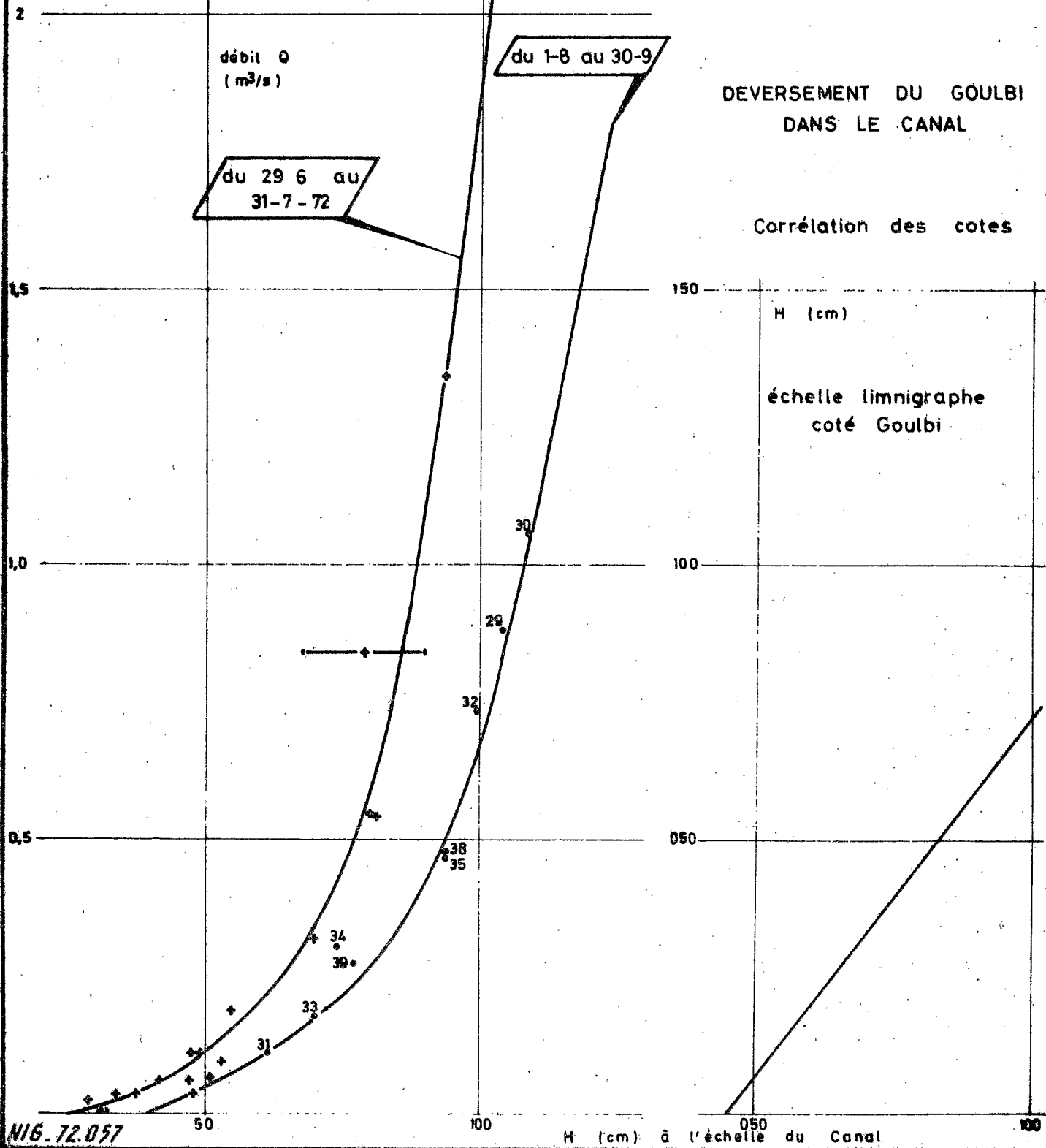
du 1-8 au 30-9

DEVERSEMENT DU GOULBI
DANS LE CANAL

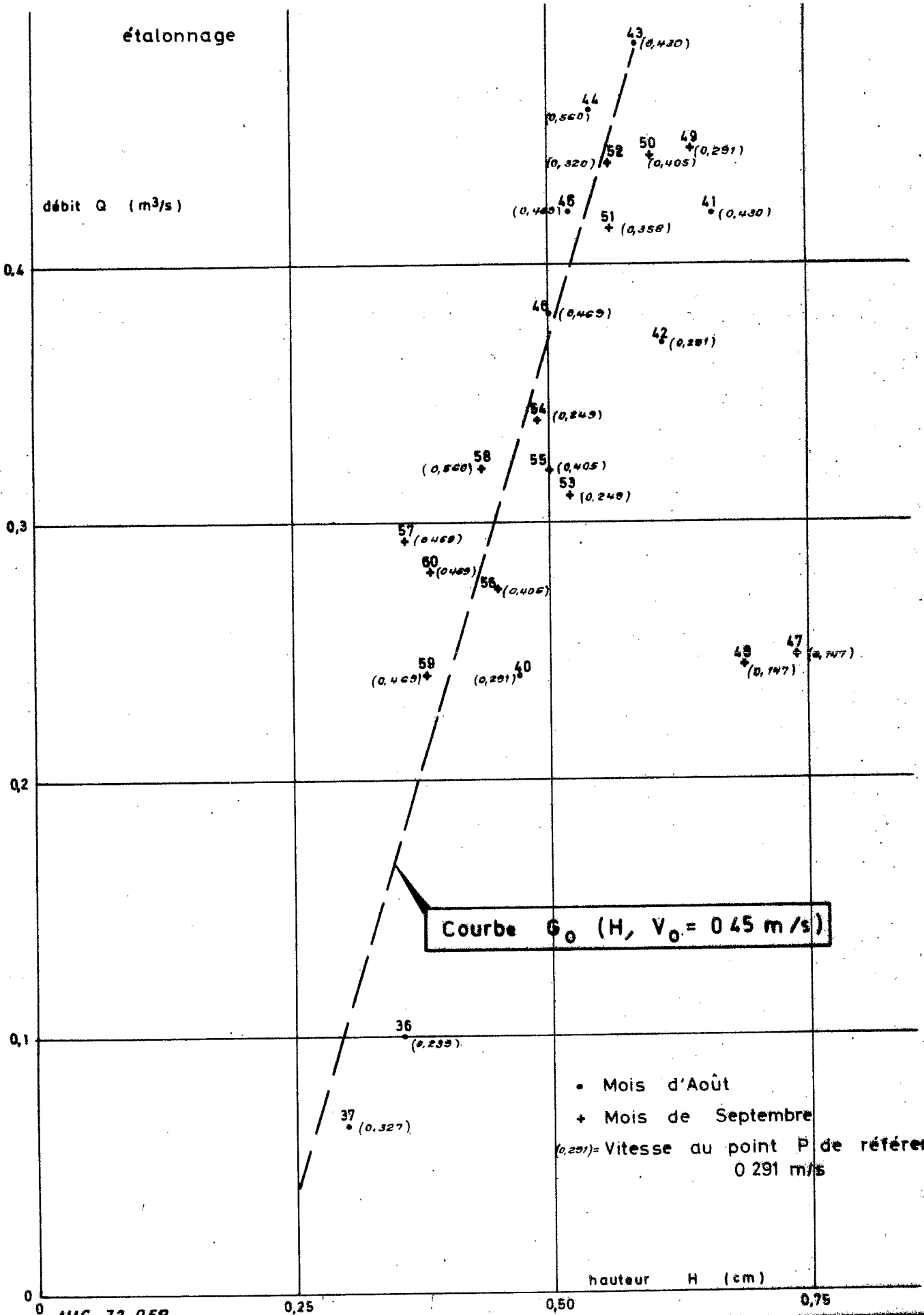
Corrélation des cotes

H (cm)

échelle limnigraphe
coté Goulbi



DEVERSEMENT DU LAC DANS LE CANAL DE MADAROUNFA



Dans le sens d'écoulement opposé, correspondant à la vidange du lac, le barème s'appuiera sur la courbe G_0 ($H, V_0 = 0,45 \text{ m/s}$) définie plus haut et illustrée graphique 10.

H (cm)	25	30	40	50	60
G_0 (m ³ /s)	0,04	0,104	0,240	0,370	0,50

Sans optimisme, on peut estimer meilleure que 20 % la précision de la détermination des volumes annuels transités par le canal de MADA-ROUNFA.

I.3.6.3 Hauteurs d'eau.

En cas d'écoulement du GOULBI vers le lac, les limnigrammes enregistrés sur le canal côté GOULBI et la courbe de corrélation de déversement (graphique 9) permettent la détermination des hauteurs d'eau à l'échelle du canal à des intervalles de temps convenables pour la détermination du débit journalier (jusqu'à 12 relevés par jour).

En cas de déversement du lac, l'observation de 12 h, effectuée en même temps qu'une mesure de vitesse en un point déterminé, sera seule retenue comme représentative de la valeur journalière.

Lors du déversement du GOULBI dans le canal, le 31 août vers 15 à 16 h, le plan d'eau a atteint sa cote maximum de l'année : - de 110 à 115 cm à l'échelle.

I.3.6.4 Débits.

Le tableau 5 présente les débits moyens journaliers de 1972-73.

Les débits sont considérés comme positifs dans le sens normal d'écoulement du lac vers le GOULBI.

Les débits rencontrés du GOULBI vers le lac sont définis comme négatifs.

Les distributions mensuelles et annuelles des bilans entrée-sortie s'établissent comme suit (en 10^3 m^3) :

	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Année
V (10^3 m^3)	- 33	- 8	- 82	+151	+440	0	+ 468

TABLEAU 5

DEBITS MOYENS JOURNALIERS
en m³/s
MADAROUNFA-Canal (Exutoire du Lac)
1972-1973

Jours	Mai		Juin		Juillet		Août		Septembre	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1	0,00	0,00	-	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,19	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,06	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,30	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,15	0,00	0,00	0,24	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,21	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,22	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,52	0,00
22	0,00	0,00	-	0,02	0,00	0,00	0,18	0,00	0,16	0,00
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,08	0,00
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,02	0,35	0,00	0,00	0,00
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00
29	-	0,33	-	0,06	-	0,70	0,42	0,00	0,00	0,00
30	-	0,05	0,00	0,00	-	0,06	0,35	0,00	0,00	0,00
31	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,74		
Y	0,00	0,012	0,00	0,003	0,00	0,030	0,107	0,049	0,170	0,00

Module annuel : + 0,0229 m³/s (720 000 m³)
- 0,0081 m³/s (255 000 m³)

Le bilan 1972 des échanges entre le lac et le GOULBI de MARADI
par l'intermédiaire du canal s'effectue donc aux dépens du lac pour environ
470 000 m³.

CHAPITRE II

TERMES DE L'ALIMENTATION DES AMENAGEMENTS
DE MADAROUNFA

II.1. Pluviométrie.

Les données interannuelles de MARADI et KATSINA, situées immédiatement au nord et au sud de la zone d'étude, ont été utilisées.

II.1.1. MARADI.

Coordonnées : 07°05' E - 13°28' N

Altitude : 358 m environ.

Moyennes interannuelles (mm) sur 38 ans :

J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	AN
0	0	0	5	30	64	161	240	110	14	0	0	624

Eventualité d'un total annuel (mm) :

Dépassement	0,99	0,90	0,80	0,50	0,20	0,10	0,01
Total annuel (mm)	383	481	528	625	705	794	952

Hauteurs maximales journalières :

Réurrence	1 an	5 ans	10 ans	100 ans
P (mm)	55,0	79,1	89,5	124,2

II.1.2 KATSINA.

Coordonnées : 07°37' E - 13°00' N

Moyennes interannuelles sur 39 ans (mm) :

Période 1932 à 1970 (Cf Tableau 6).

J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	AN
0	0	0	6	47	92	205	277	125	8	1	0	761

II.1.3 Caractéristiques estimées de la pluviométrie à MADAROUNFA.

Coordonnées : 7°09' E - 13°19' N

Altitude : 358 m.

