OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Service hydrologique

MISSION FRANÇAISE D'ÉTUDE DU WABI SHEBELLI (ÉTHIOPIE)

BCEOM - ORSTOM - BDPA

BILAN DES ÉTUDES HYDROLOGIQUES DANS LE BASSIN DU WABI SHEBELLI

en juin 1970

D8
DUB

PARIS - Juin 1970

1172

O.R.S.T.O.M.

Service Hydrologique

MISSION FRANCAISE d'ETUDE du WABI SHEBELLI (ETHIOPIE)

BCEOM - ORSTOM - BDPA

BILAN des ETUDES HYDROLOGIQUES dans le BASSIN du WABI SHEBELLI en Juin 1970

par

Pierre DUBREUIL

Consultant pour l'Hydrologie

Chef du Département Recherche Appliquée
au Service Hydrologique de l'ORSTOM

avec la collaboration de

Daniel BAUDUIN

Chargé de Recherches ORSTOM

Chef de la Section Hydrologique
de la Mission du WABI SHEBELLI

BIBLIOTHÈQUE
S.C.D. - 2
O.R.S.T.O.M.

D8
DUB

25 AOUT 1970

Paris, Juin 1970

9977

S O M M A I R E

	Page
INTRODUCTION -	1
1. Les OBSERVATIONS CLIMATOLOGIQUES	3
1.1. - Généralités	3
1.2. - Les précipitations	3
2. Les OBSERVATIONS HYDROMETRIQUES	5
2.1. - Bilan des tarages	9
2.1.1. - La station de l'ERRER	9
2.1.2. - Le WABI à HAMARO HADAD	11
2.1.3. - Le WABI à IMI-BOLITCHE	12
2.1.4. - Le WABI à GODE	12
2.1.5. - Le WABI à BURKUR	12
2.2. - Commentaires sur les hauteurs et les débits observés	13
2.2.1. - Observations de hauteurs d'eau	13
2.2.2. - Calculs provisoires des débits	15
2.2.3. - Détermination provisoire des débits extrêmes	16
2.2.4. - Aperçus sur le régime hydrologique	20
2.3. - Mesures de débits solides	22
3. PROGRAMME d'ETUDES de TERRAIN pour l'ANNEE JUILLET 1970 - JUIN 1971	23
3.1. - Les jaugeages nécessaires	24
3.2. - Les mesures de transports solides	24
3.3. - Analyse physico-chimique des eaux	26
4. PREPARATION du RAPPORT FINAL des ETUDES	26
4.1. - Les informations à rassembler	27
4.2. - Calendrier opérationnel	29
CONCLUSION -	30
BIBLIOGRAPHIE -	32

Notre quatrième mission en ETHIOPIE, pour le projet du WABI SHEBELLI, se situe exactement cinq ans après la mission préliminaire de Juin 1965 à l'issue de laquelle fut élaboré le programme d'études du bassin du WABI SHEBELLI [1] .

Depuis lors, nous avions effectué deux autres missions, l'une en Octobre et Novembre 1967, l'autre en Janvier 1969, missions destinées, pour l'une à définir exactement le programme détaillé et le champ d'activité de la section hydrologique [2], pour l'autre à faire le point des résultats acquis après plus d'un an d'activité et à donner de nouvelles orientations au programme [3] .

Les études hydrologiques ont commencé lentement et en quelques stations seulement au milieu de 1967 ; elles ont pris un rythme intense au milieu de 1968. Aujourd'hui, on compte en moyenne deux années complètes d'observations en de nombreuses stations.

Cette quatrième mission est donc importante à plusieurs titres puisqu'elle se place un an juste avant le départ d'ETHIOPIE des derniers hydrologues français (Juin 1971) et que les travaux d'analyse au Bureau Central Hydrologique de l'ORSTOM à PARIS vont débuter au cours de l'hiver 1970-71 afin que le rapport général d'étude hydrologique puisse être achevé dans le courant de 1972.

Le présent rapport de mission a un caractère composite. Il contient d'abord le rapport d'activité du troisième exercice du projet (Juillet 1969 - Juin 1970) tel qu'il a été décidé de l'élaborer lors de la récente Conférence des Consultants du projet, tenue à PARIS les 19 et 20 Mai 1970.

Ce rapport brosse également un bilan sommaire des observations accumulées depuis le début des études, bilan accompagné des commentaires qu'il inspire. Quelques tableaux et graphiques de valeurs provisoires sont donnés en annexe à titre d'exemple et d'information.

Enfin, notre rapport décrit le programme à mettre en oeuvre au cours du quatrième exercice (Juillet 1970 - Juin 1971) et les activités à déployer tant à PARIS qu'à ADDIS-ABEBA durant la phase d'analyse et de traitement des données.

Au cours de cette mission qui s'est déroulée du 1er au 11 Juin 1970, S.E. Ato ASSEFA Mengesha, Vice-Ministre des Travaux Publics et des Ressources en eau du Gouvernement Impérial Ethiopien nous a accordé deux audiences les 5 et 10 Juin, au cours desquelles nous l'avons d'une part informé de notre programme de séjour et, d'autre part, mis au courant du travail effectué et des divers éléments de notre rapport : bilans des résultats, programmes pour 1970-71.

Ces diverses questions ont fait l'objet d'un entretien plus détaillé avec Ato MERSHA Sahlé, Co-Directeur de l'Etude du WABI SHEBELLI, le 10 Juin.

---

[1] Voir liste des références bibliographiques en fin de rapport.

MM. G. BERMOND convoqué d'HARAR à ADDIS les 3 et 4 Juin et J. JULLIEN rentré de tournée le 9 Juin ont été interrogés en détail sur leurs activités réciproques, documents à l'appui. Une courte note sur les activités hydrogéologiques a été rédigée à cette occasion et remise à M. CASTANY pour information et avis.

Enfin, le 10 Juin, nous avons également rendu compte de notre mission en ETHIOPIE à M. MORIN, Conseiller de Coopération Technique de l'Ambassade de FRANCE, en présence de M. G. JOUVE, Chef de la Mission Française d'Etude du WABI SHEBELLI en ETHIOPIE.

1. Les OBSERVATIONS CLIMATOLOGIQUES

1.1. - A part la station climatologique de GODE, installée en Février 1967 par le Water Ressources Department et d'ailleurs légèrement déplacée et reprise sans hiatus par la Mission Française en Juillet 1968, les cinq autres stations climatologiques ont été mises en place au milieu de l'année 1968.

On possède actuellement environ 2 années d'observations en ces stations. Les dépouillements et calculs des divers paramètres climatiques sont effectués très régulièrement par le bureau d'ADDIS de la section hydrologique. Actuellement, les données sont disponibles jusqu'en Février 1970. Compte tenu des délais d'acheminement des observations brutes, il n'existe aucun retard dans ce domaine.

La quasi-totalité des observations climatologiques sont complètes et satisfaisantes à part une lacune relative aux températures maximales (jusqu'en Avril 1969) à MIDAGALOLA et quelques petites erreurs (qui pourront être corrigées pour la plupart) en matière d'évaporation sur bac (MIDAGALOLA et HAMARO HADAD).

On a rassemblé a titre d'information, dans le tableau I, les hauteurs moyennes mensuelles et annuelle d'évaporation sur bac pour l'année 1969, avec indication des altitudes des stations et des hauteurs annuelles de précipitations pour la même année.

A la lecture, on remarque la faible amplitude de la variation mensuelle de l'évaporation, laquelle passe :

a) sur les hauts plateaux au dessus de 2 000 m, d'un minimum de l'ordre de 3,4 mm/j en Juillet-Septembre (pluies et absence d'insolation) à un maximum de 5 à 7 mm/j en Décembre ;

b) dans l'OGADEN, d'un minimum de 7 à 8 mm/j en Octobre-Novembre (pluies) à un maximum de 10 à 12 mm/j en Juillet-Septembre.

La station de MIDAGALOLA présente un caractère intermédiaire avec maximum en Mars-Avril de l'ordre de 8 à 9 mm/j.

L'évaporation annuelle est de l'ordre de 1 400 à 1 800 mm sur les hauts plateaux ; elle dépasse 2 000 mm à MIDAGALOLA qui est pourtant encore à 1 400 m d'altitude, pour atteindre 3 600 mm à GODE.

Les autres traits marquants du climat sont :

- un vent constant et fort sur tout le bassin,
- une nébulosité avec brouillard durant plusieurs mois sur les hautes terres,
- des écarts thermiques importants surtout en altitude (on a enregistré en Décembre 1969 deux minimums nocturnes journaliers de - 10° avec des maximums diurnes de + 24° à la station d'ADABA).

1.2. - Les précipitations

Le réseau de pluviomètres - souvent doublés d'un totalisateur de contrôle - a été mis en place au cours de l'année 1968.

TABLEAU I

Moyennes mensuelles d'évaporation en 1969 dans le bassin du WABI SHEBELLI
(en millimètres par jour)

Station	Altitude (m)	Hauteur annuelle de pluies (mm)	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
TICHO	2 200 ?	1 670	3,6	3,8	3,4	4,3	4,4	3,8	3,4	3,7	3,4	4,1	4,2	5,0	3,9
ADABA	2 370	630	4,5	3,9	4,5	4,8	4,8	4,5	3,4	3,4	4,0	4,5	5,5	5,8	4,5
GRAUA	2 560	960	4,6	5,3	5,9	5,0	4,8	4,3	3,3	3,8	3,4	4,7	6,1	7,2	4,9
MIDAGALOLA	1 400	670	7,7	7,2	8,1	8,9	5,3	5,6	4,4	5,4	5,9	5,5	5,5	6,0	6,3
HAMARO HADAD *	650	208	8,6	8,7	9,5	9,6	8,9	8	8	9,1	10,6	7	7	7,6	(8,5)
GODE	250	260	9,9	11,8	11,0	10,8	8,3	10,9	11,3	12,1	11,4	7,4	7,9	9,8	10,2

* les chiffres des mois de Juillet à Décembre sont ceux de 1968

Les observations ont été dans l'ensemble satisfaisantes et presque sans lacune.

Tous les relevés jusqu'à la fin de 1969 ont d'ores et déjà été reçus et contrôlés au bureau d'ADDIS. Les calculs des hauteurs moyennes mensuelles sont effectués sans retard.

A titre d'information, on présente sur le tableau II les hauteurs mensuelles de pluie pour toute l'année 1969 et sur le graphique n° 1 les courbes isohyètes correspondantes pour 1969. Leur examen montre une décroissance assez régulière du nord-ouest vers le sud-est des hauteurs de précipitations de 1 200 mm vers 250 mm, avec deux singularités :

- un maximum très élevé de 1 670 mm à TICHO, station accolée au flanc des montagnes culminant à plus de 3 500 mètres ;

- un minimum affectant la zone de HAMARO HADAD à IMI (autour de 200 mm), point qui apparaissait déjà au 2ème semestre 1968 et qu'il importe de vérifier.

En première approximation et compte tenu des quelques informations anciennes disponibles, on peut penser que 1969 a été une année moyenne, peut-être même un peu déficitaire.

Au cours de l'année écoulée, plus de 95 % des informations anciennes concernant les observations pluviométriques ont été rassemblées par le bureau d'ADDIS, sous la forme des relevés journaliers (parfois seulement mensuels) de précipitations à tous les postes existant sur le bassin du WABI SHEBELLI ou à proximité. La grande majorité des stations ont moins de dix ans d'âge et les relevés présentent beaucoup de lacunes. Seules émergent du lot les stations de HARAR et de JIJIGA sur lesquelles une étude statistique est envisageable. On pourra utiliser, pour une vision à plus long terme, les observations d'ADDIS-ABEBA qui datent de la fin du siècle dernier.