En admettant une décroissance linéaire de la pluviométrie avec la latitude, le total annuel moyen est de 670 mm environ à MADAROUNFA, répartis en moyenne de la façon suivante :

Moyennes interannuelles à MADAROUNFA :

J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	AN
0	0	0	5	35	75	175	252	115	11	0	0	668

Eventualité d'un total annuel à MADAROUNFA :

Dépassement	0,99	0,90	0,80	0,50	0,20	0,10	0,01
Total annuel (mm)	(410)	(514)	(565)	(670)	(755)	(850)	(1 020)

TABLEAU 6

PLUVIOMETRIE A KATSINA
(mm)

(Coordonnées : 07°37' E - 13°00' N)

Année	Avril	Mai	Juin	Juil	Acût	Sept	Oct	Nov	AN
1932		76,4	130,3	248,6	209,0	268,2	25,1		957,6
1933	4,5	142,7	219,4	166,3	297,6	104,6			935,1
1934		179,0	43,1	175,2	320,8	55,3	3,0		776,4
1935		33,0	123,4	145,2	346,2	206,2	5,3		895,4
1936	7,1	30,2	69,3	152,4	307,5	202,6			769,1
1937	1,0	47,2	36,0	174,7	285,2	98,5			642,6
1938		36,0	35,3	234,9	384,8	115,8			806,8
1939	13,9	85,8	131,0	171,1	226,8	176,7	5,8		811,0
1940		84,8	76,4	166,6	240,0	62,4	16,0		646,2
1941	20,8	76,9	93,2	229,8	125,4	18,5			564,6
1942		62,4	16,5	205,9	205,9	32,7	5,5		528,9
1943		16,0	157,2	84,3	226,3	195,3	5,0		684,1
1944	10,1		62,7	121,4	159,2	104,3	23,6		481,3
1945	6,3	41,9	113,0	236,4	369,8	127,5	9,9		904,8
1946		75,9	45,2	241,0	160,2	189,9	18,0		730,2
1947		17,0	58,4	209,2	240,0	105,1	14,9		644,6
1948	21,5	28,7	140,2	187,1	307,0	77,9			762,4
1949		30,7	51,8	192,2	131,0	55,6			461,3
1950	5,3	5,8	35,5	211,3	267,2	95,2			620,3
1951		46,4	48,0	127,2	280,1	112,2			613,9
1952	5,8	58,1	34,5	199,6	284,7	223,5	65,2		871,4
1953		58,4	85,3	199,3	180,5	96,5	1,7		621,7
1954		70,3	62,2	256,5	260,0	94,2			743,2
1955		12,7	34,5	149,6	256,5	153,4			606,7
1956			27,4	311,1	234,1	122,1			694,7
1957		72,1	102,6	185,4	307,0	178,5	12,1		857,7
1958			145,7	205,9	313,1	76,9			741,6
1959		61,2	52,5	163,0	312,6	163,5			752,8
1960		16,0	91,6	199,3	309,6	90,6			707,1
1961		0,7	114,5	175,2	461,7	128,7			880,8
1962		12,7	178,3	274,0	199,6	95,7	22,0	31,7	814,0
1963		11,4	130,3	293,1	361,1	104,1	36,5		936,5
1964		53,8	154,4	386,8	430,5	148,8		1	174
1965		38,3	203,4	151,1	414,1	109,4	4,3		920,6
1966	54,3	41,4	67,5	183,1	199,3	251,7	14,2		811,5
1967		21,0	153,9	188,9	336,2	195,0			895,0
1968	46,7	152,1	154,6	226,3	217,6	5,0			802,2
1969	21,0	21,3	70,3	121,9	263,6	104,3	22,8		625,2
1970		-6,8	-24,8	440,1	406,1	144,2		1	022
1971				121,1	199,6	325,1			
1972		97,5		117,8	139,4	135,6			

Moyennes interannuelles sur le bassin du GOULBI de GABI :

Latitude de NIELLOUA : 13°19' N.

J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	AN
0	0	0	6	41	83	191	265	120	11	0	0	717

II.2 Apports du GOULBI de GABI.

Altitude de 480 m à 358 m
700 km² sous 720 mm de pluie.

II.2.1 Distribution fréquentielle des débits mensuels.

Les débits (ou modules) mensuels observés ou estimés, ces derniers entre parenthèses, sont présentés dans le tableau 7.

Les estimations ont été effectuées par P. CHAPERON (décembre 1971) à partir de la liaison entre le module annuel du GOULBI de GABI et le gain maximal en volume du lac, liaison qui traduit naturellement l'importance prépondérante des apports du GOULBI de GABI dans l'alimentation du lac.

Les observations ou estimations de 1962 à 1972, à l'exception de l'année 1967, ont été utilisées pour tracer (graphique 11) les courbes des débits mensuels de fréquences caractéristiques de dépassement :

$$F = 0,20 , F = 0,50 , F = 0,80$$

Il convient de remarquer que durant la dernière décennie les années réputées fortes sont très souvent estimées, alors que les années faibles ont toutes fait l'objet d'observations.

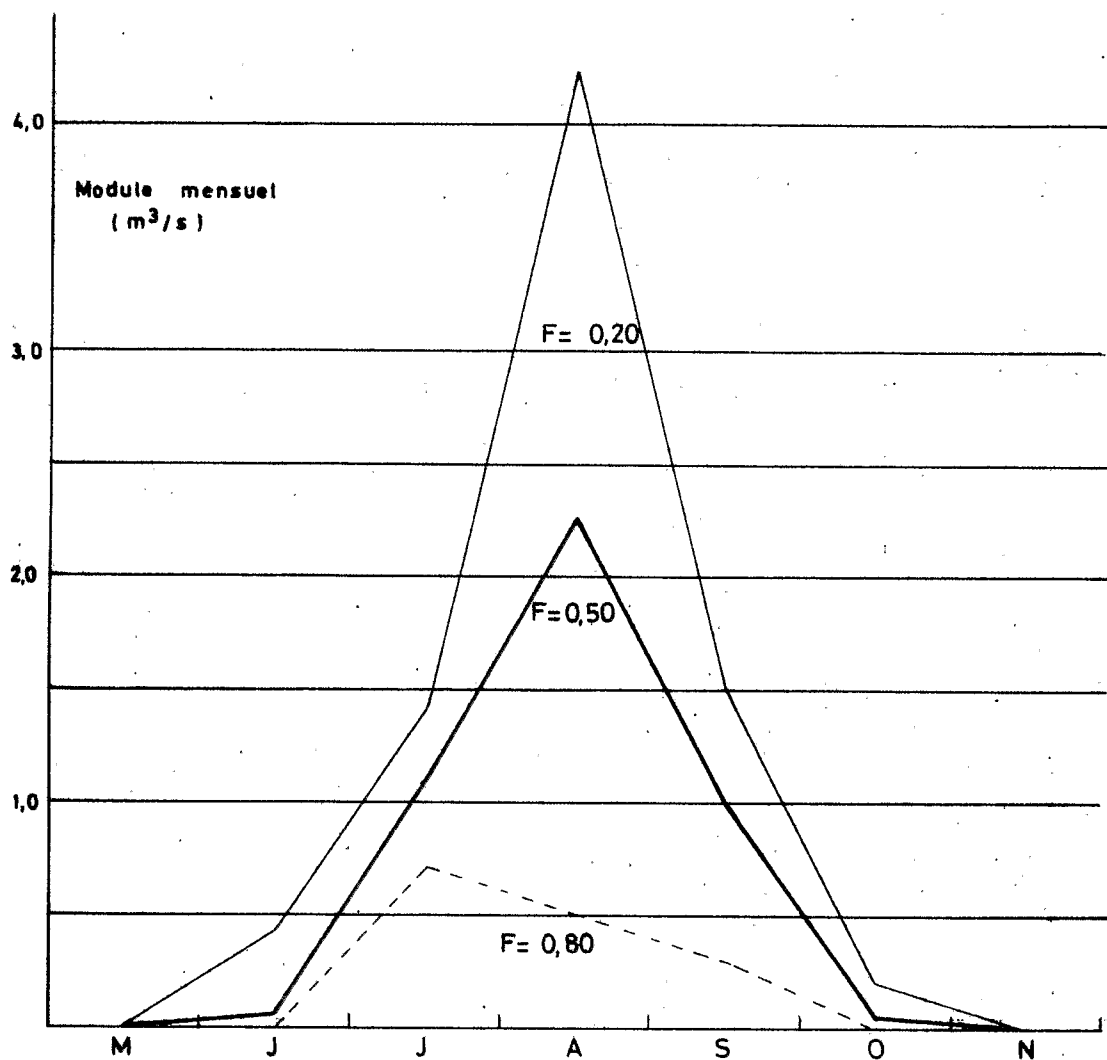
Les courbes de fréquence 0,80 et 0,50 apparaissent donc plus sûres que la courbe de fréquence 0,20.

Fréquence de dépassement	Débits mensuels (m ³ /s).					
	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
2/10	0	0,4	1,4	4,2	1,5	0,2
5/10	0	0,06	1,1	2,2	1,0	0,05
8/10	0	0	0,7	0,5	0,3	0

LES MODULES A LA STATION DE BARGAYA

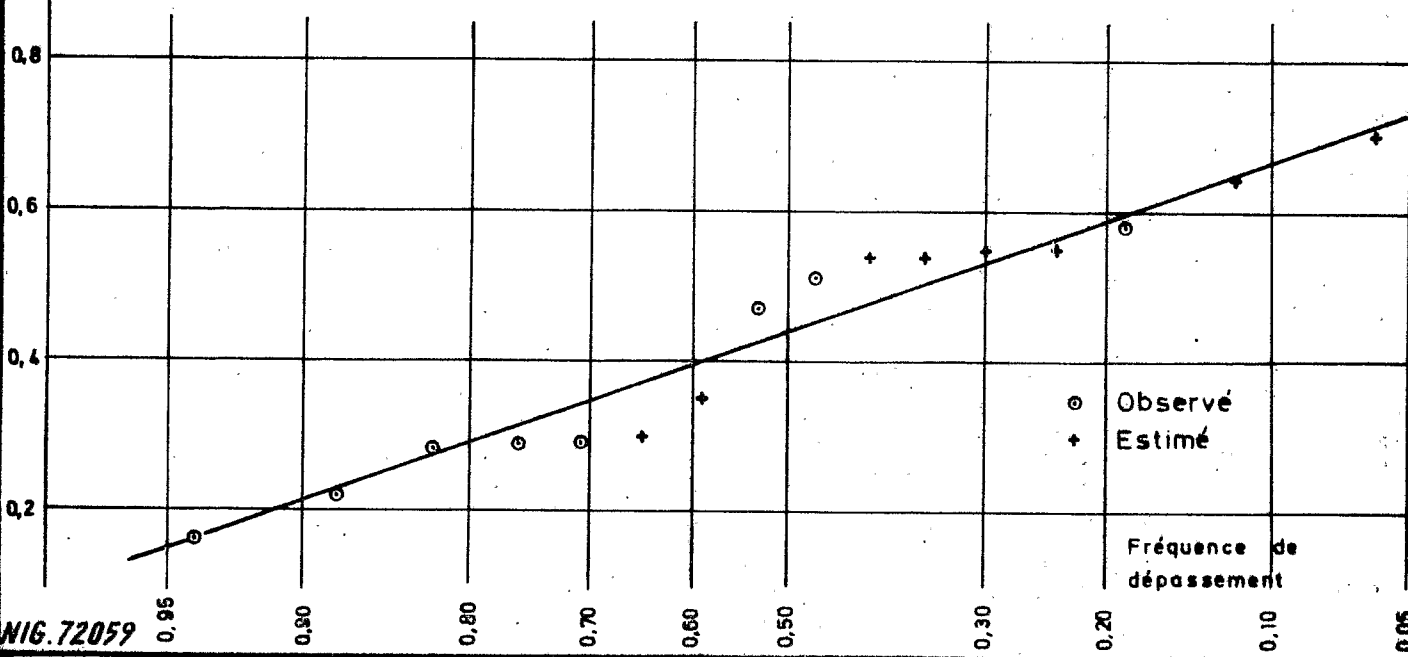
Gr. 11

Distribution fréquentielle des modules mensuels
(période de dix ans)



Module annuel (m³/s)

Distribution naturelle des modules annuels



TABIEAU 7

APPORTS
en m³/s

GOULBI DE GABI A BARGAYA

Période	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	AN.
1956-57	-	-	-	-	-	-	((0,54))
1957-58	-	-	-	-	-	-	((0,30))
1958-59	-	-	-	-	-	-	((0,64))
1959-60	-	-	-	-	-	-	-
1960-61	-	-	-	-	-	-	((0,54))
1961-62	-	-	-	-	-	-	((0,70))
1962-63	0	0,01	1,33	0,78	1,39	0	0,29
1963-64	0	0,31	1,46	4,02	0,77	0,23	0,58
1964-65	0	0	0,52	4,41	1,12	0	0,51
1965-66	0	(0,58)	(0,71)	1,76	1,12	0	(0,35)
1966-67	0	0	1,37	0,35	1,77	0	0,29
1967-68	-	-	-	-	-	-	(0,54)
1968-69	0	0,04	1,20	0,33	0,31	0	0,16
1969-70	0	0,44	1,07	0,68	0,34	0,04	0,22
1970-71	0	0	1,09	((4,0))	((1,4))	0	((0,55))
1971-72	0	0,05	0,56	3,85	1,11	0	0,47
1972-73	0	0,21	1,32	1,66	0,18	0	0,28
Moyenne interannu- elle	0	0,16	1,06	2,18	0,95	0,03	0,43

((....)) : Valeurs estimées.

II.2.2 Eventualité des modules annuels.

A l'intérieur de l'échantillon global des seize modules, celui des neuf valeurs observées est assez mal réparti :

- sur les cinq valeurs les plus sèches, cinq ont été observées,
- sur les cinq valeurs les plus humides, deux seulement ont été observées (rang 3 et 4).

On peut donc s'attendre à une bonne précision sur la détermination des quantiles sec et médian.

La distribution naturelle des modules annuels observés ou estimés possède un comportement gaussique entre les fréquences décennales (graphique 11).

Dépassement	9/10	8/10	5/10	2/10	1/10
Module annuel (m ³ /s)	0,21	0,29	0,44	0,59	0,66

La relative régularité des apports ($\frac{\text{déc. humide}}{\text{déc. sèche}} \neq 3$), met en évidence le caractère déjà tropical des conditions d'alimentation.

L'apport annuel médian de 13,9 millions de m³ correspond à une lame écoulée annuelle de 19,9 mm.

Le coefficient d'écoulement s'élèvera à 2,8 % environ de la pluie moyenne (720 mm).

Le module spécifique interannuel est de 0,61 l/s.km².

II.2.3 Années caractéristiques.

Les tableaux A 15, A 16, A 17, A 18 en annexe récapitulent les apports journaliers à BARGAYA pour :

- l'année proche de la quinquennale humide : 1964,
- l'année proche de la médiane : 1971,
- l'année proche de la quinquennale sèche : 1962,
- l'année la plus sèche observée : 1968.

II.3 Apports du GOULBI de MARADI à MADAROUNFA-Pont.

Altitude : 355 m

Bassin versant : 5 400 km² sous 760 mm.

II.3.1 Distribution fréquentielle des modules mensuels.

Quinze années d'observations sont disponibles (1956 à 1958), (1961 à 1972). Les débits moyens mensuels et annuels du GOULBI de MARADI sont récapitulés ci-dessous en m³/s :

Période	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Année
1956-57	-	-	17,4	45,0	24,4	0,13	0,00	(7,30)
1957-58	0,61	0,00	3,47	21,8	12,1	1,80	0,00	3,34
1958-59	0,00	0,00	6,60	57,5	8,44	0,19	0,00	6,16
1959-60	-	-	-	-	-	-	-	-
1960-61	-	-	-	-	-	-	-	-
1961-62	0,00	2,50	10,8	87,0	61,0	1,20	0,03	13,6
1962-63	0,00	0,80	11,1	11,6	15,1	0,34	0,00	3,30
1963-64	0,00	2,00	11,1	38,3	3,70	0,47	0,00	4,70
1964-65	0,00	1,32	20,0	55,6	42,9	0,40	0,00	10,1
1965-66	0,00	0,00	7,75	29,1	13,8	0,33	0,00	4,29
1966-67	0,00	0,13	7,16	12,9	28,6	1,62	0,00	4,20
1967-68	0,00	9,10	19,1	43,3	29,1	1,01	0,00	8,52
1968-69	0,00	1,92	14,7	10,1	2,33	0,00	0,00	2,45
1969-70	0,00	6,74	11,9	17,8	8,61	1,58	0,00	3,92
1970-71	0,00	0,00	34,2	60,8	33,6	0,16	0,00	10,8
1971-72	0,00	0,11	12,2	33,3	13,4	0,12	0,00	4,97
1972-73	1,89	3,44	7,52	14,8	3,81	0,00	0,00	2,65
Moyenne	0,18	2,00	13,0	35,9	20,0	0,62	0,00	6,02

L'échantillon, composé notamment de douze années d'observations sans interruption, apparaît assez bien réparti de part et d'autre de la médiane avec à la fois des années notoirement fortes (1961, 1970) et faibles (1968, 1972).

Les courbes des débits mensuels de fréquence caractéristiques sont tracées (graphique 12).

Fréquence de dépassement	Débits mensuels (m ³ /s)					
	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
2/10	0,00	4,00	18,0	57,0	36,0	1,20
5/10	0,00	1,00	11,0	32,0	14,0	0,35
8/10	0,00	0,00	7,00	13,0	6,00	0,10

II.3.2 Eventualité des modules annuels.

Les relevés pluviométriques de longue durée du NIGERIA ne permettent pas d'envisager une extension de l'échantillon observé : la station de KATSINA, la plus proche, est malheureusement située à la périphérie du haut bassin et est insuffisamment représentative.

Un examen sommaire des données pluviométriques à cette station établit cependant :

- que cinq totaux mensuels supérieurs à 400 mm (462 en août 1961) ont été observés entre 1961 et 1970. Ce total n'avait jamais été atteint depuis 1932,

- que des extrêmes secs ont également été observés (500 mm environ en 1972).

Par suite, l'échantillon des modules annuels observés permettra sans doute d'approcher de façon correcte les quantiles médian et sec. Les quantiles très humides seront peut-être, eux, sensiblement surestimés.

La distribution naturelle des modules annuels observés est représentée au graphique 12.

Quantiles :

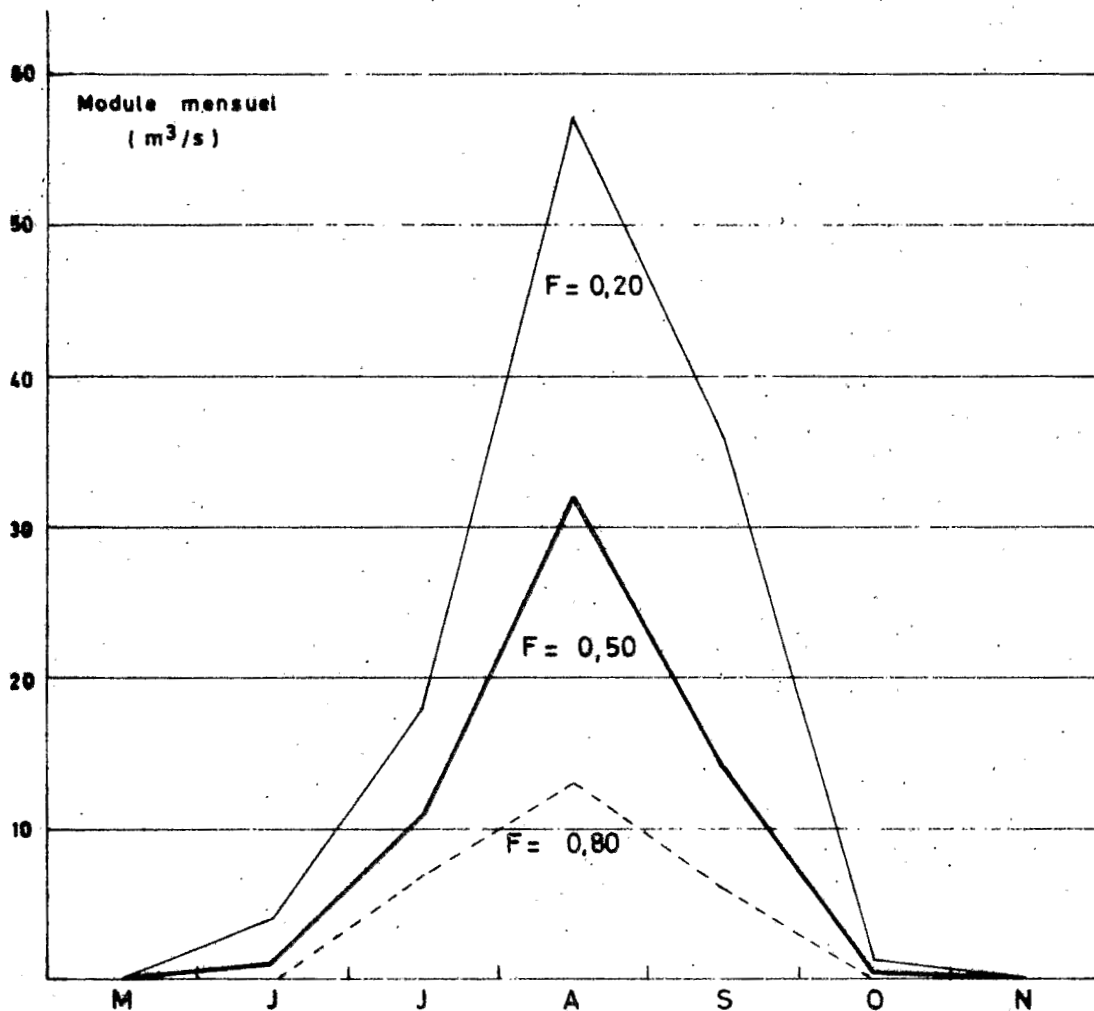
Dépassement	9/10	8/10	5/10	2/10	1/10
Module annuel (m ³ /s)	2,6	3,1	4,8	(9,2)	(12,5)

LES MODULES A LA STATION DE MADAROUNFA-PONT

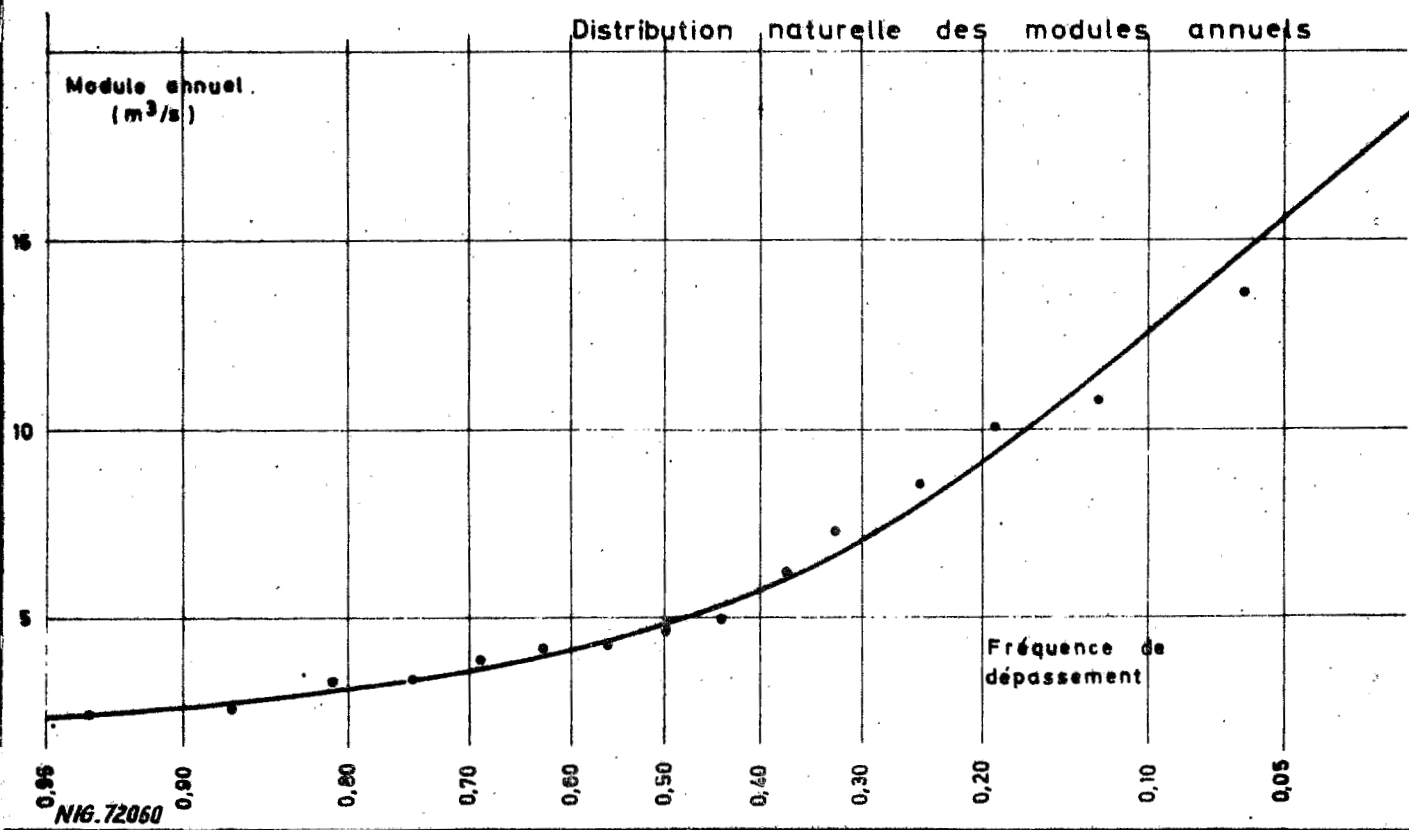
Distribution fréquentielle des modules mensuels

période de 14 ans M¹ Jⁿ

période de 15 ans J^t A^t S. O



Distribution naturelle des modules annuels



La dissymétrie de la distribution est peut-être accusée par la composition de l'échantillon examinée plus haut.

Les valeurs de 12,5 à 10,5 m³/s pour la décennale humide, et 9,2 à 8,2 m³/s pour la valeur quinquennale humide, nous semblent vraisemblables.

La valeur médiane du module annuel, 4,8 m³/s, est très sensiblement inférieure à la moyenne interannuelle de 6,03 m³/s.

Les écoulements, annuel médian (150.10⁶ m³) et moyen interannuel (190.10⁶ m³) correspondent respectivement à des lames écoulées de 27,8 et 35,2 mm.

Les coefficients d'écoulement médian et moyen interannuel sont respectivement de 3,7 % et 4,6 % de 760 mm, pluie moyenne sur le bassin.

Les modules spécifiques médian et moyen interannuels sont l'un de 0,89 l/s.km², l'autre de 1,12 l/s.km².

II.3.3 Années caractéristiques.

Les tableaux A 19, A 20, A 21, A 22 en Annexe récapitulent les apports journaliers pour :

- l'année proche de la quinquennale humide : 1964,
- l'année proche de la médiane : 1971,
- l'année proche de la quinquennale sèche : 1962,
- l'année la plus sèche observée : 1968.

II.3.4 Cotes à la prise d'alimentation de MADAROUNFA-Amont.

Le projet d'alimentation de la réserve de MADAROUNFA par l'intermédiaire d'un chenal de prise prélevant les basses et moyennes eaux du GOULBI de MARADI en amont du pont de MADAROUNFA est sommairement défini en introduction (II.b) et sur la figure 3.