Les six stations climatologiques sont dotées de pluviographes à rotation journalière dont le fonctionnement a été excellent. Une abondante information est déjà disponible sur les formes et les intensités des précipitations. Tous les pluviogrammes représentant des pluies supérieures à 10 mm ont été dépouillés jusqu'à la fin de 1969 sur la base de temps minimale de 5 mm et les hyétogrammes d'averse correspondant sont dessinés.

Au cours de la période d'observations du projet, on a noté deux précipitations importantes :

- 90 mm le 4-5-69 à GABREDARRE,
- 75 mm le 4-3-70 à TICHO (en 12 heures dont 40 mm en 1 heure).

Il semble que les pluies sur les hauts plateaux sont très nombreuses mais ni très intenses, ni très abondantes à l'encontre de ce que l'on peut observer dans l'OGADEN, pourtant 4 fois moins arrosé.

2. Les OBSERVATIONS HYDROMETRIQUES

Ce chapitre est évidemment le plus important et par conséquent le

TABLEAU II-A

Relevés mensuels des précipitations en 1969 (en mm)

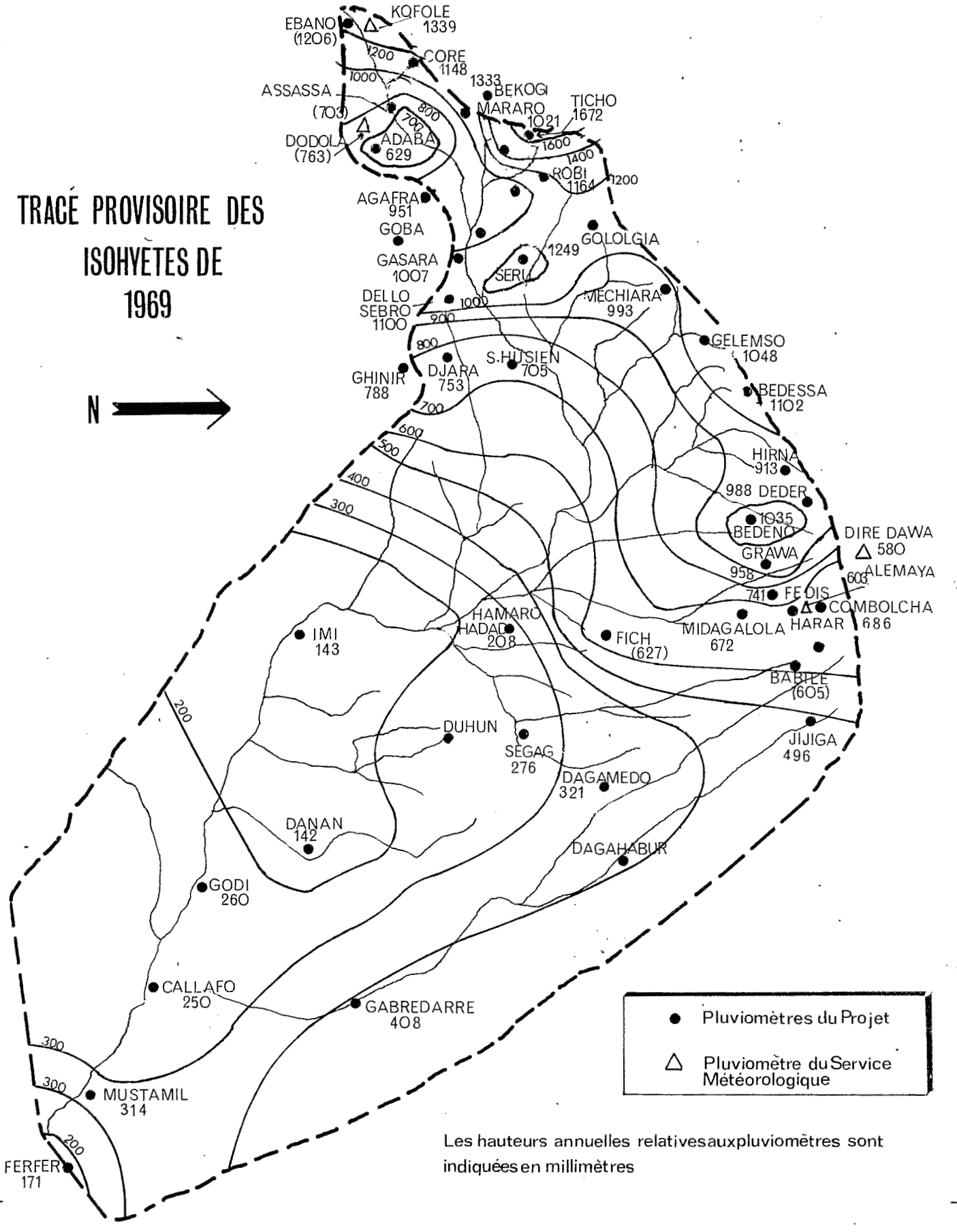
- Région du Haut-Bassin (ADABA) -

Station	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
ADABA	0	4,2	26,8	97,3	45,1	58,7	162,7	155,7	60,8	8,4	7,9	1,1	628,7
AGAFRA	68,4	126,7	108,9	98,6	87,2	62,6	124,4	82,2	93,5	22,1	76,8	0	951,4
ASSASSA	44,4	130,3	35,3	31,8	25,9	59,4	192,7	161,7	N.O.	8,1	1,7	11,6	(702,9)
BEKOGI	65,8	126,5	119,9	83,7	47,6	154,9	251,0	351,9	91,3	24,6	15,6	0,3	1 333,1
CORE	(15,2)	142,6	155,8	95,1	34,7	79,8	217,5	155,0	174,4	48,6	20,5	8,3	1 147,5
DELLO SEBRO	13,1	136,9	88,0	153,9	184,4	88,8	56,2	60,2	178,2	76,1	62,8	1,3	1 099,9
DJARA	22,2	57,8	58,9	131,4	155,7	43,3	53,5	28,5	114,0	49,3	0	38,5	752,8
EBANO	119,2	157,9	122,2	127,6	188,1	N.O.	127,1	115,2	81,3	58,7	94,1	14,9	(1 206,3)
GASARA	32,1	71,3	94,9	127,6	146,0	156,1	73,2	75,0	123,8	59,3	47,5	0	1 006,8
GHINIR	31,6	125,2	70,5	92,1	121,8	29,0	5,2	5,9	62,8	134,8	109,5	0	788,4
GOBESA	82,7	256,8	305,1	156,5	59,8	73,2	135,5	162,9	93,7	46,0	52,7	0	1 424,9
INDETO	42,8	123,9	78,9	126,6	143,6	60,1	145,0	110,4	62,7	11,9	38,7	0	944,6
MARARO	84,9	117,9	79,9	105,5	44,7	77,5	161,4	210,6	111,2	12,4	15,2	0	1 021,2
ROBI	91,0	207,3	122,7	101,7	92,3	133,1	123,8	131,6	102,2	17,4	36,4	0	1 164,5
SEDIKA	31,1	90,0	109,2	127,9	97,6	64,6	138,4	120,8	83,9	15,5	58,5	0	937,5
S. HUSIEN	22,8	113,8	69,7	101,9	146,1	91,9	21,9	20,5	46,0	27,2	43,3	0	705,1
SERU	47,3	252,9	109,7	143,7	200,4	77,0	105,8	57,4	156,1	40,8	58,5	0	1 249,6
TICHO	94,0	424,2	334,4	164,6	78,1	108,8	151,4	131,6	95,2	36,4	53,6	0	1 672,3

N.O. non observé

BASSIN DU WABI SHEBELLI

Gr_1



O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique	date	des.	ETR 291483

TABLEAU II-B

Relevés mensuels des précipitations en 1969 (en mm)

- Région du HARAR -

Station	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
BABILE	0	106,9	32,8	76,5	36,0	124,0	N.O.	124,0	91,0	14,0	0	0	
BEDENO	7,3	73,8	91,5	215,4	75,5	157,5	73,0	193,7	(99,8)	47,5	(0)	(1,6)	(1 035,0)
BEDESSA	11,6	131,4	141,4	131,3	184,4	71,4	185,4	118,5	79,1	26,0	21,8	0	1 102,3
BURKA	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	(56,8)	94,7	32,5	68,9	46,3	63,2	20,3	0	
COMBOLCHA	8,5	85,5	35,4	89,8	53,7	68,2	87,6	150,5	83,7	9,4	14,1	0	686,4
DEGAMEDO	0	69,4	10,2	28,1	80,8	4,0	0	3,8	28,0	39,9	56,7	0	320,9
DEDER	14,3	90,0	87,5	100,8	131,7	39,7	170,6	244,2	73,4	35,5	0	0	987,7
DEHUN	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	(0,4)	0	0	(22,8)	44,5	44,9	0	
DAGHABUR	0	67,9	41,0	12,4	46,1	0	0	0	31,8	5,0			
FEDIS	27,7	145,7	78,8	116,5	102,1	44,2	51,6	105,3	45,2	14,7	9,0	0	740,8
FICK	6,2	89,5	51,7	100,5	137,8	100,5	(5,4)	0	15,6	104,8	24,7	(0)	636,7
GELEMSO	42,8	129,5	71,8	139,5	176,9	47,2	175,4	102,4	131,5	22,5	8,0	0	1 047,5
GOLOLCHA	(52,0)	191,2	98,7	231,5	161,2	164,5	237,7	117,9	93,9	17,7			
GRAWA	18,7	121,2	91,9	112,7	74,3	85,2	132,3	230,5	51,3	29,2	10,2	0	957,5
HAMARO	14,0	24,9	20,5	20,1	60,4	5,5	2,3	0	10,4	41,8	7,8	0	207,7
HIRNA	12,4	43,0	84,9	88,6	74,8	47,7	124,2	198,1	235,9	2,5	0	0,5	912,6
JIJIGA	15,9	69,8	48,5	83,3	49,3	45,9	85,1	59,5	18,2	14,0	6,5	0	496,0
KEBREBAIA	4,7	80,0	14,0	38,2	61,5		23,9	69,3	64,3				
MECCIARA	62,1	116,6	115,6	102,5	139,9	102,8	110,5	84,6	106,5	25,3	26,3	0	992,7
MIDAGALOLA	4,2	76,4	65,3	54,6	103,9	70,3	55,5	55,7	79,8	57,3	49,5	0	672,5
SEGAG	10,4	24,9	37,4	19,4	83,2	0	0	0	14,0	0	86,9	0	276,2

N.O. non observé

TABLEAU II-C

Relevés mensuels des précipitations en 1969 (en mm)

- Région de l'OGADEN et de la Basse-Vallée -

Station	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
CALLAFO	0	0	17,0	0	74,1	5,2	0	0	0	89,5	64,2	0	250,0
DANAN	0	8,6	(37,7)	14,0	38,5	6,9	0	0	0,2	17,7	18,7	0	142,3
FERFER	0	0	3,7	18,0	22,6	0,8	0	0	2,4	101,8	21,6	0	170,9
GABREDARRE	0	21,0	21,6	0	166,6	0	0	0	0	64,0	134,4	0	407,6
GODE	0	4,2	26,8	23,8	57,4	2,7	0	0	0	112,1	32,8	0	259,8
IMI	2,8	3,4	29,9	3,4	34,7	0	0	0	0	30,4	38,5	0	143,1
MUSTAHIL	0	5,6	20,2	26,4	109,5	0,3	0	0	17,2	81,3	53,0	0	313,5

plus détaillé et le plus étendu de notre rapport. Il est articulé comme suit :

Une première partie est consacrée au bilan détaillé des tarages des principales stations hydrométriques.

Dans une seconde partie, on présente les observations limnimétriques et les traits saillants du régime hydrologique après un court examen de quelques données, dont les cotes extrêmes observées.

Une dernière partie est dédiée aux mesures de transport solide.

2.1. - Bilan des tarages

Il est récapitulé sur le tableau n° III. Sa lecture et l'examen détaillé des listes de jaugeages et des courbes de tarage provisoires tracées appellent divers commentaires.