La courbe de corrélation (graphique 6) présentée au paragraphe I.3.3 d'une part, et les tableaux de hauteurs d'eau 1972 A 9, A 10, A 11 d'autre part, permettent de préciser, pour une année très défavorable les conditions du fonctionnement hydraulique d'une prise d'alimentation située au niveau de la station de MADAROUNFA-Amont.

II.4 Evaporation et bilan du lac.

II.4.1 Evaporation sur Bac Colorado enterré (1 m x 1 m).

Les évaporations mensuelles à la stations IRAT de TARNA sur la période 1966 - 1972 sont les suivantes, en mm et mm/j entre parenthèses :

EVAPORATION

en mm et mm/j

	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
1966	301 (9,7)	258 (9,2)	461 (14,9)	423 (14,1)	347 (11,2)	180 (6,0)	105 (3,4)	71 (2,3)	84 (2,8)	177 (5,7)	249 (8,3)	254 (8,1)
1967	245 (7,9)	235 (8,4)	295 (9,5)	288 (9,6)	329 (10,6)	285 (9,5)	170 (5,5)	115 (3,7)	114 (3,8)	208 (6,7)	219 (7,3)	180 (5,8)
1968	220 (7,1)	241 (8,3)	304 (9,8)	234 (7,8)	248 (8,0)	216 (7,2)	143 (4,6)	152 (4,9)	159 (5,3)	257 (8,3)	252 (8,4)	232 (7,5)
1969	254 (8,2)	263 (9,4)	329 (10,6)	318 (10,6)	288 (9,3)	237 (7,9)	164 (5,3)	130 (4,2)	156 (5,2)	177 (5,7)	237 (7,9)	223 (7,2)
1970	254 (8,2)	255 (9,1)	341 (11)	336 (11,2)	298 (9,6)	318 (10,6)	263 (8,5)	139 (4,5)	138 (4,6)	220 (7,1)	231 (7,7)	192 (6,2)
1971	201 (6,5)	210 (7,5)	273 (8,8)	321 (10,7)	310 (10,0)	240 (8,0)	192 (6,2)	121 (3,9)	195 (6,5)	322 (10,4)	255 (8,5)	251 (8,1)
1972	257 (8,3)	293 (10,1)	298 (9,6)	279 (9,3)	288 (9,3)	231 (7,7)	239 (7,7)	158 (5,1)	180 (6,0)	239 (7,7)	240 (8,0)	205 (6,6)
Inter- annuel: (1966- 1972):	248 (8,0)	249 (8,9)	329 (10,6)	315 (10,5)	301 (9,7)	243 (8,1)	183 (5,9)	127 (4,1)	147 (4,9)	229 (7,4)	240 (8,0)	220 (7,1)

La variation interannuelle est la suivante en mm et mm/j :

Année	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	Inter- annuel
Evaporation	2 911 (7,97)	2 683 (7,35)	2 658 (7,28)	2 776 (7,60)	2 985 (8,18)	2 891 (7,92)	2 907 (7,96)	2 831 (7,75)

En 1972, à la station O.R.S.T.O.M. de MADAROUNFA, l'évaporation (I.2.2) a atteint 2 555 mm (7,0 mm/j).

Le coefficient de réduction annuel d'évaporation observé en 1972 pour passer de la station de TARNA à celle de MADAROUNFA est de 0,88.

L'évaporation interannuelle sur bac Colorado à la station de MADAROUNFA peut être estimée à 2 500 mm en utilisant ce coefficient et les données interannuelles à TARNA.

L'évaporation interannuelle sur nappe d'eau libre est estimée inférieure de 10 %.

II.4.2 Bilan du lac de MADAROUNFA.

Le tableau 8 présente les hauteurs d'eau au 15 de chaque mois et schématise les variations du lac de 1956 à 1972. Il figure l'évolution d'une réserve naturelle sans exutoire ni apports de surface au cours de la longue saison sèche, dans le contexte local : l'arrêt de l'écoulement du canal est effectif à partir de la cote 200 cm à l'échelle environ, ce qui est généralement acquis au 15 novembre.

La variation du plan d'eau est donc uniquement, à cette époque, le résultat de l'évaporation et des échanges souterrains. Ces derniers ne semblent pas négligeables avec les formations sableuses encaissantes où les eaux s'infiltrent et sont probablement ensuite en partie restituées : le phénomène se traduit par une baisse mensuelle du lac, de 20 à 23 cm, très sensiblement analogue en décembre-janvier, (faible évaporation, forte infiltration), à ce qu'elle sera en avril-mai (forte évaporation, restitution souterraine).

L'état des observations en notre possession, arrêté au 31 décembre en ce qui concerne les données d'évaporation et de hauteurs du lac, ne nous permet pas pour l'instant d'établir le bilan de l'année hydrologique 1972 - 1973.

Il est cependant intéressant de comparer les ordres de grandeur respectifs de l'évaporation sur le lac (estimée à partir de celle du bac) et des échanges souterrains.

TABLEAU 8

HAUTEUR à L'ECHELLE
au 15 du mois
en cm
LAC de MADARCUNFA

Altitude du zéro : 352,60 m

Année	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai
1956-1957		27	303	258	220	190	168	145	123	103	81	59
1957-1958	58	63	211	275	239	200	174	153	128	109	86	61
1958-1959	43	39	238	257	208	175	154	(136)	(116)	(96)	(76)	(56)
1959-1960												
1960-1961			298	230	(200)	189	178	(158)	(136)	(115)	(90)	(70)
1961-1962	49	142	385	308	223	194	173	153	133	113	91	69
1962-1963	49	57	206	238	225	200	182	161	140	116	96	72
1963-1964	79	100	238	270	240	207	188	168	149	127	105	83
1964-1965	66	81	266	325	235	200	180	162	143	123	100	78
1965-1966	77	128	209	268	224	(205)	(180)	153	133	113	93	(73)
1966-1967	56	83	194	252	234	203	182	163	143	122	101	81
1967-1968	59	245	258	301	234	207	190	175	155	136	113	98
1968-1969	84	137	192	204	180	158	139	122	105	89	66	45
1969-1970	26	99	196	216	199	176	155	137	117	100	78	56
1970-1971	37	27	269	268	214	193	173	155	135	117	95	73
1971-1972	57	85	278	258	208	183	166	145	125	107	85	61
1972-1973	48	80	188	209	182	157	137					

On supposera que le bac Colorado est parfaitement représentatif de l'évaporation sur le lac en ce qui concerne les totaux mensuels et leur répartition (c'est probablement une estimation par excès de 10 % environ). Le bilan des échanges souterrains est l'inconnue.

Le bilan hydrologique pour une période quelconque, s'écrit :

$$(Agg + Agm + Acm + Ap) - (Pcm + Pe) + i = dv$$

- avec :
- Agg : apport du GOULBI de GABI
 - Agm : apport de débordement du GOULBI de MARADI
 - Acm, Pcm : apports ou pertes par le canal de MADAROUNFA
 - Ap : apport pluviométrique
 - Pe : perte par évaporation
 - i : participation des échanges souterrains, quantité algébrique
 - dv : stockage du lac (quantité algébrique).

Essai de bilan hydrique du 1er janvier au 31 décembre 1972 :

Evaporation mensuelle (I.2.2) et superficie du lac au 15 de chaque mois (tableau 4 et Gr. 8):

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
S (km ²)	(3,30)	2,70	2,20	1,70	1,20	1,00	1,60	4,20	4,55	4,08	3,54	3,06
e (mm)	177	122	158	162	288	276	257	174	168	245	291	245

- Agg : 8,830.10⁶ m³ (I.3.4.4)
- Agm : 0,020.10⁶ m³ (I.3.2.4)
- Acm - Pcm : - 0,468.10⁶ m³ (I.3.6.4)
- Ap : 0,883.10⁶ m³ (I.1.2)
- Pe : 6,844.10⁶ m³
- dv : - 0,800.10⁶ m³

Si I est le bilan des échanges souterrains sur la période :

$$I_{(10^6 \text{ m}^3)} = - 3,221$$

Même en tenant compte de l'imprécision sur les courbes bathymétriques du lac, l'importance de cette valeur des pertes par infiltration, comparée à celle de l'évaporation, paraît significative.

En l'absence de données hydrogéologiques, il est impossible de préciser plus exactement les parts de l'évaporation estimée plus haut, pensons-nous, à 10 % près, et des échanges souterrains.

CHAPITRE III

DEBITS DE CRUE

III.1 Crues du GOULBI de GABI.

III.1.1 Débits maximaux annuels observés à BARGAYA.

Les débits maximaux annuels observés sont les suivants, au nombre de neuf :

1962	22,5 m ³ /s	1968	26,5 m ³ /s
1963	37,0 m ³ /s	1969	32,5 m ³ /s
1964	20,9 m ³ /s	1970	non observé
1965	17,8 m ³ /s	1971	32,5 m ³ /s
1966	26,5 m ³ /s	1972	30,5 m ³ /s
1967	non observé		

Le graphique 13 présente l'hydrogramme de crue du 22-23 août 1963.

III.1.2 Eventualité d'un maximum annuel.

L'échantillon défini ci-dessus est de taille modeste, mais peu dispersé.

La distribution naturelle des valeurs est figurée graphique 13 et a un comportement presque gaussique.

Le débit maximal médian de cette distribution doit être assez représentatif.

Les débits maximaux de 1967 et 1970 n'ont pas été observés et l'échantillon tend probablement à sous-estimer les crues de fréquence rare.

Nous admettrons :

Débit maximal médian	: 27 m ³ /s
Débit maximal décennal	: 40 à 45 m ³ /s

III.2 Crues du GOULBI de MARADI.

Malgré, d'une part la proximité des deux stations, et d'autre part la faible partie du bassin complémentaire, les maximaux à MADAROUNFA ne sont pas liés à la seule pointe observée à NIELLOUA : l'importance des zones d'épandage à l'aval de cette dernière station fait jouer au volume de la crue et au régime d'écoulement antérieur un rôle important.

III.2.1 Débits maximaux annuels observés à MADAROUNFA-Pont.

Les débits maximaux annuels de crue à MADAROUNFA sont connus depuis 1956 à l'exception de l'année 1959. Les relevés antérieurs à 1961 sont moins sûrs. Le fonctionnement d'un limnigraphe à partir de cette époque garantit la qualité des données limnimétriques.

1956	110 m ³ /s	1965	104 m ³ /s
1957	95 m ³ /s	1966	105 m ³ /s
1958	220 m ³ /s	1967	200 m ³ /s
1959		1968	117 m ³ /s
1960	80 m ³ /s	1969	158 m ³ /s
1961	450 m ³ /s	1970	(413) m ³ /s
1962	195 m ³ /s	1971	270 m ³ /s
1963	350 m ³ /s	1972	115 m ³ /s
1964	254 m ³ /s		

La valeur de 1970 est sans doute surestimée (tarage des débordements douteux).

III.2.2 Eventualité d'un maximum annuel.

En l'absence de données pluviométriques longue durée sur le bassin autres que celles de la périphérie à KATSINA, il est impossible d'envisager une extension hydropluviométrique des observations hydrométriques. Nous retiendrons seulement, cela a été vu pour les modules, que certaines années de la décade 1961-70 ont connu une abondance pluviométrique mensuelle jamais vue depuis 1932 au voisinage de KATSINA.

D'autre part, aucune crue analogue à celle de 1961 n'a été observée par les anciens du village de MADAROUNFA. Ce renseignement confirme l'analyse sommaire de la pluviométrie à KATSINA et peut être considéré comme sûr : tout phénomène exceptionnel, menaçant par ailleurs le village de MADAROUNFA, présenterait une durée suffisante pour être reconnu.