Il y a d'abord quatre stations, celles du DACATA, de CALLAFO, de DAGABHUR et de GABREDARRE qui n'ont fait l'objet d'aucun ou de quelques jaugeages d'étiage. Leur tarage reste à faire.

Il y a ensuite la station de MALCA UACCANA dont le tarage univoque est considéré comme pratiquement achevé, et celle de LAGA HIDA dont le tarage, apparemment univoque, ne couvre que les basses et moyennes eaux jusqu'aux faibles crues. Le tarage des très basses eaux et des fortes crues reste à faire. On juge de l'excellent travail effectué en cette station au cours de la seule saison de Janvier à Mai 1970 en examinant la courbe de tarage provisoire, dessinée sur le graphique n° 2, où sont reportées les 73 mesures faites.

Enfin, les cinq stations restantes posent à des degrés divers des problèmes de non-univocité des tarages, révélés par la campagne de hautes eaux du printemps 1970, qui méritent un examen détaillé, station par station.

2.1.1. - La station de l'ERRER

La brigade hydrométrique spéciale, animée par M. ROBIN venu en mission à cet effet, a réalisée entre le 20 Mars et le 10 Mai l'étalonnage complet des hautes eaux de cette rivière, malgré la violence du courant (plus de 5,5 m/s). Des mesures aux flotteurs, autour de la pointe maximale de 3,25 m ont permis de parachever le tarage par jaugeages au moulinet depuis le téléphérique (cotes inférieures à 2,85 m).

L'existence de 17 mesures de basses et moyennes eaux effectuées antérieurement, depuis la mise en oeuvre de la station en Mai 1968, a permis de constater une instabilité du tarage. Ceci est dû à la mobilité du fond sableux du lit, malgré la présence des falaises rocheuses verticales.

Une analyse minutieuse des jaugeages et des observations de hauteurs d'eau a permis de situer dans le temps les détarages successifs au nombre de cinq, comme étant tous dus à des fortes crues ayant atteint ou dépassé 1,50 m à 2 m à l'échelle.

TABLEAU III

Bilan global des tarages des principales stations hydrométriques

Rivière	Station	Nombre de jaugeages effectués au total	Nombre de jaugeages effectués en 1969-70 (1)	Cote minimale observée (m)	Cote minimale de jaugeage (m)	Débit minimal mesuré (m^3/s)	Cote maximale observée (m)	Cote maximale de jaugeage (m)	Débit maximal mesuré (m^3/s)
WABI SHEBELLI	MALCA UACCANA	73	38	0,55	0,61	5,6	2,89	2,40	130
"	LAGA-HIDA	73	73	<0,35	0,50	15	4,30	2,16	270
ERRER	HAMARO HADAD	83	66	-0,06	-0,06	1,5	3,25	3,16	571
WABI SHEBELLI	HAMARO HADAD	97	66	0,88	0,88	13,5	6,20	3,84	406
DACATA	HAMARO HADAD	4	-	0,40 (2)	0,42	0,1	3,15	0,51	1,4
WABI SHEBELLI	IMI-BOLITCHE	72	72	-0,04	0,21	18,4	2,62	2,46	540
"	GODE	104	67	-0,37	-0,37	7,8	3,93	3,83	594
"	CALLAFO	8	3	3,17	3,22	9,6	7,89	4,54	59
"	BURKUR	48	9	-0,20	0,00	10,7	5,36	5,36	212
GERRER	DAGABHUR	3	-	0,15 ? (2)	0,18	0,7	2,00	0,42	6,1
FAFAN	GABREDARRE	0	-	? (2)	-	-	1,80	-	-

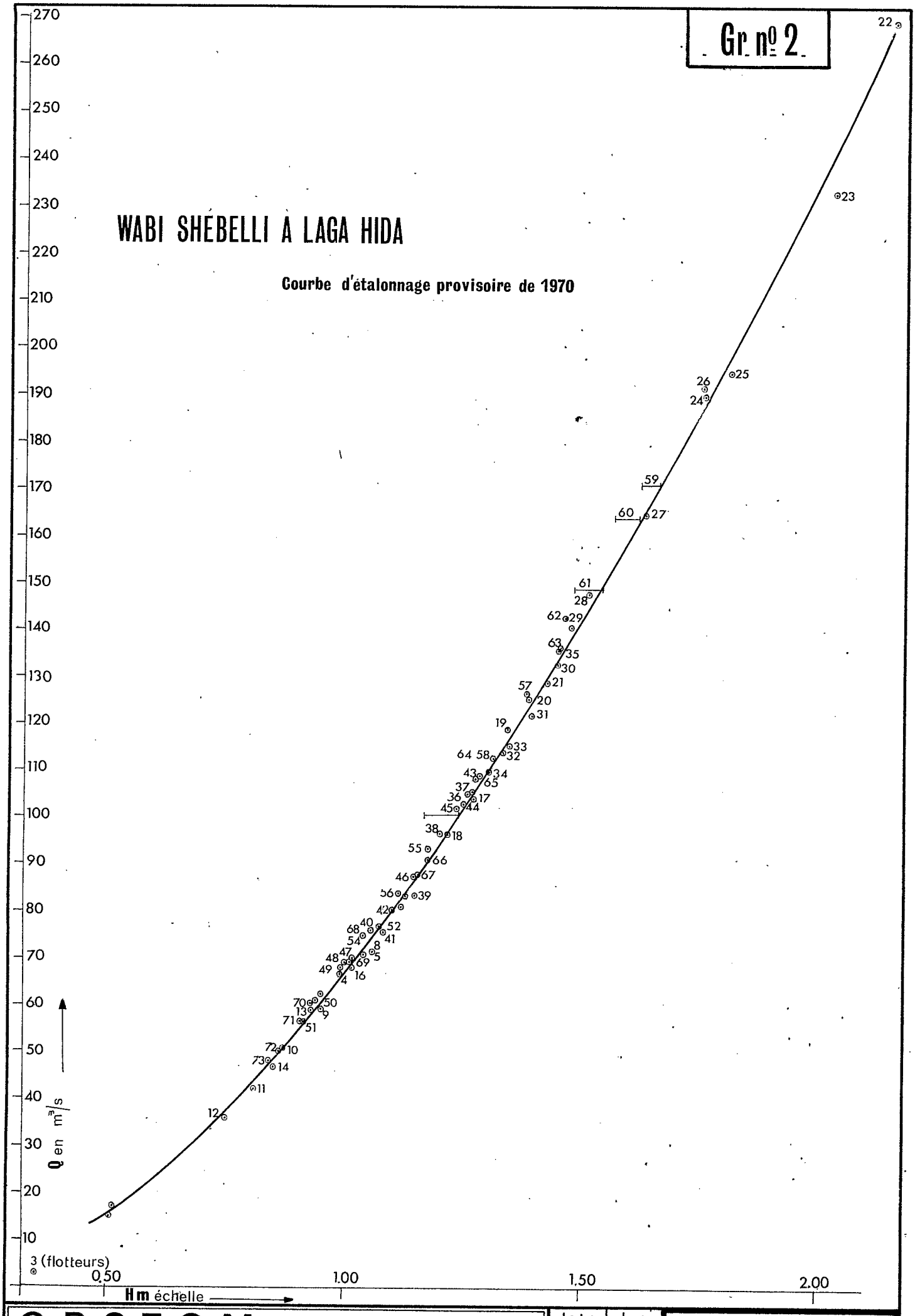
(1) Période du 3ème exercice de Juillet 1969 à Juin 1970

(2) Rivière temporaire avec indication de la cote de cessation de l'écoulement

Gr. nº 2

WABI SHEBELLI A LAGA HIDA

Courbe d'étalonnage provisoire de 1970



O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique	date	des.	ETR 291484

Le détarage semble n'affecter que les basses et moyennes eaux en dessous de 0,70 m (40 m^3/s), comme c'est souvent le cas sur ce type de rivière. La mise en mouvement des sables de fond de lit permet de faire l'hypothèse de l'univocité de la relation hauteurs-débits en hautes eaux.

Les diverses courbes de tarage de basses eaux se répartissent en "fuseaux" comme le montre le graphique n° 3.

L'historique reconstitué des tarages est le suivant :

- Tarage n° 1 de Mai 1968 au 8-3-69 (jaugeages n° 1 à 14)
- Tarage n° 2 du 9-3-69 au 1-11-69 (jaugeages n° 15 à 18)
- Tarage n° 3 du 2-11-69 au 24-4-70 (jaugeages n° 19 à 56)
- Tarage n° 4 du 25-4-70 au 4-5-70 (jaugeages n° 57 à 72)
- Tarage n° 5 à partir du 4-5-70 (jaugeages n° 73 à 83)

La courbe de tarage n° 5 est d'ailleurs confondue avec la n° 3. Le tarage actuel de cette station peut être considéré comme achevé. Mais il sera nécessaire dans l'avenir de procéder lors de chaque saison de crues à quelques mesures en-dessous de 0,70 m pour déceler les détarages périodiques dus aux fortes crues.

2.1.2. - Le WABI à HAMARO HADAD

L'étalonnage peut être considéré comme achevé depuis le minimum absolu jusqu'à un niveau de crue moyenne (3,85 m), mais il subsiste un marnage inexploré de plus de 2,30 m pour atteindre la cote maximale observée (6,20 m).

Pour une même cote, les débits croissent légèrement de 1968 à 1969 puis à 1970 sans que l'écart maximal entre deux années atteigne 10 %. La section mouillée en fonction de la cote ne varie pas de 1968 à 1970, aussi peut-on considérer le fond du lit comme à peu près stable.

La dispersion étant surtout marquée lors des jaugeages de hautes eaux (au dessus de 3 m) entre ceux de 1970 et ceux de 1969, on a constaté, à l'examen des limnigrammes, des conditions d'écoulement différentes lors de ces deux séries de mesures. En 1969, les crues provenaient du haut bassin de LAGA HIDA et avaient une forme molle. En 1970, sur la même crue molle du haut bassin se sont superposées des crues courtes et violentes dues à l'ERRER au moment des jaugeages incriminés.

On peut donc supposer que la dispersion est due à une différence notable dans la pente de la ligne d'eau. Cette dernière ne peut être mesurée en permanence que si la station est dotée de deux limnigrammes synchronisés et assez éloignés, ce qui est difficile et coûteux dans la plupart des cas.

Le Service Hydrologique de l'ORSTOM a mis récemment au point une méthode inédite de correction de la non-univocité par variation brutale de pente d'écoulement pour les stations dotées d'un seul limnigraphe, en remplaçant la connaissance de celle-ci par la vitesse de montée du niveau relevée sur le limnigraphe et appelée "gradient limnigraphique".

On a décidé d'appliquer cette méthode à HAMARO HADAD. De toutes façons, même si l'on ne réussissait pas à réduire la dispersion, les débits resteraient entachés d'une incertitude maximale de $\pm$ 5 à 6 %, selon la pente, ce qui n'a rien d'exagéré.

2.1.3. - Le WABI à IMI-BOLITCHE

Le phénomène de non-univocité par variation brutale de pente décelé à HAMARO HADAD apparaît ici de manière plus nette, peut-être parce que le WABI reçoit en plus le DACATA dont les crues ont la même forme aigüe que celle de l'ERRER, et parce que la fleuve entre en plaine et que la pente de son lit diminue notablement.

Une courbe de tarage stable et univoque se manifeste depuis l'étiage jusqu'à la cote de 1,60 m (180 m^3/s). Pour les débits de crue supérieurs, la dispersion est importante entre 1969 et 1970 : pour 2,04 m, le débit mesuré est tantôt 263 m^3/s, tantôt 361 m^3/s.

Une courbe moyenne serait entachée d'une dispersion de $\pm$ 17 %, ce qui est trop fort. Il faut donc tenter d'appliquer ici aussi la méthode de correction de la non-univocité par le gradient limnigraphique.