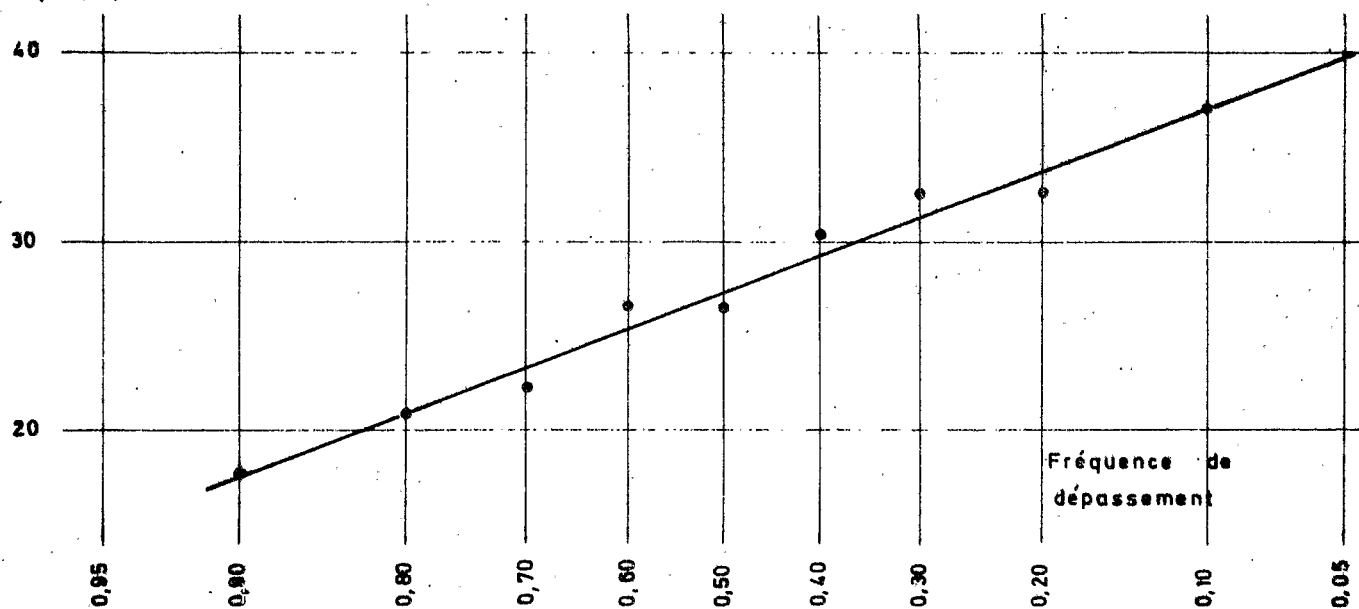
La distribution naturelle des maximums observés est illustrée graphique 14. Les caractéristiques en sont :

LES DEBITS MAXIMAUX

Goulbi de GABI à BARGAYA

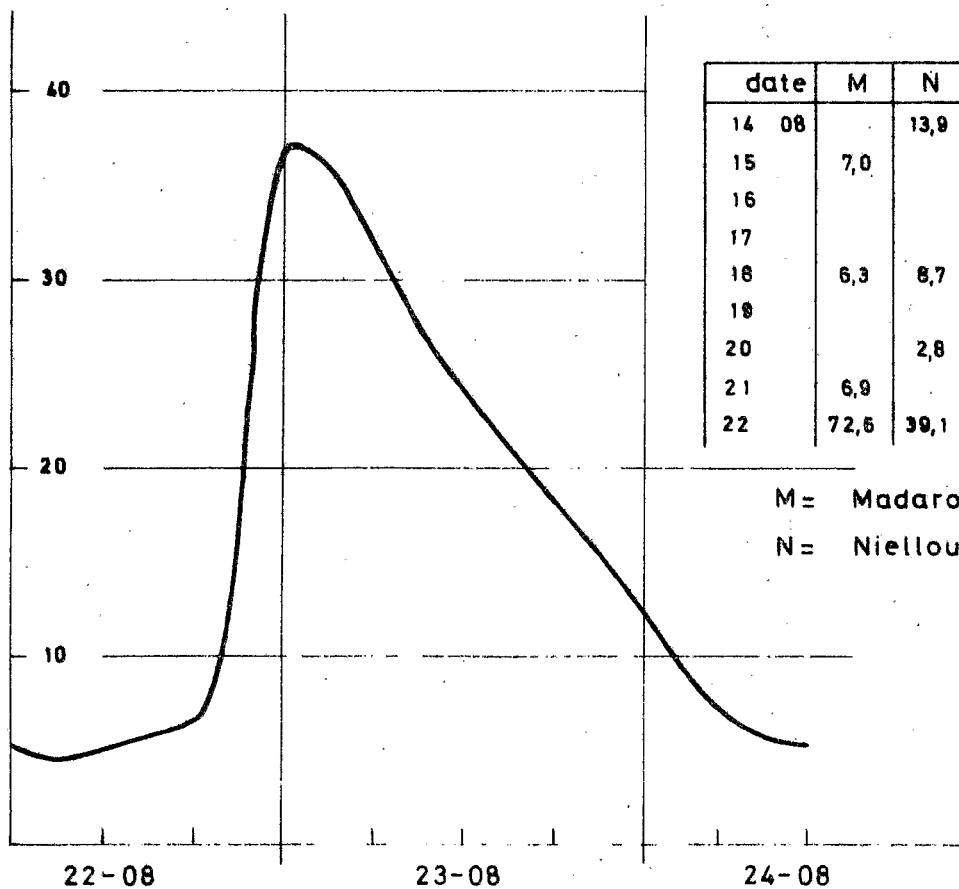
Débit maximum
annuel
(m³/s)

Distribution naturelle des débits maximaux



Crue du 22/23-08-1963

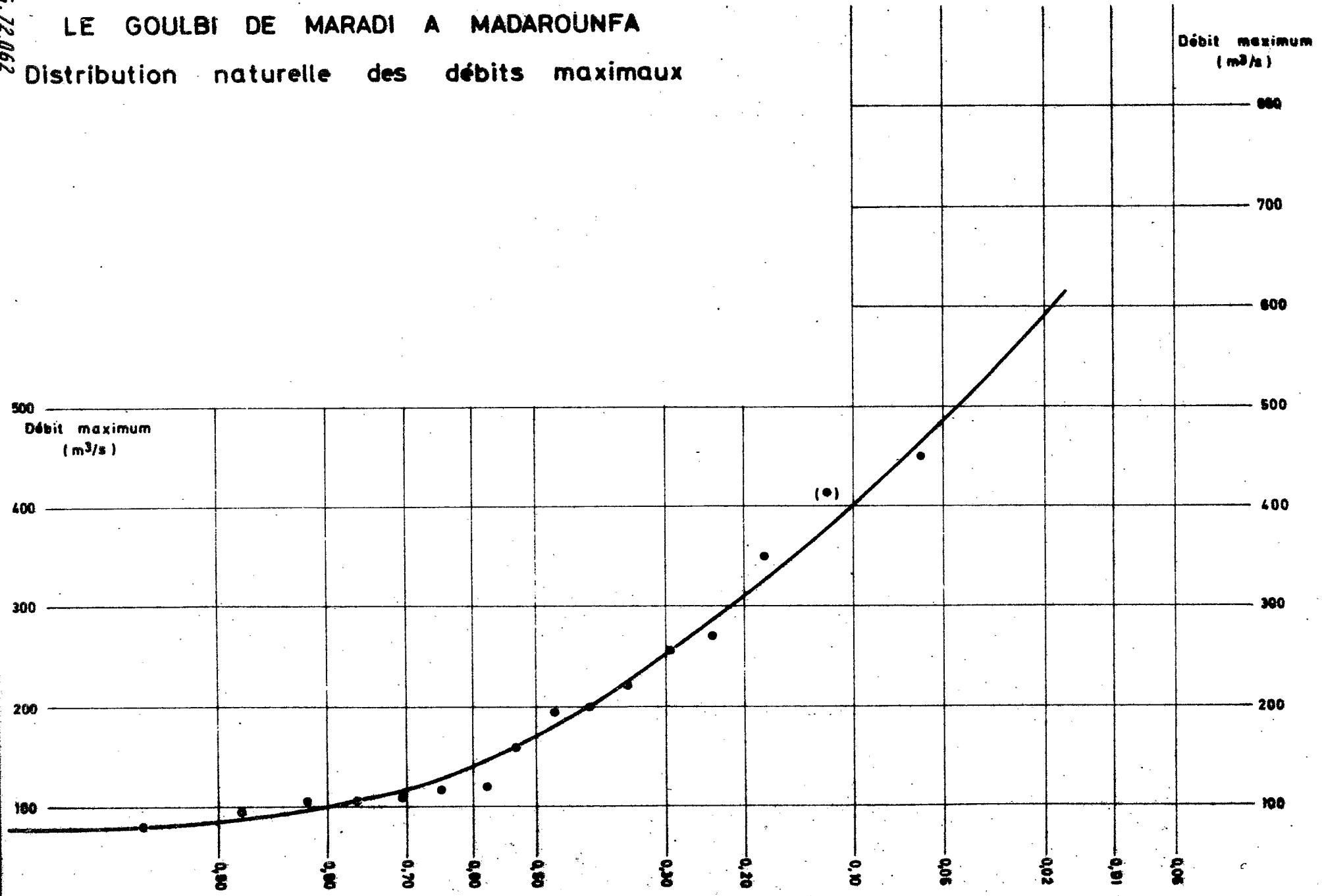
Pluie (mm)



NIG. 72.062

LE GOULBI DE MARADI A MADAROUNFA

Distribution naturelle des débits maximaux



Dépassement	50/100	10/100	5/100	2/100	1/100
Maximum annuel (m ³ /s)	170	400	480	590	670

Si la valeur du débit maximal médian semble pouvoir être retenue, les quantiles rares calculés à partir de l'échantillon semblent plutôt surestimés à la lumière des renseignements complémentaires exposés ci-dessus.

Nous retiendrons finalement les valeurs suivantes :

Débit maximal médian	155 à 185 m ³ /s
Débit maximal décennal	350 à 400 m ³ /s
Débit maximal cinquantenaire	450 à 600 m ³ /s
Débit maximal centenaire	500 à 700 m ³ /s

III.2.3 La crue de 1961.

Les tableaux 9 et 10 récapitulent les données limnimétriques et les hydrogrammes des mois d'août et de septembre 1961, dont nous avons souligné le caractère exceptionnel.

TABLEAU 9

CRUE de 1961:
à MADAROUNFA-Pont.
Mois d'août

Altitude du zéro d'échelle : 355,20 m

	6 h		12 h		18 h		24 h	
	H (cm)	Q (m ³ /s)	H (cm)	Q (m ³ /s)	H (cm)	Q (m ³ /s)	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	124	28,5	122	27,5	118	24,5	108	19,0
2	98	14,5	91	12,5	83	9,30	77	7,50
3	74	6,70	71	5,90	69	5,40	68	5,10
4	65	4,50	63	4,00	61	3,60	60	3,40
5	61	3,60	106	18,0	84	9,60	78	7,80
6	72	6,10	68	5,10	64	4,30	61	3,60
7	59	3,20	58	3,10	57	2,90	56	2,70
8	60	3,40	70	5,60	100	15,0	140	39,0
9	162	58,0	132	34,0	116	23,5	176	72,0
10	174	70,0	192	92,0	176	72,0	153	50,0
11	144	42,0	182	79,0	151	48,0	146	44,0
12	226	222	244	352	248	384	230	250
13	226	222	225	215	226	222	222	194
14	220	180	218	169	214	148	216	158
15	213	142	211	131	211	131	210	126
16	210	126	210	126	206	117	200	103
17	192	92,0	186	84,0	181	78,0	178	75,0
18	172	68,0	166	62,0	162	58,0	185	83,0
19	215	153	213	142	214	148	212	137
20	210	126	206	117	200	103	198	100
21	200	103	198	100	193	93,0	188	87,0
22	193	93,0	189	88,0	192	92,0	194	95,0
23	190	89,0	186	84,0	182	79,0	177	74,0
24	172	68,0	168	64,0	190	89,0	196	96,0
25	200	103	202	108	200	103	182	79,0
26	188	87,0	184	82,0	190	89,0	204	112
27	211	131	210	126	213	142	212	137
28	210	126	209	124	207	119	206	117
29	204	112	198	100	190	89,0	178	75,0
30	164	60,0	160	56,0	164	60,0	232	264
31	204	112	180	77,0	166	62,0	158	54,0

Maximum enregistré le 12 août à 16 h

H = 256 cm Q estimé à 450 m³/s

TABIEAU 10

CRUE de 1961

à MADAROUNFA-Pont

Mois de septembre

Altitude du zéro d'échelle 355,20 m

	6 h		12 h		18 h		24 h	
	H (cm)	Q (m ³ /s)	H (cm)	Q (m ³ /s)	H (cm)	Q (m ³ /s)	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	223	194	226	222	228	236	231	257
2	237	299	239	313	236	292	229	243
3	220	180	212	194	200	103	190	89,0
4	187	77,0	170	66,0	190	89,0	184	82,0
5	178	75,0	172	68,0	168	64,0	164	60,0
6	161	57,0	158	54,0	154	50,0	150	47,0
7	148	45,0	148	45,0	148	45,0	148	45,0
8	186	84,0	178	75,0	168	64,0	158	54,0
9	150	47,0	147	45,0	146	44,0	197	99,0
10	212	137	220	180	223	201	222	194
11	223	201	224	208	225	215	218	169
12	200	103	188	87,0	179	76,0	170	66,0
13	160	56,0	153	50,0	150	47,0	164	60,0
14	159	55,0	150	47,0	143	42,0	136	36,0
15	130	32,0	126	29,0	121	26,0	118	24,0
16	116	23,0	114	22,0	116	23,0	117	24,0
17	116	23,0	116	23,0	128	31,0	136	36,0
18	132	34,0	124	28,0	115	22,0	107	18,0
19	102	16,0	98	14,0	97	14,0	94	13,0
20	92	12,0	90	11,0	86	10,0	84	10,0
21	86	10,0	120	25,0	127	30,0	140	39,0
22	140	39,0	125	29,0	114	22,0	109	19,0
23	106	18,0	107	18,0	111	20,0	114	22,0
24	108	19,0	100	15,0	100	15,0	104	17,0
25	100	15,0	95	13,0	90	11,0	89	11,0
26	89	11,0	94	13,0	90	11,0	84	10,0
27	80	8,40	78	7,80	76	7,30	75	7,00
28	74	6,70	72	6,10	70	5,60	69	5,40
29	69	5,40	68	5,10	67	4,90	67	4,90
30	66	4,70	64	4,30	63	4,00	62	3,80

CHAPITRE IV

CONCLUSION

L'étude présente a été l'occasion de récapituler les données de base d'aménagements du régime du GOULBI de MARADI à MADAROUNFA en vue de la protection contre les crues comme de l'utilisation des apports en vue de l'irrigation.

Avec une série d'une quinzaine d'années d'observations hydrométriques sans interruption, dont une année réputée très forte, le projeteur possède, dans la zone d'étude, des références hydrologiques assez consistantes.