Si l'étalonnage de hautes eaux peut être considéré comme achevé, il reste à effectuer quelques mesures pour les étiages faibles.

2.1.4. - Le WABI à GODE

L'étalonnage complet est achevé. L'influence des variations de pente de la ligne d'eau est considérablement atténuée par la longueur du parcours depuis IMI ; on peut encore la déceler mais comme elle n'entraîne en hautes eaux qu'une dispersion de l'ordre de $\pm$ 3 % au plus, on considère qu'elle est négligeable et que la station est stable et univoque.

La courbe de tarage présente une cassure vers la cote 2 m, le gradient de débit pour un même gradient de cote étant inférieur au dessus de 2 m à ce qu'il est en-dessous. Cette anomalie de site peut être imputée soit au noyage des rapides dus au banc rocheux formant section de contrôle aval, soit au rétrécissement de section d'écoulement dû au pont de GODE, construit sur ce même banc rocheux.

2.1.5. - Le WABI à BURKUR

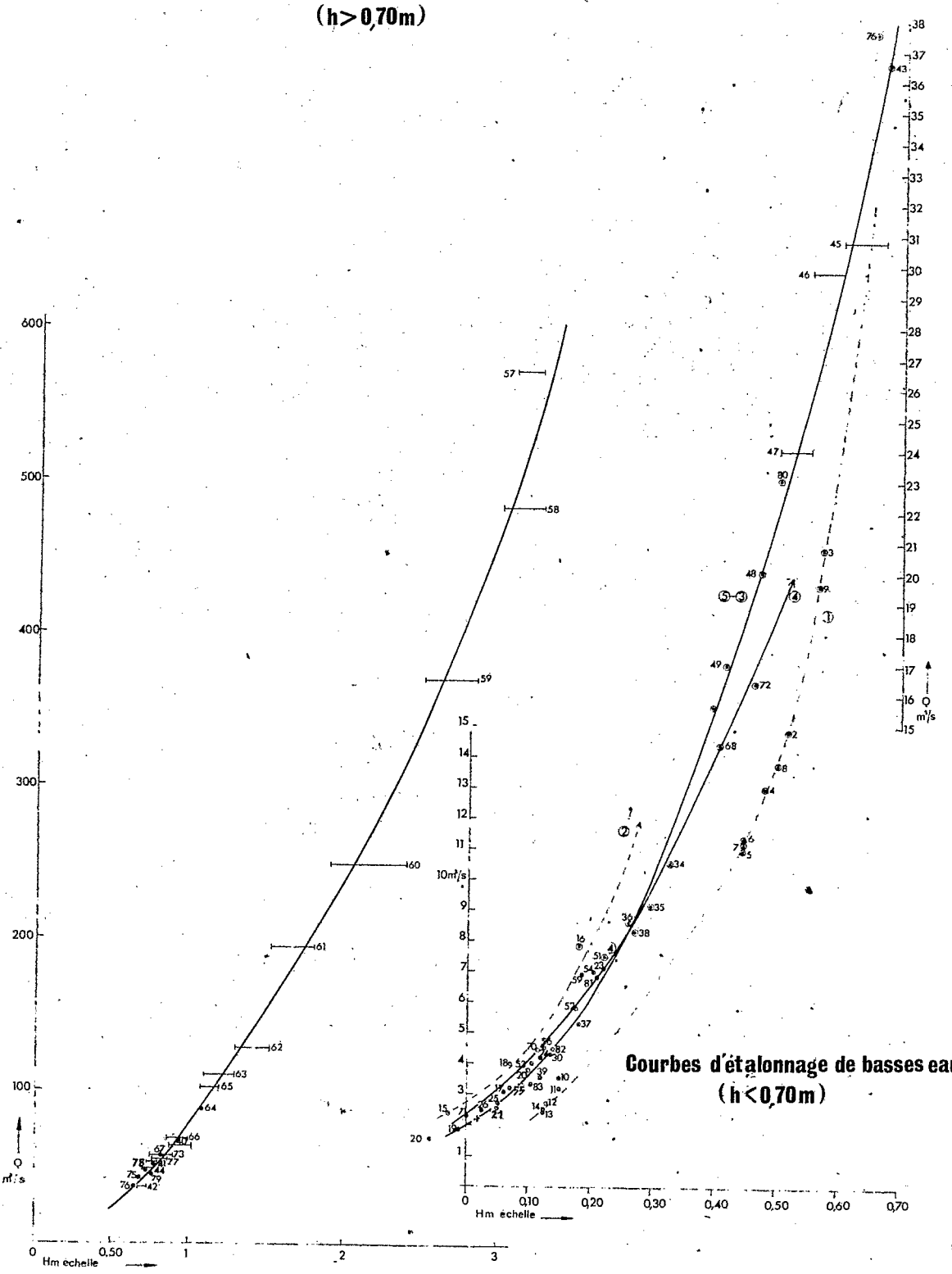
L'étalonnage de cette station, qui était considéré comme terminé après la campagne de mesures dirigée par P. JARRE du 7 Avril au 27 Mai 1969, est partiellement remis en question après les 5 derniers jaugeages de crue faits du 30 Mars au 3 Avril 1970. Ceux-ci donnent des débits supérieurs de 7 à 8 % à ceux de la courbe de tarage tracée en 1969, pour des cotes de 3,20 à 3,80 m.

La section est stable. Le présence de la zone d'inondation entre CALLAFO et MUSTAHIL ayant amorti considérablement l'onde de crue interdit de penser à une non-univocité par variation brutale de pente de la ligne d'eau d'écoulement.

Gr n° 3

ERRER A HAMARO MADAD

Courbe d'étalonnage provisoire de 1970
pour les hautes eaux
(h > 0,70m)



Courbes d'étalonnage de basses eaux
(h < 0,70m)

On a retenu l'hypothèse suivante, qui reste à vérifier. Le contrôle hydraulique aval de la station de BURKUR est normalement assuré par le lit du fleuve lui-même (chenal à faible pente, sans rapides ni banc rocheux) jusqu'à ce que les volumes écoulés ayant atteint un certain seuil dans un certain délai, la plaine d'inondation, qui commence en aval au droit du village de BURKUR, soit remplie ; passé une certaine cote de remplissage, c'est le niveau de cette plaine qui jouerait le rôle de contrôle aval et réduirait la déclivité et par conséquent la vitesse d'écoulement.

Cette hypothèse s'appuye sur le fait que les jaugeages de 1970 ont été fait à l'occasion de la première crue de l'année qui a donc trouvé une plaine d'inondation vide, tandis que les jaugeages de 1969 ont été faits pendant la deuxième crue de l'année, la première passée le 23 Mars (4,51 m) ayant dû remplir la plaine d'inondation au-delà du seuil critique.

On devra refaire des jaugeages de crue pour différents niveaux de remplissage de la plaine aval en essayant de contrôler ces niveaux.

Pour conclure ce bilan des tarages, on peut dire que les étalonnages des stations, ayant fait l'objet de mesures de débits, sont pratiquement achevés et que les débits sont connus avec une bonne précision en basses et moyennes eaux. Cette précision diminue modérément en hautes eaux à HAMARO HADAD et BURKUR et plus fortement à IMI si l'on se place dans l'avenir, c'est-à-dire avec un régime quelconque d'écoulement, mais cette précision est satisfaisante pour les crues mesurées dont les conditions d'écoulement sont connues. On peut penser que la méthode du gradient limnigraphique améliorera la précision surtout à IMI. Il reste à faire des jaugeages de hautes eaux à HAMARO sur le WABI si l'on ne veut pas être réduits à l'extrapolation toujours imprécise. Seule la station instable de l'ERRER demandera des jaugeages de contrôle périodiques assez nombreux et assez fréquents dans l'avenir.

2.2. - Commentaires sur les hauteurs et débits observés

2.2.1. - Observations de hauteurs d'eau

Le tableau IV résume sommairement l'historique de mise en place des principales stations hydrométriques, la nature des observations et leur qualité (existence de lacunes).

Toutes les stations ont été mises en service avant le début des crues de l'année 1969, ce qui donne une période minimale d'observations de 2 ans 1/2 d'ici à Juin 1971, date de départ des hydrologues français. Plusieurs stations ont été cependant observées plus longtemps, une année - 1968 - pour la plupart d'entre elles et presque deux ans pour GODE, DAGABHUR et MALCA UACCANA.

Dans l'ensemble, les observations sont bonnes et complètes. Le remplacement d'échelle par le limnigramme s'est fait en plusieurs sites (sauf à GODE) sans problème, ni hiatus ; les relevés anciens étant partout transcrits dans le système de référence du limnigraphe le plus récent.

TABLEAU IV

Bilan des observations de hauteurs d'eau faites aux principales stations

Rivière	Station	Première Echelle		Deuxième Echelle			Qualité des observations
		Mise en service	Nature des observations	Mise en service	Situation	Nature des observations	
WABI SHEBELLI	MALCA UACCANA	22- 7-1967	2 lectures/j	6-1-1968	environ 300 m aval 1ère Ech.	Limnigramme	———
WABI SHEBELLI	LAGA HIDA	4- 4-1968	Limnigramme	———			Lacunes jusqu'en Décembre 1969
ERRER	HAMARO HADAD	23- 5-1968	Limnigramme	———			Rares lacunes de B.E. (ensablement)
WABI SHEBELLI	HAMARO HADAD	11- 2-1968	Limnigramme	———			———
DACATA	HAMARO HADAD	5- 2-1968	Limnigramme	———			Lacunes par ensablement en décrue
WABI SHEBELLI	IMI-BOLITCHE	1- 3-1969	2 lectures/j	12-6-1969	même site	Limnigramme	———
WABI SHEBELLI	GODE	10-1967	2 lectures/j	24-6-1968	300 m amont 1ère Echelle	Limnigramme	Rares lacunes de B.E. à 1ère Echelle
WABI SHEBELLI	CALLAFO	8- 1-1969	2 lectures/j	———			Relevés anciens à même échelle (dite italienne) en 1957-1959, du 15 Décembre 1967 à Février 1968 Lacunes du 1-1-70 au 9-2-70
WABI SHEBELLI	BURKUR	5- 1-1969	Limnigramme	26-6-1969	300 m amont 1er limnigr.	Limnigramme	Echelle provisoire du 16-6 au 26-6-1969 50 m aval 1er limnigraphe - Relevés inférieurs de 7 cm à ceux du 2ème limnigraphe - Relevés du 1er limnigraphe supérieurs de 2 cm à ceux du 2ème limnigraphe
GERRER	DAGABHUR	9-10-1967	Limnigramme	———			Rares lacunes par ensablement
FAFAN	GABREDARRE	28- 6-1968	2 lectures/j	———			———

Malgré les inquiétudes originelles, devant la torrentialité et le charriage de certains cours d'eau, les limnigraphes ont bien fonctionné, ce qui est un rare mérite surtout dans le secteur du HARAR. Les lacunes d'enregistrement par ensablement affectent quelques courtes et rares périodes de basses eaux à l'ERRER ; ces lacunes sont un peu plus importantes sur le GERRER et le DACATA sans qu'elles empêchent la connaissance des périodes et des pointes de crue de ces deux cours d'eau temporaires.

Seul le limnigraphe de LAGA HIDA, installé trop rapidement et avec des moyens précaires, n'a pas donné plus de 50 % d'observations de Mai à Décembre 1969.

Le limnigraphe de GODE ayant été installé dans un bief différent de celui de la première échelle, dont il est séparé par une zone de rapides, la correspondance entre les cotes observées dans les deux systèmes n'admet pas une dénivelée constante. La première échelle ayant été observée jusqu'en Mars 1969, une période de recouvrement de plus de 9 mois avec le limnigraphe a permis le tracé d'une courbe de correspondance (cotes 0,25 m à 1,80 m à la première échelle).

Pour étendre la correspondance à la gamme complète des basses (- 0,47 m) et hautes eaux observées (3,67 m), deux contrôles ont été faits :

a) nivellements en crue entre les deux échelles, en 1969 :

- 2,63 m échelle ancienne = 3,06 m au limnigraphe
- 3,00 m échelle ancienne = 3,36 m au limnigraphe

b) utilisation en basses eaux des relevés de l'étiage 1967-68 à CALLAFO et des mesures de débits en ce site, en supposant la conservation du débit de GODE à CALLAFO, ce qui est admissible pour la précision recherchée ($\pm$ 3 cm sur les 2 courbes de tarage).

Ces deux séries de contrôle ont montré que l'échelle ancienne entre 0 et 2 m s'était enfoncée de 40 à 50 cm lors des crues de Mars 1968, ce qui n'est pas inconcevable étant donné la nature fluente des berges et les faibles moyens de pose disponibles en 1967.

Une courbe définitive et complète de correspondance a été alors tracée. Elle servira à traduire les observations anciennes. La valeur des débits sera contrôlée d'après les observations faites à HAMARO HADAD à la même période.

2.2.2. - Calculs provisoires des débits

Il est bien entendu que les calculs définitifs des débits ne seront effectués qu'à partir de Juin 1971, à l'issue de la phase de terrain du projet, c'est-à-dire quand on possèdera le maximum d'informations pour l'établissement définitif des courbes d'étalonnage.

Cependant, l'état d'avancement du tracé de nombreuses courbes d'étalonnage (Cf. 2.1.) permet le calcul provisoire des débits de certaines stations. Une telle information, même provisoire, est nécessaire pour procéder

aux premiers contrôles de qualité des observations et aux premières études de variations des débits sur le plan hydrologique et pour servir de première base de travail aux équipes d'aménagement (barrage de régularisation, eau disponible pour l'irrigation).

Les débits moyens journaliers ont été, par conséquent, calculés à titre provisoire souvent depuis le début des observations et jusqu'en Décembre 1969 aux stations suivantes le long du WABI SHEBELLI : MALCA UACCANA, HAMARO HADAD, IMI, GODE et BURKUR.

Les limnigrammes ont été dépouillés en prenant un point toutes les quatre heures - six points par jour - à toutes les stations, sauf BURKUR (4 points par jour) pour la période des crues, et en prenant 2 points par jour en période de basses eaux.

Pour les calculs définitifs, ces dépouillements seront repris et complètés à HAMARO HADAD et IMI où les crues courtes et violentes de l'ERRER et du DACATA exigent un pas de temps plus court. On adoptera soit 12 points par jour (pas de temps fixe), soit un pas de temps variable pour ces périodes et ces stations. Cette procédure sera évidemment étendue aux stations des rivières torrentielles : ERRER, DACATA, GERRER.

Les tableaux n° V à VIII donnent les débits journaliers provisoires des stations de MALCA UACCANA, HAMARO HADAD, IMI et GODE sur le WABI SHEBELLI pour l'année 1969. La représentation graphique de ces débits est donnée sur les figures n° 4 à 7.

2.2.3. - Détermination provisoire des débits extrêmes

Les hauteurs extrêmes observées ont déjà été présentées sur le tableau n° III, pour permettre de juger du degré d'avancement des étalonnages.

Afin d'avoir une première connaissance du régime hydrologique du WABI SHEBELLI, on a extrait des observations hydrométriques faites aux principales stations les diverses informations suivantes :

- date et cote de l'étiage annuel ;
- dates et cotes des maximums de crues de chaque saison des pluies ;
- dates et cotes des maximums des principales crues secondaires de l'ERRER, du DACATA et parfois de leurs conséquences en aval sur le WABI ;
- dates et cotes des maximums des principales crues du GERRER ;
- dates, cotes des maximums et durées d'écoulement de toutes les crues du FAFAN à GABREDARRE.

Pour toutes ces cotes, les débits provisoires correspondants ont été déterminés. Certaines valeurs de crues sont douteuses (enregistrement défectueux, étalonnage incomplet) et figurent entre parenthèses sur les tableaux.

Tous ces renseignements ont été réunis sur les tableaux n° IX et X.

TABLEAU V

Débits moyens journaliers provisoires en 1969
du WABI SHEBELLI à MALCA UACCANA (m^3/s)

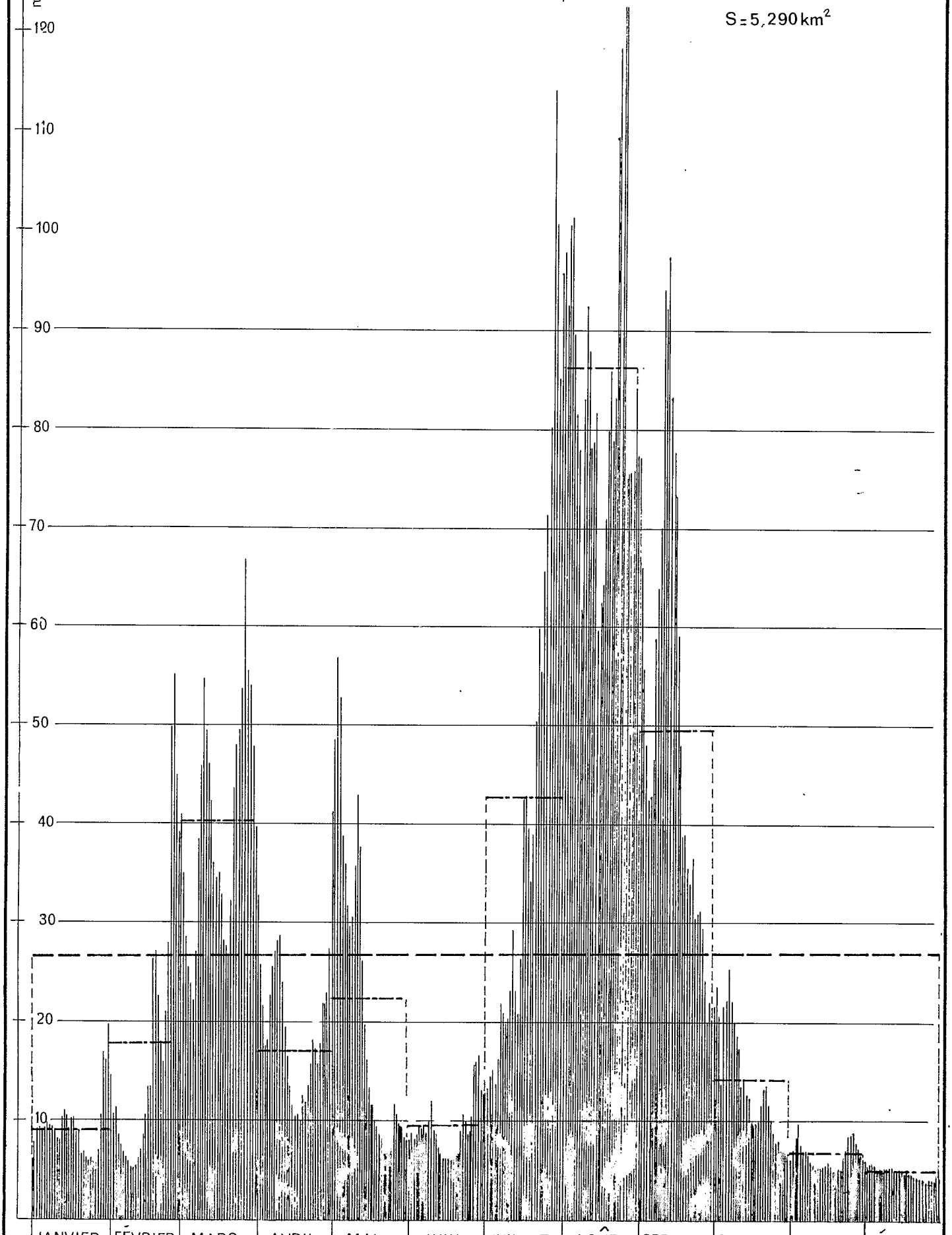
Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	6,6	13,3	41,5	32,7	41,4	8,4	12,8	97,6	65,9	21,7	6,4	6,3
2	7,7	10,9	35,0	25,9	48,9	8,6	13,1	92,1	55,5	23,9	7,0	6,1
3	9,2	11,5	28,8	21,6	56,9	8,3	14,4	100,1	48,0	20,3	8,2	5,9
4	9,4	8,9	25,2	17,7	54,6	8,7	15,3	101,1	42,5	18,9	9,8	5,9
5	8,9	7,5	24,0	18,4	38,9	9,5	13,5	89,5	42,9	21,7	7,5	5,4
6	9,3	6,9	22,1	22,7	36,0	9,3	16,2	81,4	46,6	22,5	6,9	5,4
7	9,8	6,3	27,3	25,9	31,6	9,7	21,9	77,8	58,7	25,4	6,9	5,4
8	9,6	5,8	38,1	27,2	29,7	8,8	20,6	61,6	64,0	22,4	6,4	5,4
9	9,6	5,5	45,6	28,2	30,5	10,2	19,3	83,1	69,8	19,8	6,2	5,4
10	8,8	5,4	54,6	28,7	35,6	12,0	20,3	92,1	93,9	18,8	5,8	5,4
11	8,1	5,5	49,6	24,1	42,8	9,4	23,1	87,7	89,9	17,4	5,6	5,4
12	8,2	6,1	45,9	19,5	37,2	8,5	29,4	78,4	97,3	15,4	5,4	5,2
13	10,5	7,0	41,8	16,5	26,1	7,4	23,1	81,6	83,0	14,3	5,4	5,1
14	11,1	8,5	36,0	13,9	19,9	6,6	20,7	70,9	77,1	12,9	5,4	4,8
15	10,4	10,9	34,9	11,7	16,0	6,2	26,1	59,5	73,4	12,3	5,4	4,8
16	9,0	13,6	35,2	10,6	13,2	6,0	42,5	62,2	55,3	10,0	5,4	4,8
17	10,1	13,3	34,3	10,6	11,8	6,1	44,6	70,6	43,7	9,8	5,2	4,8
18	10,4	26,3	28,1	10,4	10,3	5,9	39,5	79,8	38,7	9,8	5,2	4,8
19	8,6	27,4	27,5	12,5	9,4	6,4	34,2	85,9	39,0	10,0	5,2	4,8
20	9,0	22,5	26,8	12,1	8,5	6,5	39,1	78,1	35,3	11,7	5,2	4,8
21	6,9	18,0	32,3	13,7	8,1	6,6	50,1	83,3	33,3	12,9	5,2	4,6
22	6,4	16,0	43,6	15,6	6,7	8,7	59,8	109,3	36,1	13,9	6,0	4,2
23	5,9	21,1	48,1	18,1	6,9	11,0	55,7	118,4	30,1	11,9	7,1	4,2
24	6,4	28,0	49,5	17,4	6,8	9,9	65,4	122,5	30,6	10,1	8,8	4,2
25	5,8	49,8	53,7	15,7	7,4	8,6	71,1	122,5	30,8	8,8	8,6	4,2
26	5,8	55,0	66,7	17,7	11,6	10,1	57,7	102,9	25,7	7,9	8,8	4,2
27	7,0	44,7	62,5	21,8	10,1	15,4	79,8	72,6	24,1	7,6	7,9	4,4
28	10,7	39,4	55,2	22,5	9,6	15,8	114,4	72,7	20,0	7,2	7,4	4,8
29	16,7		53,8	23,0	9,4	16,9	102,0	77,7	21,0	7,0	6,5	4,8
30	16,2		47,8	27,3	8,5	13,1	85,0	84,0	20,0	6,8	6,4	4,8
31	19,8		39,6		8,1		95,5	77,4		6,6		5,0
Moy.	9,4	17,7	40,4	19,5	22,3	9,3	42,7	86,3	49,7	14,2	6,6	5,0

Module : 26,9 m^3/s

Fig_4

DÉBITS MOYENS JOURNALIERS PROVISOIRES EN 1969 DU WABI SHEBELLI A MALCA UACCANA (m^3/s)