Cependant, quelque peu en marge de l'étude fréquentielle des apports et des crues, très directement liée à l'économie des aménagements, le problème du bilan hydrique du lac naturel de MADAROUNFA a pu être abordé sérieusement en 1972. Le bilan a fait apparaître, pour cette année calendaire très sèche, l'importance relative des pertes souterraines par rapport à l'évaporation estimée. La poursuite de certaines mesures effectuées en 1972, notamment le contrôle continu du canal de MADAROUNFA, pourrait être recommandée en même temps que l'observation des nappes locales pour préciser si possible la séparation des pertes par infiltration et par évaporation pour différentes hydraulicités.

L'exploitation du limnigraphe de MADAROUNFA-Amont, implanté en 1972, pourrait par ailleurs être poursuivie pendant la campagne 1973, dans le but de préciser l'évolution des lignes d'eau au site du barrage d'alimentation de la réserve au-delà d'un débit de 115 m³/s.

BIBLIOGRAPHIE

- - - - -

- "Bilan sommaire des Etudes d'Hydrologie de Surface effectuées sur le Territoire de la République du NIGER" - 1964 - ORSTOM, Service Hydrologique, PARIS, 57 p. + annexes + graph. (ronéo). -
- "Observations et Mesures Hydrologiques dans les "Vallées Sèches" - Résultats de la Campagne 1961" - 1962 - ORSTOM, S.H., PARIS, 32 p. + graph. (ronéo). -
- "LEFEVRE (R.), PERRET (A.) - Mars 1963 - Observations et Mesures Hydrologiques dans les Vallées Sèches - Campagne 1962" - ORSTOM, S.H., PARIS, 71 p. + graph. (ronéo). -
- "PERRET (A.) - Mai 1964 - Observations et Mesures Hydrologiques dans les Vallées Sèches - Campagne 1963" - ORSTOM, S.H., PARIS, 84 p. + graph. (ronéo). -
- "VUILLAUME (G.), DUBEE (G.) - 1966 - Observations et Mesures Hydrologiques dans les Vallées Sèches - Rapport de la Campagne 1964" - ORSTOM, S.H., PARIS, 90 p. + graph. (ronéo). -
- "Mission de l'ORSTOM au NIGER - 1966 - Observations et Mesures Hydrologiques dans les Vallées Sèches - Rapport de la Campagne 1965" - ORSTOM, S.H., PARIS, 90 p. + graph. (ronéo). -
- "Annuaire Hydrologique du NIGER - Année 1966" - 1967 - ORSTOM, S.H., PARIS, 81 p., 43 graph., 95 tabl. (ronéo). -
- "Annuaire Hydrologique du NIGER - Année 1967" - Janvier 1968 - ORSTOM, S.H., NIAMEY, 87 p. (ronéo). -
- "Mission Hydrologique de l'ORSTOM au NIGER - Août 1969 - Annuaire Hydrologique du NIGER - Année 1968" - ORSTOM, S.H., PARIS, 139 p., 26 fig. (ronéo). -
- "Annuaire Hydrologique du NIGER - Année 1969" - Août 1970 - ORSTOM, S.H., NIAMEY, 111 p. (ronéo). -
- "Annuaire Hydrologique du NIGER - Année 1970" - Septembre 1971 - ORSTOM, Mission Hydrologique, PARIS, (ronéo). -
- "Annuaire Hydrologique du NIGER - Année 1971" - Septembre 1972 - ORSTOM, Mission Hydrologique, 119 p. (ronéo). -
- "CHAPERON (P.) - 1971 - Note Hydrologique sur le GOULBI de MARADI et le Lac de MADAROUNFA (NIGER)" - ORSTOM, S.H., PARIS, (ronéo). -

ANNEXES

ANNEXES

TABLEAU A1

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE
(mm)

Mai 1972

Date	KANO	KATSINA	NIELLOUA	MADA mét 60	MADA village	MADA canal	MARADI
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							10,6
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15				7,7			9,8
16			1,5	7,0			
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							4,2
25			0,3	1,1			TR
26							
27							
28				8,0			0,7
29							
30			0,6				
31			20,7	8,6			0,5
Total mensuel:	55,4	97,5	23,1	32,4	-	-	15,8

TABLEAU A2

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE
(mm)

Juin 1972

Date	KANO	KATSINA	NIELLOUA	MADA météo	MADA village	MADA canal	MARADI
1				16,0	16,7		0,1
2							
3							
4							
5							6,3
6							
7							
8							
9							
10							
11							0,6
12			3,3				5,8
13				30,0	37,5		0,2
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21			11,3				9,2
22				21,0	19,3		TR
23							0,4
24				0,7	0,6		
25							
26							
27			7,8				
28			5,9				1,2
29				0,6	0,2		
30							TR
Total mensuel:	118,0		28,3	52,3	57,6	-	23,8

TABLEAU A3

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE
(mm)

Juillet 1972

Date	KANO	KATSINA	NIELLOUA	MADA météo	MADA village	MADA canal	MARADI
1			4,4				
2							
3							
4							
5					0,3		
6			4,5				4,8
7							
8							
9							TR
10							
11			15,2	3,2	5,3		
12				10,0	13,1		0,2
13							
14							
15							
16							
17							
18							13,6
19				3,0	3,5		
20			0,3				18,4
21			1,5	11,5	14,2		0,2
22				0,4	0,7		
23							
24							
25							2,0
26							
27			21,5	16,0	15,0	12,8	23,5
28			39,0				0,5
29					17,8	30,0	24,0
30							
31							
Total mensuel:	45,0	118,0	86,4	44,1	69,9	42,8	87,2

TABLEAU A4

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE
(mm)

Août 1972

Date	KANO	KATSINA	NIELLOUA	MADA météo	MADA village	MADA canal	MARADI
1							
2			8,5				
3							
4				9,0	5,0	3,7	
5			25,2				17,6
6				24,8	21,2	23,1	0,1
7							
8			16,7				25,3
9				10,1	11,3	14,3	
10			6,4	11,2	12,1	8,2	1,0
11			2,2			3,1	29,5
12			18,7	2,2	2,5	1,7	25,4
13				8,7	7,9	8,5	
14							
15							
16							
17							
18				1,3	1,0		
19			12,0			14,1	9,1
20				15,0	13,4		
21			11,9				
22			18,9				1,7
23				6,2	6,7	7,1	
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							28,4
31			28,8	24,6	25,7	38,5	
Total mensuel:	284,5	139,5	149,3	113,1	106,8	122,8	138,1

TABLEAU A5

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE
(mm)

Septembre 1972

Date	KANO	KATSINA	NIELLOUA	MADA météo	MADA village	MADA canal	MARADI
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7			2,5	12,0	14,0	5,5	
8			7,3	29,6	32,9	24,9	11,0
9							
10							
11			4,2				0,8
12				10,9	14,7	2,5	
13			4,0				
14							
15							
16							TR
17			1,1			3,2	
18							
19			3,2				
20							
21							7,2
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
Total mensuel:	47,3	135,7	22,3	52,5	61,6	36,1	19,0

TABLEAU A6

JAUGEAGES 1972

Station de NIELLOUA (GOULBI de MARADI)

N°	Date	Début :H (m)(1)	Fin : H (m)	Q(2) :(m ³ /s)	V ms(3) :(m/s)	V m(4) :(m/s)
37	20-6-72	0,02	0,02	0,017		
38	22-6-72	1,51	1,44	52,0	1,297	1,209
39	22-6-72	1,44	1,35	48,0	1,285	1,142
40	22-6-72	1,35	1,29	40,0	1,071	1,111
41	22-6-72	1,26	1,21	38,0	1,187	1,117
42	22-6-72	1,15	1,10	32,0	1,163	1,103
43	22-6-72	0,63	0,60	9,30	0,762	0,845
44	22-6-72	0,69	0,66	11,9	0,718	0,772
45	22-6-72	0,97	0,91	22,5	1,014	1,022
46	22-6-72	0,87	0,79	21,0	0,902	0,840
47	22-6-72	1,00	0,97	26,5	1,127	1,039
48	22-6-72	1,04	1,01	28,0	1,177	1,076
49	22-6-72	1,10	1,05	30,0	1,131	1,034
50	22-6-72	1,56	1,51	58,0	1,240	1,234
51	24-6-72	0,45	0,46	4,25	0,696	0,615
52	29-6-72	1,53	1,49	54,0	1,312	1,200
53	4-7-72	0,28	0,28	1,45	0,441	0,570
54	5-7-72	0,50	0,49	5,70	0,704	0,619
55	6-7-72	0,45	0,44	2,78	0,616	0,464
56	10-7-72	0,28	0,28	0,995	0,506	0,497
57	11-7-72	0,22	0,22	0,455	0,407	0,406
58	29-7-72	3,10	3,05	310	3,013	
59	29-7-72	2,94	2,90	209	2,101	
60	29-7-72	2,87	2,85	197	2,004	
61	29-7-72	2,67	2,61	168	1,955	
62	6-8-72	2,88	2,91	203	2,156	
63	6-8-72	2,79	2,75	172	2,025	
64	6-8-72	2,46	2,35	130	1,504	1,428
65	6-8-72	2,10	1,95	91,0	1,250	1,280
66	6-8-72	1,75	1,68	69,0	1,170	1,095
67	9-8-72	2,25	2,25	118	1,554	1,404
68	9-8-72	1,91	1,85	86,0	1,512	1,343
69	24-8-72	0,65	0,62	12,9	0,758	0,767
70	26-8-72	0,32	0,31	3,40	0,549	0,551
71	28-8-72	0,30	0,30	2,40	0,635	0,674

(1) H = cote du plan d'eau

(2) Q = débit

(3) V_{ms} = vitesse moyenne de surface

(4) V_m = vitesse moyenne de l'écoulement.

TABLEAU A7

HYDROGRAMME 1972
Station de NIELLOUA
Mois d'Août

Débits instantanés (m ³ /s)										Débit (m ³ /s)	
1	3,90	2,68									3,29
2	2,20	2,04	20,6								8,28
3	36,4	15,2	7,40								19,7
4	6,00	11,2	4,80								7,33
5	2,68	1,56	1,00								1,74
6	18,4	175	142	159	35,2	70,2	100				
7	44,4	52,0	28,6	17,5	12,3	9,50	27,4				
8	6,70	4,20	2,84				4,58				
9	2,36	16,6	104	77,4	42,0	25,0	44,6				
10	37,0	30,2	29,4				32,2				
11	8,45	4,80	3,00				5,41				
12	4,20	8,80	5,40				6,13				
13	4,50						4,50				
14	3,90	3,00	2,04	1,72	1,72	17,5	4,98				
15	20,6	11,6	8,10				13,4				
16	3,60						3,60				
17	2,04	1,72	3,00				2,25				
18	2,68						2,68				
19	1,88	1,72	1,56	1,56	1,40	6,00	2,35				
20	83,0	155	64,2	31,0	20,2	14,8	61,4				
21	11,6	8,80	7,75	6,00	6,00	29,4	11,6				
22	42,0	64,9	60,0	38,5	26,0	17,5	41,5				
23	24,0	15,7	27,0	30,2	22,0	16,6	22,6				
24	14,8	9,15	6,35				10,1				
25	3,90						3,90				
26	2,36						2,36				
27	1,56						1,56				
28	1,10						1,10				
29	0,80						0,80				
30	1,00						1,00				
31	19,3	193	196	130	83,0	49,0	112				
			X = 245	m ³ /s							Y = 11,2
			N = 1,56	m ³ /s							

TABLEAU A8

JAUGEAGES 1972

Station PONT de MADAROUNFA (GOULBI de MARADI)

N°	Date	Début H (m)(1)	Fin H (m)	Q(2) (m ³ /s)	V _{ms} (3) (m/s)	V _m (4) (m/s)
43	22-6-72	1,75	1,68	27,4	0,955	0,825
44	22-6-72	1,60	1,60	26,0	0,915	0,815
45	7-7-72	1,59	1,57	21,5	0,967	0,884
46	7-7-72	1,55	1,53	18,8	0,960	1,050
47	7-7-72	1,50	1,48	15,3	0,803	0,683
48	8-7-72	1,40	1,39	12,3	0,853	0,740
49	8-7-72	1,35	1,34	8,00	0,627	0,512
50	8-7-72	1,45	1,43	14,2	0,923	0,830
51	9-7-72	1,20	1,20	4,80	0,467	0,406
52	9-7-72	1,15	1,15	3,20	0,401	0,390
53	9-7-72	1,10	1,10	2,60	0,390	0,361
54	11-7-72	0,88	0,88	0,482	0,414	0,408
55	12-7-72	2,35	2,20	71,0	1,672	1,443
56	12-7-72	2,20	1,15	57,0	1,470	1,228
57	12-7-72	2,09	2,05	46,8	1,362	1,147
58	12-7-72	2,05	2,00	44,2	1,417	1,178
59	12-7-72	2,00	1,97	39,0	1,202	1,095
60	12-7-72	1,88	1,84	32,5	1,179	1,009
61	12-7-72	1,84	1,81	30,0	1,136	0,974
62	12-7-72	1,78	1,75	25,4	1,093	0,940
63	12-7-72	1,70	1,67	21,4	1,022	0,849
64	14-7-72	1,00	1,00	1,00	0,262	0,245
65	14-7-72	0,95	0,95	0,660	0,220	0,208
66	14-7-72	1,05	1,05	1,47	0,282	0,278
67	17-7-72	1,28	1,28	5,80	0,477	0,432
68	24-7-72	0,75	0,75	0,132		
69	25-7-72	0,80	0,80	0,186		
70	29-7-72	2,60	2,60	111	2,200	lit mineur
71a	31-8-72	2,65	2,65	114	2,200	lit mineur
72	6-9-72	1,10	1,10	1,80		
73	7-9-72	1,56	1,50	14,88		
74	11-9-72	1,00	1,00	1,16		
75	12-9-72	0,97	0,97	0,96		
71b	31-8-72	non rattaché		0,347	débordement R.G	

(1) H = cote du plan d'eau

(2) Q = débit en volume

(3) V_{ms} = vitesse moyenne de surface

(4) V_m = vitesse moyenne de l'écoulement.