$S = 5,290\,km^2$



O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique

date	des.	ETR 291486

TABLEAU VI

Débits moyens journaliers provisoires en 1969
du WABI SHEBELLI à HAMARO-HADAD (m^3/s)

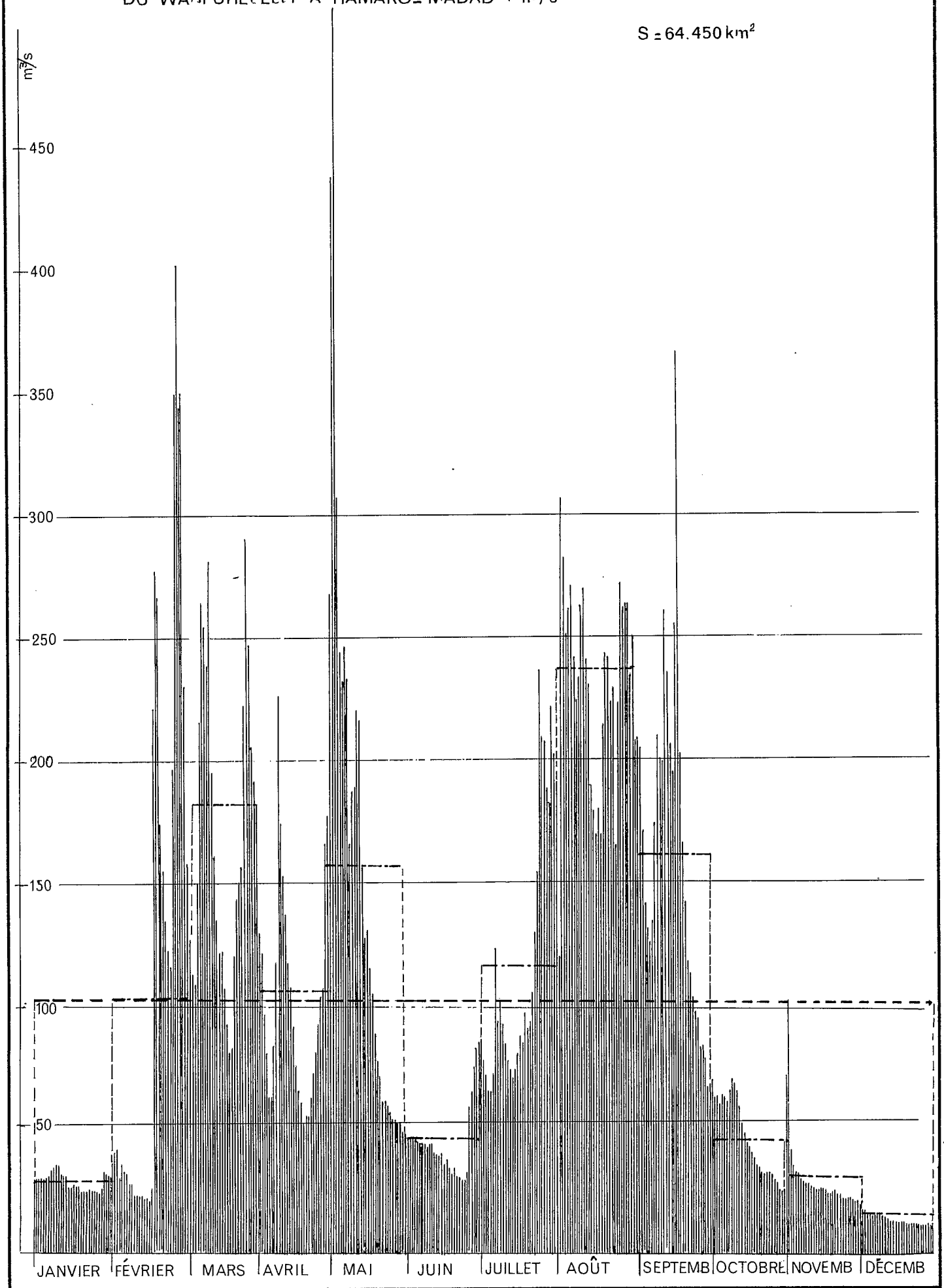
Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	31,8	36,0	344,6	182,3	268,1	47,8	87,6	193,3	211,4	73,5	74,8	20,5
2	30,7	40,2	350,1	131,6	436,9	47,4	78,7	120,1	206,3	63,3	114,0	19,7
3	29,8	40,5	230,0	114,0	506,4	47,1	72,1	309,2	173,4	64,1	43,8	19,2
4	28,6	39,7	159,7	97,4	308,0	46,4	67,1	285,6	142,5	60,7	37,5	17,8
5	27,7	35,5	127,5	80,5	245,9	46,0	66,7	253,3	132,7	64,6	34,0	17,6
6	28,2	31,0	112,6	63,1	233,3	45,7	73,4	263,9	127,9	63,3	32,7	17,3
7	30,3	29,2	109,3	62,3	246,5	45,0	125,8	272,0	137,0	61,6	31,4	17,1
8	32,5	27,3	150,6	85,4	233,6	44,3	94,8	242,5	177,5	66,7	30,1	16,6
9	34,0	25,4	216,9	118,7	167,0	43,9	102,6	227,5	213,5	71,3	29,8	16,2
10	34,0	23,6	264,7	227,5	189,6	42,5	92,8	234,2	203,9	70,1	29,2	16,2
11	32,7	22,6	255,9	174,2	189,8	41,8	85,3	264,4	201,8	65,0	28,5	15,8
12	31,4	21,5	239,8	153,6	222,2	41,1	79,2	270,2	263,8	58,2	28,0	15,3
13	31,1	20,7	282,7	137,4	217,3	40,8	74,4	241,7	236,0	53,4	27,7	15,0
14	28,9	20,0	195,2	116,1	156,1	39,9	71,2	230,5	206,4	48,8	27,4	14,6
15	27,1	19,5	160,5	107,5	128,4	39,2	76,7	193,8	196,2	45,0	26,8	14,4
16	26,3	21,6	135,2	91,9	130,3	37,9	80,2	181,9	256,8	42,1	26,3	14,4
17	26,5	33,0	121,1	77,3	114,2	36,9	91,8	171,0	368,4	40,5	26,0	14,2
18	27,4	220,5	120,7	67,7	104,7	35,9	86,7	217,8	202,5	37,6	25,8	14,0
19	26,8	274,4	107,5	61,6	88,2	35,3	98,0	246,3	167,0	35,6	25,5	14,0
20	25,7	266,0	92,8	59,3	78,9	34,4	91,2	243,5	143,7	34,7	25,2	13,7
21	24,6	174,4	81,1	55,7	70,8	33,0	94,2	225,2	118,9	34,0	24,6	13,5
22	25,2	155,3	82,2	54,9	63,8	31,8	106,5	230,9	114,5	32,7	24,4	13,5
23	25,2	135,7	120,5	63,6	60,5	31,1	130,2	167,7	104,5	32,4	24,1	13,5
24	24,1	123,5	145,8	72,6	58,3	31,1	156,8	225,7	99,8	32,4	23,6	13,5
25	24,1	117,2	151,4	81,3	56,5	32,7	238,2	275,9	94,0	31,4	23,0	13,1
26	24,1	186,4	157,8	94,9	54,9	59,9	211,0	262,3	84,6	31,7	22,5	13,1
27	23,8	(350,0)	223,8	104,8	53,7	65,6	208,9	265,4	84,0	29,5	22,2	13,1
28	27,9	401,2	293,6	107,4	52,2	77,5	189,2	263,5	77,8	27,2	21,7	13,1
29	33,9		248,1	166,5	50,6	83,0	182,3	236,1	69,7	26,6	21,5	12,7
30	30,6		207,9	178,7	49,4	87,8	221,0	252,1	67,0	25,9	20,7	12,7
31	33,7		193,8		48,8		203,0	211,6				12,7
Moy.	29,0	103,3	180,8	106,3	157,3	45,8	117,3	238,0	162,8	47,5	31,8	15,1

Module : 102,9 m^3/s

Fig – 5

DÉBITS MOYENS JOURNALIERS PROVISOIRES EN 1969 DU WABI SHEBELLI A HAMARO – MADAD (m³/s)

S = 64.450 km²



O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique	date	des.	ETR 291487

TABLEAU VII

Débits moyens journaliers provisoires en 1969
du WABI SHEBELLI à IMI-BULITCHE (m^3/s)

Jours	J	F *	M	A	M *	J	J	A *	S	O	N	D
1			260,7	185,0	176,9	40,4	85,5	190,6	205,5	67,7	18,3	22,6
2			287,5	156,2	333,0	40,4	83,6	188,6	203,7	73,4	124,7	20,9
3			251,3	135,3	394,0	40,4	74,5	227,7	192,2	64,0	131,4	20,5
4			201,3	114,2	271,8	40,4	66,4	292,1	162,6	62,0	70,4	18,8
5			155,4	103,8	209,2	40,4	60,7	247,6	138,2	62,2	43,7	18,1
6			126,7	95,0	226,6	40,4	59,7	248,8	130,9	69,9	34,4	17,4
7			118,9	86,2	210,0	39,7	71,2	258,0	124,0	79,1	30,1	16,7
8			122,4	80,9	229,7	37,6	128,4	244,4	136,4	69,3	28,4	16,1
9			177,3	83,4	179,6	36,4	107,4	232,9	151,9	64,9	27,6	15,8
10			227,5	116,3	160,4	37,2	99,4	232,9	201,4	73,2	28,1	15,5
11			266,9	207,0	227,1	35,4	88,8	234,4	190,3	107,5	26,2	14,9
12			258,4	159,2	204,0	35,5	82,5	259,2	200,5	75,8	24,9	14,5
13			280,0	146,7	223,8	35,6	75,2	255,7	252,7	58,7	23,8	14,1
14			243,2	134,6	211,1	33,5	69,9	240,0	207,4	51,9	22,9	13,8
15			195,3	117,1	158,6	36,0	65,7	222,8	194,3	48,0	21,4	13,3
16			167,0	109,8	151,8	33,5	72,1	194,0	238,4	43,8	20,5	12,8
17			141,0	100,5	198,1	31,0	77,4	176,9	225,2	49,8	19,4	12,4
18			129,1	83,6	187,4	28,8	91,2	173,3	185,7	80,4	18,5	12,2
19			132,6	75,7	109,8	26,3	86,7	225,7	163,7	81,3	18,5	12,2
20			114,8	68,8	(93,9)	24,8	97,9	232,5	161,1	40,7	18,0	12,0
21	-		104,9	64,1	(79,5)	25,0	90,0	226,0	136,1	34,3	19,6	11,8
22			96,6	61,3	(73,5)	24,9	95,0	214,0	121,6	30,9	20,9	11,4
23			97,7	59,1	(65,5)	22,9	102,7	182,2	112,2	29,1	18,4	11,4
24			163,4	59,7	(56,8)	22,5	133,9	178,3	104,9	26,9	17,7	11,0
25			173,0	68,6	(51,0)	22,0	56,4	235,4	100,7	26,8	17,4	11,0
26			198,1	80,7	(46,5)	22,6	232,7	263,9	95,7	28,1	19,9	11,0
27			158,9	94,4	(44,5)	72,2	200,0	249,3	86,9	26,5	21,2	10,6
28			193,3	107,6	(43,0)	74,3	197,2	264,4	84,7	24,2	24,1	9,9
29			268,7	106,0	(42,5)	74,6	168,8	235,8	80,7	22,1	23,6	9,0
30			227,6	193,3	(42,1)	80,2	186,0	248,8	72,3	24,9	23,7	8,6
31			198,0		(42,1)		212,0	226,5		18,8		8,6
Moy.	(21)	(57)	185,1	108,5	153,3	38,5	107,1	229,1	155,4	52,1	31,9	13,8