TABLEAU A9

HAUTEURS D'EAU
en cm

Station MADAROUNFA-Pont

1972

(Zéro 354,31 m/ N° 82 SOGETEC à 356,40 m)

Répartition homogène sur les 24 h de 1 à 6 relevés

Jours:	MAI					JUIN					
1						122	148	156	138	165	160
2						147	138	132	132	131	125
3						110					
4						104					
5						109					
6						*					
7						112	112	102			
8						89	132	138			
9						130	134	116			
10						98					
11						-					
12						-					
13						116					
14						118					
15						92					
16						-	peut-être faible écoulement				
17						-	peut-être faible écoulement				
18	pas d'écoulement avant le 19-5					-	peut-être faible écoulement				
19	82	94				-	peut-être faible écoulement				
20	- peut-être faible écoulement					-	peut-être faible écoulement				
21	- peut-être faible écoulement					-	peut-être faible écoulement				
22	- peut-être faible écoulement					-	190	150			
23	- peut-être faible écoulement					134	134	132			
24	- peut-être faible écoulement					118					
25	- peut-être faible écoulement					121	116	116			
26	- peut-être faible écoulement					93					
27	- peut-être faible écoulement						pas d'élément 0-1				
28	- peut-être faible écoulement					107	112	107			
29		150	214	194	174	164	93	93	182	174	
30	156	154	152				143	133	129		
31	188	128	122								
						X = 224 cm				X = 196 cm	
						N = sec					

* - valeurs non enregistrées.

TABLEAU A10

HAUTEURS D'EAU
en cm

Station MADAROUNFA-Pont

1972

(Zéro 354,31 m/ N° 82 SOGETEC à 356,40 m)

Répartition homogène sur 24 h de 1 à 6 relevés

Jours:	JUILLET						AOÛT						
1	107						130	125	121				
2	91						118	114	111				
3	100						110	133	158	170	158	147	
4	102	106	106				136	129	126				
5	106	106	114				134	117	112				
6	108	129	112				111	111	250	258	222	194	
7	104	152	156				200	196	200	180	166	168	
8	150	136	130				153	147	145	140	137	134	
9	116						131	132	129	206	224	194	
10	87						176	164	155	151	146	141	
11	81	81	81	81	81	134	138	138	140	138	130	123	
12	112	240	200	165	150	141	118	113	112	111	130	132	
13	132	121	114				128	124	128	126	124	122	
14	100						119	118	117	115	112	109	
15	85						110	132	160	156	149	142	
16	85	105	130				138	134	129	124	121	117	
17	149	132	117				114	111	107				
18	103	93					107	116	114				
19	85	85	184				112	110	108				
20	147	143	133				110	220	259	224	194	184	
21	115	102					172	164	156	150	144	139	
22	93	88					138	192	210	210	188	176	
23	83	78					170	169	166	168	184	178	
24	75	83					168	164	162	167	150	146	
25	71						140	134	129				
26	67						125	122	118				
27	62	62	168				116	114	112				
28	150	150	163	158	148	140	111	110	108				
29	142	172	256	256	224	206	107	105	103				
30	188	166	154				101	100	98				
31	145	142	136				108	134	259	265	263	239	
		X = 261 cm					X = 265 cm	le 31 Août 15 h					
		N = 71 cm					N = 98 cm						

TABLEAU A11

HAUTEURS D'EAU
en cm

Station MADAROUNFA-Pont

1972

(Zéro 354,31 m/ N° 82 SOGETEC à 356,40 m)

Répartition homogène sur les 24 h de 1 à 6 relevés

Jours:	SEPTEMBRE						OCTOBRE
1	210	193	184	174	168	163	fin d'écoulement
2	156	148	140				fin d'écoulement
3	135	131	128				fin d'écoulement
4	126	123	120				fin d'écoulement
5	118	116	113				fin d'écoulement
6	111	109	108				fin d'écoulement
7	107	156	152	143	138	134	fin d'écoulement
8	129	125	122	151	148	136	fin d'écoulement
9	128	122	117				fin d'écoulement
10	112	109	107				fin d'écoulement
11	106	101					fin d'écoulement
12	97						fin d'écoulement
13	122	117	109				fin d'écoulement
14	104						fin d'écoulement
15	97	96	116				fin d'écoulement
16	116	111	106				fin d'écoulement
17	102	113	115				fin d'écoulement
18	112	108	104				fin d'écoulement
19	108	106	103				fin d'écoulement
20	96	94					fin d'écoulement
21	90	89					fin d'écoulement
22	85	84					fin d'écoulement
23	82	81					fin d'écoulement
24	79						fin d'écoulement
25	75						fin d'écoulement
26	73	90					fin d'écoulement
27	91	87					fin d'écoulement
28	83	81					fin d'écoulement
29	75	72					fin d'écoulement
30	69	66					fin d'écoulement
31							fin d'écoulement
			X = 210 cm				
			N = 66 cm				

TABIEAU A12

HYDROGRAMME 1972

Station de MADAROUNFA-Pont

Mois d'Août

Débits instantanés (m ³ /s)										Débit (m ³ /s)	
1	7,40	5,85	4,61								5,95
2	3,90	3,10	2,50								3,16
3	2,30	8,48	18,8	24,2	18,8	13,9					14,4
4	9,56	7,09	6,16								7,60
5	8,84	3,70	2,70								5,08
6	2,50	2,50	96,5	106	63,2	37,8					51,4
7	42,0	39,2	42,0	29,2	22,4	23,3					33,0
8	16,5	13,9	13,1	11,0	9,92	8,84					12,2
9	7,76	8,12	7,09	47,4	65,4	37,8					28,9
10	27,2	21,5	17,4	15,6	13,5	11,4					17,8
11	10,3	10,3	11,0	10,3	7,40	5,23					9,08
12	3,90	2,90	2,70	2,50	7,40	8,12					4,58
13	6,78	5,54	6,78	6,16	5,54	4,92					5,95
14	4,10	3,90	3,70	3,30	2,70	2,17					3,31
15	2,30	8,12	19,7	17,9	14,7	11,8					12,4
16	10,3	8,84	7,09	5,54	4,61	3,70					6,68
17	3,10	2,50	1,91								2,50
18	1,91	3,50	3,10								2,83
19	2,70	2,30	2,04								2,34
20	2,30	61,0	108	65,4	37,8	31,5					51,0
21	25,2	21,5	17,9	15,2	12,6	10,6					17,2
22	10,3	36,4	51,0	51,0	33,8	27,2					34,9
23	24,2	23,7	22,4	23,3	31,5	28,2					25,5
24	23,3	21,5	20,6	22,8	15,2	13,5					19,5
25	11,0	8,84	7,09								8,97
26	5,85	4,92	3,90								4,89
27	3,50	3,10	2,70								3,10
28	2,50	2,30	2,04								2,28
29	1,91	1,65	1,39								1,65
30	1,13	1,00	0,90								1,01
31	2,04	8,84	108	115	113	82,8					51,2
			X = 115	m ³ /s							Y = 14,8
			N = 0,90	m ³ /s							

TABLEAU A13

HYDROGRAMME 1972
 Station de BARGAYA
 Mois de Juillet

Débits instantanés (m ³ /s)										Débit (m ³ /s)
1	0,25	0,18								0,21
2	0,13	0,10								0,11
3	0,00									0,00
4	0,00									0,00
5	0,00									0,00
6	0,00									0,00
7	0,00	0,00	0,00	2,04	2,17	2,34	2,38	2,38		1,41
8	2,52	2,48	2,45	2,45	2,41	2,41	2,20	1,49		2,30
9	0,59	0,21	0,15	0,13	0,11	0,10				0,21
10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04				0,07
11	0,00									0,00
12	0,00						3,95	4,15		1,01
13	3,79	2,86	1,88	1,38	0,99	0,76	0,57	0,43		1,58
14	0,31	0,20	0,15	0,12						0,19
15	0,08	0,05								0,06
16	0,00									0,00
17	0,00									0,00
18	0,00									0,00
19	0,00									0,00
20	0,00									0,00
21	0,00	0,00	0,10	0,11						0,05
22	0,10	0,09	0,12	0,06						0,09
23	0,06	0,05	0,04	0,01						0,04
24	0,00									0,00
25	0,00									0,00
26	0,00									0,00
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,07	5,31	14,0		2,79
28	13,0	11,0	8,24	6,20	5,96	4,70	3,20	2,14		6,80
29	1,67	2,10	2,20	1,88	4,53	10,3	30,5	28,5		10,2
30	24,5	21,7	20,6	14,9	11,6	5,85	3,20	2,14		13,1
31	1,67	1,44	1,04	0,67	0,67	0,53	0,39	0,32		0,84
				X = 30,5	m ³ /s					Y = 1,32
				N = 0,00	m ³ /s					

JAUCEAGES 1972

Station Canal de MADAROUNFA

N°	Date	Début H (cm)(1)	Fin H (cm)	Q (2) (m ³ /s)	V _{ms} (3) (m/s)	Observations
11	29-6-72	0,35	0,33	0,0023		écoulement vers lac
12	29-6-72	0,33	0,32	0,0017		écoulement vers lac
13	12-7-72	0,56	0,51	0,102		écoulement vers lac
14	12-7-72	0,37	0,34	0,037		écoulement vers lac
15	12-7-72	0,34	0,29	0,029		écoulement vers lac
16	12-7-72	0,47	0,38	0,040	0,082	écoulement vers lac
17	12-7-72	0,55	0,58	0,195	0,098	écoulement vers lac
18	12-7-72	0,76	0,65	0,325	0,149	écoulement vers lac
19	12-7-72	0,85	0,78	0,545	0,261	écoulement vers lac
20	27-7-72	0,43	0,51	0,065		écoulement vers lac
21	27-7-72	0,51	0,47	0,112		écoulement vers lac
22	27-7-72	0,42	0,40	0,064		écoulement vers lac
23	29-7-72	1,00	1,05	2,200	0,441	écoulement vers lac
24	29-7-72	0,97	0,92	1,340	0,392	écoulement vers lac
25	29-7-72	0,68	0,90	0,845	0,243	écoulement vers lac
26	29-7-72	0,51	0,54	0,094		écoulement vers lac
27	29-7-72	0,46	0,50	0,039		écoulement vers lac
28	30-7-72	0,47	0,46	0,051		écoulement vers lac
29	6-8-72	1,01	1,06	0,880	0,147	écoulement vers lac
30	6-8-72	1,09	1,08	1,052	0,184	écoulement vers lac
31	6-8-72	0,63	0,60	0,109		écoulement vers lac
32	6-8-72	0,88	1,01	0,735	0,143	écoulement vers lac
33	7-8-72	0,71	0,69	0,180	0,269	écoulement vers lac
34	9-8-72	0,66	0,83	0,308	0,118	écoulement vers lac
35	9-8-72	0,94	0,94	0,468		écoulement vers lac
36	18-8-72	0,36	0,35	0,100	0,182	écoulement vers GOULBI
37	19-8-72	0,30	0,30	0,065		écoulement vers GOULBI
38	20-8-72	0,97	0,91	0,460		écoulement vers lac
39	21-8-72	0,77	0,78	0,276		écoulement vers lac
40	21-8-72	0,47	0,47	0,240		écoulement vers GOULBI
41	23-8-72	0,66	0,66	0,420	0,176	écoulement vers GOULBI
42	23-8-72	0,61	0,61	0,370	0,181	écoulement vers GOULBI
43	27-8-72	0,59	0,58	0,486	0,273	écoulement vers GOULBI
44	28-8-72	0,54	0,54	0,460	0,323	écoulement vers GOULBI
45	29-8-72	0,52	0,52	0,420	0,338	écoulement vers GOULBI
46	30-8-72	0,50	0,50	0,380	0,272	écoulement vers GOULBI
47	1-9-72	0,74	0,73	0,248		écoulement vers GOULBI
48	1-9-72	0,69	0,68	0,244		écoulement vers GOULBI
49	2-9-72	0,64	0,64	0,445		écoulement vers GOULBI
50	2-9-72	0,60	0,60	0,442		écoulement vers GOULBI
51	3-9-72	0,56	0,56	0,414		écoulement vers GOULBI
52	3-9-72	0,56	0,56	0,440		écoulement vers GOULBI
53	5-9-72	0,52	0,52	0,310		écoulement vers GOULBI
54	6-9-72	0,49	0,49	0,340		écoulement vers GOULBI
55	9-9-72	0,50	0,50	0,320		écoulement vers GOULBI
56	12-9-72	0,45	0,45	0,274		écoulement vers GOULBI
57	15-9-72	0,41	0,41	0,293		écoulement vers GOULBI
58	15-9-72	0,41	0,43	0,320		écoulement vers GOULBI
59	18-9-72	0,38	0,38	0,240		écoulement vers GOULBI
60	18-9-72	0,38	0,38	0,280		écoulement vers GOULBI

(1) H = cote du plan d'eau à l'échelle

(2) Q = débit

(3) V_{ms} = vitesse moyenne de surface.