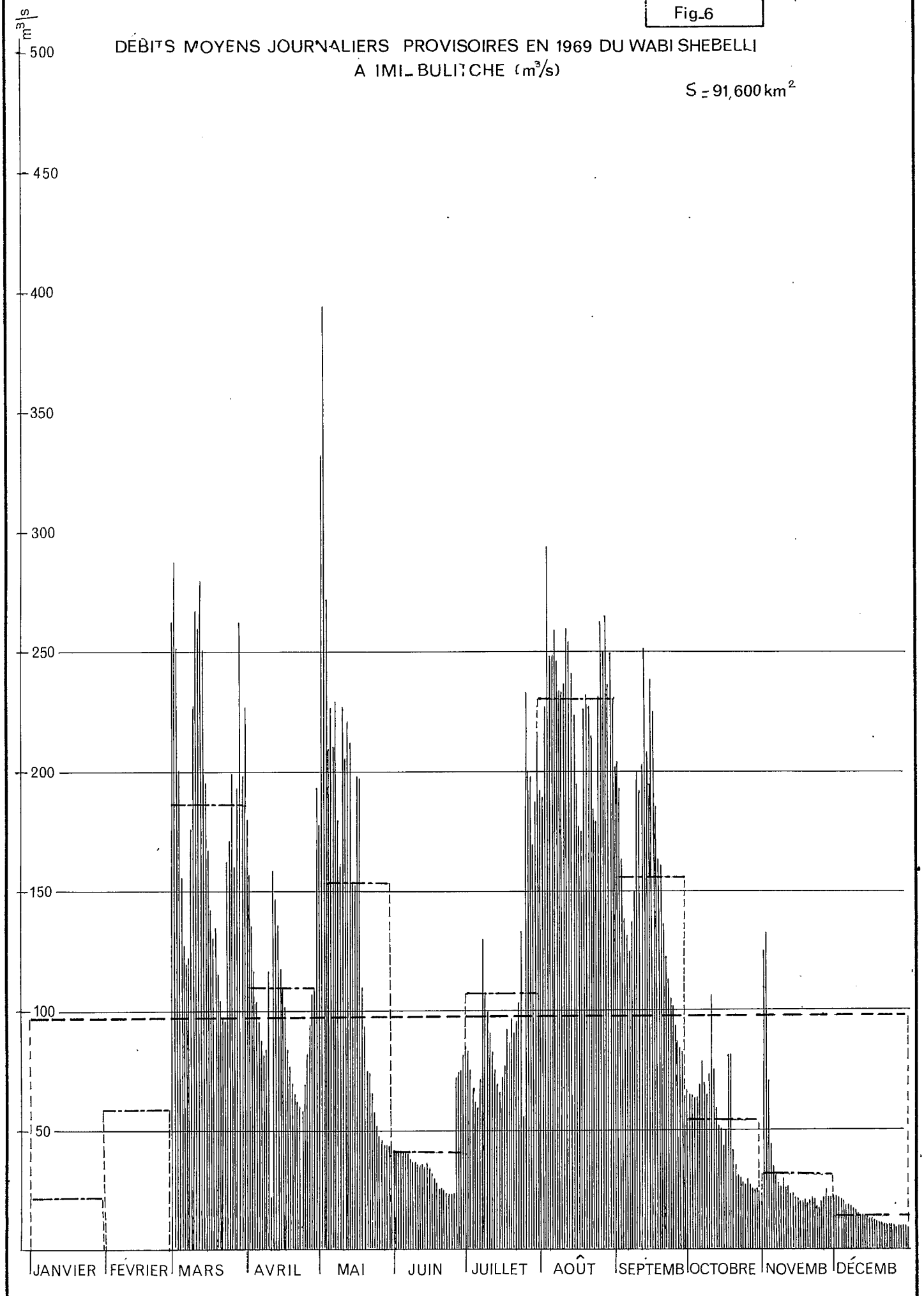
Module : (96,1) m^3/s

* : Débits peut-être sous-estimés.

Fig_6

DÉBITS MOYENS JOURNALIERS PROVISOIRES EN 1969 DU WABI SHEBELLI
A IMI_BULITCHE (m^3/s)

S = 91,600 km^2



O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique	date	des.	ETR 291488

TABLEAU VIII

Débits moyens journaliers provisoires en 1969
du WABI SHEBELLI à GODE (m^3/s)

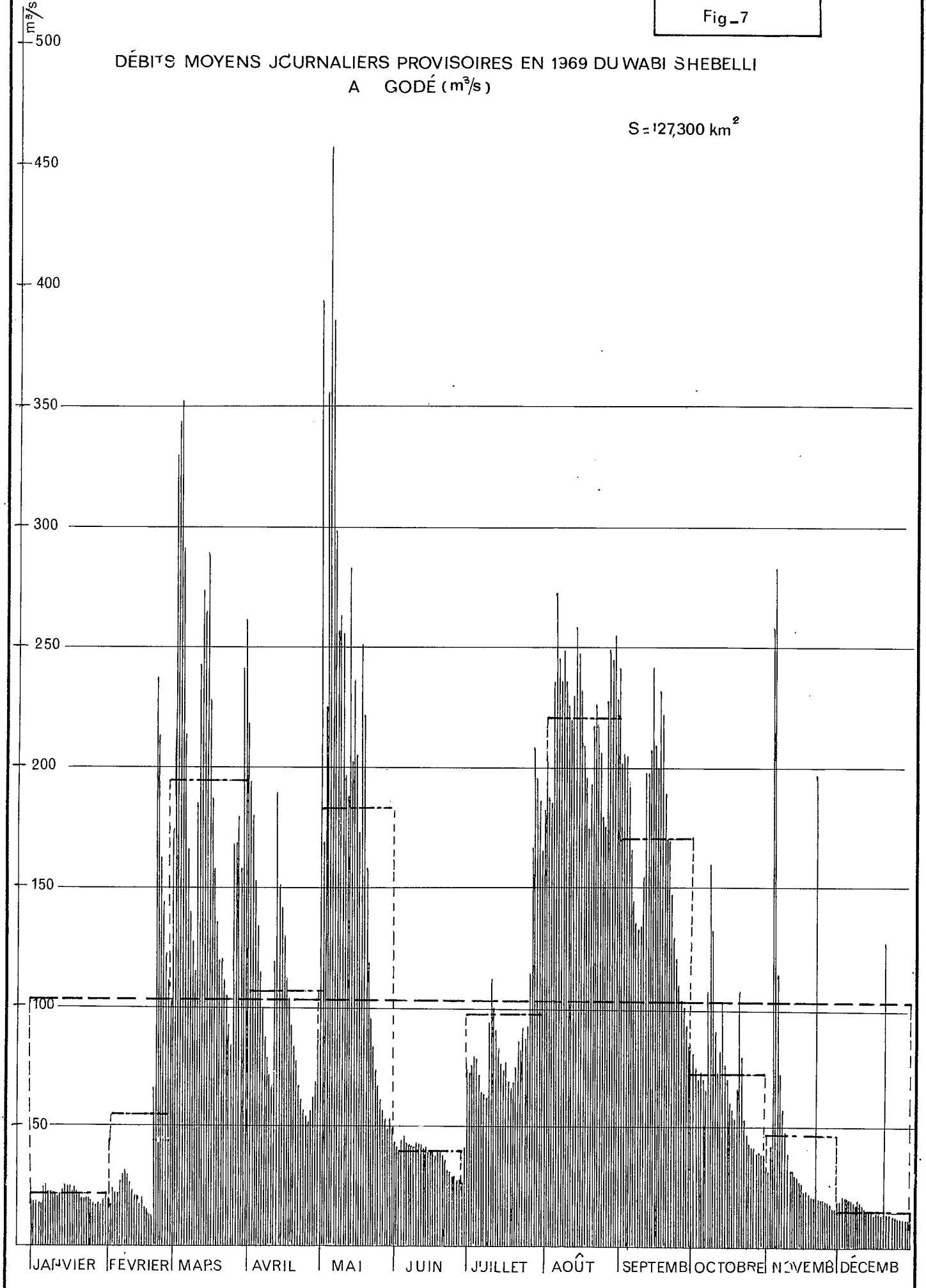
Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	19,0	21,2	175,7	218,3	95,8	43,8	72,8	181,0	240,7	83,7	33,8	18,1
2	18,4	18,3	331,9	194,6	169,0	40,5	71,7	204,7	218,3	80,9	31,7	19,6
3	18,4	17,6	343,4	179,0	225,8	40,2	74,5	187,6	206,3	74,0	41,1	21,3
4	18,4	22,2	350,6	153,2	351,4	44,6	79,0	184,5	205,0	69,8	259,6	21,0
5	18,4	22,7	292,4	133,2	459,6	45,4	78,4	234,7	192,4	72,1	283,2	20,6
6	24,1	22,6	213,1	114,0	385,5	43,8	71,6	272,4	166,5	69,8	112,1	20,1
7	25,0	26,4	164,9	99,8	298,5	42,4	65,7	245,0	145,1	65,7	72,0	19,2
8	23,6	29,8	138,2	87,6	256,3	42,6	62,2	237,1	134,5	107,4	57,7	18,7
9	22,0	30,7	127,8	78,0	262,1	41,9	61,2	248,2	131,0	158,0	46,5	17,8
10	21,0	29,7	115,6	70,1	254,8	42,8	93,6	237,7	132,2	131,7	38,5	16,9
11	20,8	27,0	184,6	66,2	195,3	43,5	110,9	225,9	154,0	89,0	33,8	16,2
12	20,2	23,4	241,7	119,5	187,4	42,5	98,4	219,9	197,1	72,3	30,5	15,7
13	21,2	21,6	274,3	190,2	284,0	41,6	89,6	229,0	196,7	80,4	28,6	15,2
14	23,0	19,9	265,8	152,9	210,8	40,9	83,9	259,0	206,0	101,8	28,0	15,0
15	25,1	17,9	288,6	142,0	237,1	39,8	77,1	246,2	240,7	76,5	26,8	14,6
16	25,0	16,5	227,3	128,5	204,6	39,4	72,3	233,5	209,5	68,8	25,4	14,1
17	24,3	15,4	186,5	111,8	173,8	39,1	68,7	208,4	198,5	59,1	23,9	14,0
18	23,6	14,4	156,1	103,5	250,9	37,9	65,2	189,9	233,0	57,2	23,3	13,6
19	22,4	13,7	134,0	92,2	221,8	38,5	67,6	174,0	223,2	53,9	22,1	13,2
20	21,7	13,2	118,5	83,9	159,8	38,3	74,3	190,3	189,9	64,8	21,6	13,0
21	20,5	67,4	120,0	76,4	118,4	36,3	85,4	217,3	171,2	106,8	206	126
22	19,3	236,4	109,8	66,4	94,3	34,6	81,8	225,3	168,4	79,1	197	12,5
23	18,6	213,1	102,8	61,2	82,0	32,1	90,9	218,3	146,1	53,0	19,1	12,2
24	18,8	160,1	93,0	57,3	73,6	30,1	86,1	205,5	129,5	46,1	18,4	12,0
25	19,3	142,2	85,0	54,1	67,3	29,0	92,4	179,7	118,6	42,5	17,3	11,8
26	18,2	120,8	133,2	51,9	61,0	29,0	114,8	174,4	108,8	42,5	18,1	11,3
27	17,2	110,2	167,5	54,3	56,1	27,8	167,8	228,0	101,3	41,1	19,3	11,0
28	16,8	100,9	179,7	61,7	52,1	26,2	209,0	249,7	98,7	39,1	17,8	11,0
29	17,2		157,7	69,2	49,4	26,1	194,7	244,3	93,9	39,8	16,6	10,7
30	17,0		241,1	86,2	52,3	40,4	187,6	257,7	85,9	39,4	16,3	10,5
31	19,3		260,8		49,2		165,3	226,8		37,1		10,2
Moy.	20,6	56,3	193,0	105,2	182,0	38,0	97,2	220,5	168,1	71,2	47,4	15,0