TABLEAU A15

DEBITS MOYENS JOURNALIERS
en m³/s

GOULBI de GABI à BARGAYA

1964-1965

Jours	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1	Sec	0,00	1,75	5,86	Sec
2		0,00	0,89	7,16	
3		0,00	0,56	5,65	
4		0,00	10,4	3,11	
5		0,00	4,15	0,88	
6		0,00	2,61	0,19	
7		0,00	5,04	0,40	
8		0,00	3,55	0,41	
9		0,00	1,39	0,04	
10		0,00	10,4	0,00	
11		0,00	3,77	0,00	
12		0,00	0,33	1,84	
13		0,00	0,67	5,22	
14		0,00	2,64	1,23	
15		0,00	7,95	0,21	
16		0,00	2,33	1,12	
17		0,70	0,85	0,24	
18		0,09	0,73	0,04	
19		3,08	0,10	0,00	
20		3,65	5,72	0,00	
21		1,72	2,33	0,00	
22		2,29	4,89	0,00	
23		0,11	0,61	0,00	
24		1,96	2,86	0,00	
25		1,72	13,5	0,00	
26		0,58	4,48	0,00	
27		0,09	0,54	0,00	
28		0,02	1,27	0,00	
29		0,00	11,2	0,00	
30		0,00	18,7	0,00	
31		0,00	10,4		
Y	0,00	0,52	4,41	1,12	0,00

Module annuel : 0,51 m³/s

TABLEAU A16

DEBITS MOYENS JOURNALIERS
en m³/s

GOULBI de GABI à BARGAYA

1971-1972

Jours	Jun	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1		0,00	0,00	0,00	Sec
2		0,00	0,00	0,00	
3		0,39	0,00	0,00	
4		0,18	4,49	0,00	
5		0,06	8,09	0,00	
6		4,07	15,8	0,00	
7		1,03	8,48	0,00	
8		0,89	1,35	1,22	
9		1,76	9,79	12,2	
10		0,41	6,38	1,32	
11		0,38	2,70	0,16	
12		0,08	7,01	0,03	
13		0,10	1,18	0,89	
14		0,87	1,96	15,3	
15		1,06	4,04	1,05	
16		0,10	3,82	0,08	
17		0,13	2,13	0,00	
18		0,14	0,26	0,00	
19		0,07	0,15	0,00	
20		0,02	0,33	0,00	
21		1,34	2,59	0,00	
22		3,85	0,41	0,00	
23		0,38	5,27	0,16	
24		0,08	1,45	0,78	
25		0,04	2,25	0,15	
26	Sec	0,00	4,98	0,06	
27	1,19	0,00	18,4	0,00	
28	0,46	0,00	5,46	0,00	
29	0,07	0,00	0,47	0,00	
30	0,11	0,00	0,12	0,00	
31		0,00	0,04		
Y	0,05	0,56	3,85	1,11	0,00

Module annuel : 0,47 m³/s

Débit maximal : 32,5 m³/s

TABLEAU A17

DEBITS MOYENS JOURNALIERS
en m³/s

GOULBI de GABI à BARGAYA

1962-1963

Jours	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1	Sec	Sec	2,60	1,60	Sec
2			1,10	0,20	
3			0,60	0,10	
4			0,10	3,80	
5			0,02	1,90	
6			0,00	2,80	
7			0,00	2,20	
8		0,30	0,10	1,20	
9		1,00	0,50	0,80	
10		1,40	0,10	0,20	
11		0,40	0,01	0,01	
12		0,04	0,00	0,00	
13		1,30	2,20	0,70	
14		0,70	4,00	1,60	
15		0,50	1,00	0,50	
16		0,70	0,20	0,40	
17		0,10	0,30	3,40	
18		0,01	1,30	8,60	
19	0,20	0,00	3,30	4,20	
20	0,20	0,00	0,70	1,90	
21	0,006	0,00	0,30	1,20	
22	Sec	0,00	0,60	3,40	
23		0,00	0,20	0,80	
24		2,20	0,01	0,20	
25		2,50	0,10	0,05	
26		6,50	0,20	0,01	
27		6,60	0,50	0,00	
28		5,90	0,10	0,00	
29		3,50	0,03	0,00	
30		1,20	1,70	0,00	
31		6,40	2,30	0,00	
Y	0,014	1,33	0,78	1,39	0,00

Module annuel : 0,30 m³/s

TABLEAU A18

DEBITS MOYENS JOURNALIERS
en m³/s

GOULET de GABI à BARGAYA

1968-1969

Jours	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1	Sec	1,19	1,16	0,17	Sec
2		0,11	0,19	2,41	
3		0,04	0,10	0,75	
4		0,04	0,08	0,12	
5		0,12	0,05	0,04	
6		4,88	0,61	0,03	
7		0,98	0,21	0,02	
8		0,17	0,21	0,00	
9		0,51	0,14	0,00	
10		1,70	0,04	0,00	
11		1,70	0,03	0,00	
12		4,15	0,00	0,00	
13	0,41	0,61	0,00	0,00	
14	0,06	0,14	0,00	0,00	
15	0,00	0,07	0,00	0,00	
16	0,00	0,05	0,00	0,00	
17	0,00	0,03	0,00	0,00	
18	0,00	0,03	0,09	0,00	
19	0,00	0,03	0,10	0,00	
20	0,00	2,01	0,05	0,00	
21	0,00	2,82	0,84	0,00	
22	0,00	2,75	0,61	0,00	
23	0,00	9,60	0,15	0,00	
24	0,00	1,70	0,34	0,00	
25	0,00	0,66	1,06	0,00	
26	0,00	0,43	0,51	0,00	
27	0,00	0,13	2,17	0,00	
28	0,00	0,05	0,61	0,00	
29	0,00	0,02	0,72	0,00	
30	0,89	0,02	0,20	0,00	
31	0,00	1,58	0,10		
V	0,04	1,20	0,33	0,31	0,00

Module annuel : 0,16 m³/s

Débit maximal : 25,5 m³/s

TABLEAU A19

DEBITS MOYENS JOURNALIERS
en m³/s

GOULBI de MARADI à MADAROUNFA-Pont

1964-1965

Jours	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1	0,00	7,52	41,8	174	1,73
2	0,00	0,00	21,8	86,3	1,28
3	0,00	0,00	86,1	70,5	0,71
4	0,00	0,00	45,8	67,1	0,54
5	0,00	0,00	26,4	41,6	0,90
6	0,00	0,00	70,6	53,3	0,71
7	0,00	0,00	43,1	52,6	1,96
8	0,00	0,00	24,1	31,1	1,39
9	0,00	0,00	106	22,1	1,22
10	0,00	0,00	174	17,9	0,67
11	0,00	0,00	40,6	23,0	0,34
12	0,00	0,00	25,0	240	0,30
13	0,00	1,38	17,2	94,8	0,23
14	0,00	0,42	102	44,9	0,21
15	0,00	0,00	42,3	44,7	0,17
16	0,00	6,90	24,3	20,5	0,15
17	17,3	8,58	18,4	13,6	0,12
18	8,82	7,35	14,4	25,3	0,09
19	7,21	77,1	41,1	56,9	0,06
20	1,45	48,0	38,0	27,8	0,00
21	0,21	41,4	58,9	15,5	0,00
22	0,00	23,6	22,7	10,5	0,00
23	0,00	8,16	21,0	7,72	0,00
24	0,00	114	145	7,01	0,00
25	0,00	30,4	87,2	9,14	0,00
26	0,00	15,7	29,5	11,3	0,00
27	0,00	9,93	41,8	6,82	0,00
28	2,52	7,11	51,2	4,85	0,00
29	1,37	23,3	103	3,22	0,00
30	1,00	15,0	80,0	2,53	0,00
31		103	79,2		0,00
Y	1,32	20,0	55,6	42,9	0,41

Moyenne annuelle : 10,1 m³/s

TABLEAU A20

DEBITS MOYENS JOURNALIERS
en m³/s

GOULBI de MARADI à MADAROUNFA-Port

1971-1972

Jours	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1	Sec	0,00	1,11	7,09	(1,07)
2		0,00	11,8	4,02	(0,84)
3		3,60	9,96	3,17	(0,61)
4		0,88	77,6	2,46	0,39
5		21,5	44,7	12,3	0,30
6		33,7	131	22,4	0,22
7		10,5	37,0	11,5	0,14
8		27,2	17,1	58,2	0,06
9		22,4	57,5	39,9	0,03
10		20,4	19,9	15,4	0,00
11		42,6	52,0	9,31	0,03
12		14,6	54,2	6,94	0,00
13		6,20	39,3	49,4	0,00
14		3,70	26,0	54,9	0,00
15		16,0	22,3	24,5	0,00
16		8,30	44,0	10,4	0,00
17		3,80	19,5	8,50	0,00
18		2,11	14,8	8,58	0,00
19		1,62	25,1	10,4	0,00
20		1,34	16,6	9,29	0,00
21		51,3	37,8	5,40	0,00
22		41,5	17,2	4,31	0,00
23		14,1	44,3	6,78	0,00
24		7,70	28,0	4,22	0,00
25		5,20	51,8	3,17	0,00
26		4,02	45,2	2,65	0,00
27		3,07	43,4	2,04	0,00
28		2,46	19,6	1,76	0,00
29	3,39	2,04	11,2	(1,53)	0,00
30	0,00	1,62	7,39	(1,30)	0,00
31		1,20	6,10		0,00
Y	0,11	12,2	33,3	13,4	0,12

Module annuel : 4,97 m³/s

Débit maximal : 270 m³/s

TABLEAU A21

DEBITS MOYENS JOURNALIERS
en m³/s

GOULBI de MARADI à MADAROUNFA-Pont
1962-1963

Jours	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1	Sec	2,00	9,60	14,7	1,20
2		4,20	4,70	14,1	0,70
3		1,00	1,80	23,6	0,60
4		0,40	0,80	22,1	0,50
5		0,30	0,70	34,2	0,50
6		3,10	0,30	24,8	0,50
7		0,70	1,10	13,7	0,70
8		7,70	27,3	15,2	0,40
9		9,60	11,4	11,2	0,80
10		5,10	6,60	9,40	2,80
11		1,10	4,10	9,20	0,60
12		2,70	12,3	5,00	0,40
13		4,90	17,5	13,2	0,30
14		1,10	9,10	9,90	0,20
15		5,40	5,20	25,3	0,20
16		2,60	3,50	19,8	0,10
17		1,00	20,5	39,8	0,10
18		0,60	22,3	13,9	0,05
19		0,60	12,6	11,2	0,01
20		0,20	9,00	13,9	0,00
21		0,10	14,6	34,4	0,00
22		0,00	18,5	33,1	0,00
23		9,00	9,80	15,5	0,00
24		12,7	5,10	8,50	0,00
25		14,0	15,4	4,60	0,00
26	8,40	111	26,0	3,10	0,00
27	10,4	47,2	12,5	3,10	0,00
28	3,10	20,8	17,3	2,50	0,00
29	1,20	8,30	12,8	2,60	0,00
30	0,60	52,0	17,5	1,50	0,00
31		19,5	29,0		0,00
Y	0,80	11,1	11,6	15,1	0,34

Module annuel : 3,30 m³/s

TABLEAU A22

DEBITS MOYENS JOURNALIERS
en m³/s

GOULET de MARADI à MADAROUNFA-Pont

1968-1969

Jours	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1	0,00	1,68	8,54	11,1	Sec
2	0,00	0,24	18,7	21,7	
3	0,00	0,00	13,1	7,14	
4	0,00	3,43	4,90	3,85	
5	0,00	25,6	30,2	2,64	
6	0,00	9,80	24,8	2,32	
7	0,00	3,85	11,5	1,68	
8	0,00	1,20	4,90	1,20	
9	0,00	6,86	2,80	1,36	
10	7,70	4,90	1,84	1,04	
11	7,14	30,2	1,36	0,72	
12	11,5	14,3	1,04	0,72	
13	20,2	4,69	0,80	1,04	
14	4,48	24,8	0,56	1,84	
15	2,00	12,5	0,96	1,68	
16	0,72	4,90	1,52	1,12	
17	0,28	4,90	4,48	0,64	
18	0,08	5,18	6,30	2,80	
19	0,00	13,1	4,06	1,04	
20	0,00	64,9	10,2	0,64	
21	0,00	24,8	24,8	0,32	
22	0,00	29,4	17,3	0,16	
23	0,00	19,4	9,80	0,20	
24	0,00	35,6	9,80	0,40	
25	0,00	20,2	23,3	1,52	
26	0,64	15,5	25,6	0,56	
27	1,84	7,14	19,2	0,20	
28	0,36	9,80	9,80	0,20	
29	0,00	27,9	9,80	0,12	
30	0,80	14,3	7,14	0,00	
31		15,5	5,74		
Y	1,92	14,72	11,15	2,33	0,00

Module annuel : 2,45 m³/s

Débit maximal : 117 m³/s