Module : 101,2 m^3/s

Fig_7

DÉBITS MOYENS JOURNALIERS PROVISOIRES EN 1969 DU WABI SHEBELLI A GODÉ (m^3/s)

$S = 127{,}300\ km^2$



O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique	date	des:	ETR 291489

TABLEAU IX

Cotes et débits d'étiages observés (m et m^3/s)

Rivière	Station	Année 1967-1968			Année 1968-1969			Année 1969-1970		
		Date	Cote	Débit	Date	Cote	Débit	Date	Cote	Débit
WABI SHEBELLI	MALCA UACCANA	25-30 Janv.	0,55	3,6	27 Déc.	0,58	4,7	22 Févr.	0,55	3,6
"	LAGA-HIDA	———			———				<0,35	(7)
ERRER	HAMARO-HADAD	———			Janv.	0,12	(2,5)	13 Févr.	-0,06	1,5
WABI SHEBELLI	HAMARO-HADAD	18 Févr.	1,20	27	16 Févr.	1,03	18	13 Janv.	0,88	13,5
"	IMI BOLITCHE	———			———			10-25 Janv.	-0,03	(7,8)
"	GODE	9-14 Févr.	-0,05	22	21 Févr.	-0,27	12,5	21 Janv.	-0,37	7,8
"	CALLAFO	Févr.	3,88	27	21 Févr.	3,49	16	Janv.	(3,17)	(8,5)
"	BURKUR	———			———			25 Janv.	-0,20	(7)

N.B. 1. - L'année hydrologique est prise de Mars à Février -

N.B. 2 - DACATA, GERRER et FAFAN ont un étiage nul -

TABLEAU X

Cotes et débits de crues observés (m et m^3/s)

Rivière	Station	Année 1967			Année 1968			Année 1969			Année 1970		
		Date	Cote	Débit	Date	Cote	Débit	Date	Cote	Débit	Date	Cote	Débit
WABI SHEBELLI	MALCA UACCANA	7-10	2,89	203	21- 4	2,35	126	26- 3	1,80	71	17- 3	1,98	87
					1- 8	2,15	104	24- 8	2,41	134			
WABI SHEBELLI	LAGA-HIDA										16- 3	4,30	(700)
ERRER	HAMARO-HADAD				1- 6	1,52	160	9,15-3	5 crues	?	25- 4	3,25	570
					5- 6	2,30	300		>1,50		4- 5	2,07	250
								1-11	2,14	265			
WABI SHEBELLI	HAMARO-HADAD	?	(7,30)	(1250)	21- 4	6,20	(845)	3- 5	5,23	(610)	18- 3	5,66	(800)
					22- 8	3,70	320	2-11	3,81	(350)			
DACATA	HAMARO-HADAD				27- 2	3,15	-	25- 3	1,53	-	1- 3	2,05	-
					6-10	1,20	-	16- 5	1,75	-	8- 3	1,91	-
								10-10	(1,50)	-	15- 4	2,25	-
								2-11	2,27	-	21- 4	2,10	-
											26- 4	2,60	-
WABI SHEBELLI	IMI-BOLITCHE							13- 3	2,31	345	18- 3	2,50	615
								3- 5	2,62	460	15- 4	2,52	625
								4- 8	2,28	335	21- 4	2,58	660
								2-11	2,29	340			
WABI SHEBELLI	GODE	12-10	(3,93)	(620)	25- 4	(3,80)	(595)	15- 3	1,95	310	21- 3	3,30	518
					25- 8	1,86	300	5- 5	3,07	475	17- 4	2,45	381
								6- 8	1,81	288	22- 4	3,83	600
								4-11	2,25	353	25- 4	3,42	535
WABI SHEBELLI	CALLAFO							16- 3	7,60	-	21- 3	7,69	-
								7- 5	7,77	-	23- 4	7,89	-
								7- 8	7,20	-	26- 4	7,87	-
								5-11	7,57	-			
WABI SHEBELLI	BURKUR							23- 3	4,51	175	31- 3	3,80	156
								19- 5	5,36	212			
								23- 8	4,78	190			
								10-11	2,44	90			

TABLEAU X (Suite)

Cotes et débits de crues observées (m et m^3/s)

Rivière	Station	Année 1967			Année 1968			Année 1969			Année 1970		
		Date	Cote	Débit	Date	Cote	Débit	Date	Cote	Débit	Date	Cote	Débit
GERRER	DAGABHUR	3-11	(0,92)	-	2- 4	(0,70)	-	25- 2	1,40	-	15- 3	(0,95)	-
					29- 6	2,00	-	31-10	0,90	-	30- 4	1,20	-
					1- 7	0,90	-						
					27-10	1,70	-						
FAFAN	GABREDARRE				Oct.	-	3 j.	Mars	(1,80)	5 j.	Mars	-	7 j.
					Oct.	-	6 j.	Mai	-	22 j.	Mars	(1,30)	13 j.
					Nov.	-	10 j.	Oct.	-	7 j.	Avr.	-	7 j.
								Nov.	(1,35)	8 j.	Avr.	-	17 j.

N.B. 1 - La crue du WABI SHEBELLI à HAMARO HADAD en Octobre 1967 a été estimée d'après les délaissés de crue -

N.B. 2 - La durée des crues à GABREDARRE figure dans la colonne "débits" -

N.B. 3 - Pour 1970, il n'y a évidemment que les crues de la 1ère saison des pluies -

2.2.4. - Aperçus sur le régime hydrologique

L'examen des documents présentés dans les paragraphes 2.2.2. et 2.2.3. permet de faire quelques remarques de caractère préliminaire et provisoire sur le régime hydrologique du bassin du WABI SHEBELLI.

Le régime hydrologique apparaît comme étant d'aspect voisin du type équatorial : deux saisons de hautes eaux : Mars-Mai et Août-Octobre séparées par deux saisons sèches de basses eaux : la petite en Juin-Juillet et la grande de Novembre à Février.

L'étiage minimal annuel semble se produire entre la mi-Décembre et la fin Février. Comme généralement les premières pluies fréquentes se produisent en Février, les débits remontent et le débit moyen du mois pourrait être supérieur à celui de Janvier. L'année hydrologique pourrait donc être choisie de Février à Janvier (ou de Mars à Février).

L'abondance annuelle décroît très vite, avec la pluviosité, du haut bassin vers l'aval, comme le montre le tableau suivant des modules de 1969, sur le WABI SHEBELLI :

Station	Surface de bassin km^2	Module m^3/s	Module spécifique $l/s.km^2$
MALCA UACCANA	5 290	26,9	5,1
HAMARO HADAD	64 450	103,2	1,6
IMI	91 600	96,1 à 102	1 à 1,1
GODE	127 300	101,2	0,8

Tant que les étalonnages ne sont pas complètement terminés, on ne peut considérer les débits, qu'ils permettent de calculer, que comme étant provisoires. Des écarts de $\pm$ 5 % sont tout à fait possibles. Ainsi les débits d'IMI calculés à l'aide du tarage de 1969 sont sûrement sous-estimés en Février, Mai et Août, mois durant lesquels des crues fortes ont dû donner des débits supérieurs, comme ceux mesurés en 1970. Le tableau VII donne les débits calculés d'après le tarage 1969. En tenant compte du tarage 1970, on pourrait avoir une variation du module à IMI de 96 à 102 m^3/s. Aussi, ne doit-on pas prendre au pied de la lettre les différences de modules entre HAMARO HADAD, IMI et GODE. Il est cependant curieux que les apports du DACATA, du LEDI DARE et du DARO ne produisent aucune croissance visible du module à IMI, par rapport à HAMARO HADAD. Ce point sera examiné avec attention après l'étalonnage du DACATA, car il serait prématuré maintenant d'analyser mois par mois l'évolution des débits dans le bief HAMARO HADAD - GODE. En première approximation, on retiendra que les apports dans ce bief, à l'échelle annuelle, paraissent compenser les pertes (inondations suivies d'infiltration).

Les surfaces de bassin versant utilisées ici ont été récemment calculées à partir des cartes au 1/250 000° établies par la section de cartographie. Bien que l'échelle ne puisse être garantie, la planimétrie étant très

bonne, les résultats sont bien meilleurs que ceux qu'aurait donné la carte au 1/500 000° d'échelle peut-être exacte mais de planimétrie très douteuse (ne considère-t-elle pas le MOJO comme affluent direct du WABI alors qu'il se jette en fait dans l'ERRER ?).

On peut grossièrement considérer que l'écoulement des eaux revêt deux aspects :

a) un aspect lent et régulier à l'issue des hautes terres à dominante volcanique très arrosées du nord-ouest (800 à 1 200 mm par an), aspect visible jusqu'après LAGA HIDA et peut-être jusqu'après le RAMIS ;

b) un aspect brutal et saccadé à partir de l'ERRER (500 à 800 mm par an), qui reste un cours d'eau permanent, tandis qu'à partir du DACATA tous les cours d'eau de l'OGADEN ont un écoulement temporaire limité aux phases de crues suivant les forts épisodes pluvieux (200 à 500 mm par an).

La juxtaposition de ces deux types d'écoulement est très net à HAMARO HADAD et y provoque la dispersion déjà signalée de la relation hauteurs-débits (Cf. 2.1.2.). Le même phénomène est encore apparent à IMI, bien qu'une première atténuation des crues y soit visible. Même remarque pour GODE. A BURKUR, l'action de la zone d'inondation de CALLAFO à MUSTAHIL redonne au régime un aspect lent et régulier avec une forte atténuation des débits de hautes eaux.

L'abondance des sources dans le GUEDEB maintient le débit d'étiage à un niveau élevé à MALCA UACCANA : 3,6 m^3/s soit 0,7 $l/s.km^2$.

Plus en aval, l'abondance pluviométrique de l'année influe nettement sur les débits d'étiage, plus de 2 fois inférieurs en Janvier 1970 à ceux de Février 1968.

L'étiage minimal sévère (?) de 1969-70 tomberait ainsi de 13,5 m^3/s soit 0,2 $l/s.km^2$ à HAMARO HADAD jusqu'à environ 8 m^3/s dans toute la Basse Vallée, soit 0,09 à 0,06 $l/s.km^2$ d'IMI à BURKUR.

L'apparente remontée du débit d'étiage à CALLAFO devra être vérifiée après les campagnes de jaugeages d'étiage prévues en début 1971 à IMI et BURKUR.

Le plus faible débit de la petite saison sèche, Juin-Juillet, est supérieur de 2 à 3 fois à l'étiage minimal, tout au moins en 1969.

Nous n'avons encore aucune information quantitative sur les débits de crue du régime semi-désertique des cours d'eau comme le DACATA et le FAFAN.

Les crues de l'ERRER, courtes et violentes également, atteignent régulièrement chaque année 250 à 300 m^3/s, soit 20 à 22 $l/s.km^2$. La crue d'Avril 1970 avec 570 m^3/s, soit 40 $l/s.km^2$, est certainement d'occurrence plus rare, bien que vraisemblablement non exceptionnelle pour un bassin de 14 200 km^2.

Les crues du WABI SHEBELLI sont comparativement plus abondantes en volumes mais de débits de pointe plus modérés.

A MALCA UACCANA, 125 m^3/s, soit 25 $l/s.km^2$, paraît une crue annuelle ; le maximum observé, 203 m^3/s, soit 38 $l/s.km^2$, ne doit pas être un évènement très rare.

A HAMARO HADAD, une crue de 600 à 800 m^3/s, soit 10 à 12 $l/s.km^2$, s'observe chaque année semble-t-il. Le maximum de 1967 a été estimé très approximativement à 1 250 m^3/s, soit 20 $l/s.km^2$.

Le débit de pointe de crue s'atténue en aval d'HAMARO HADAD plus ou moins selon la forme de l'hydrogramme.

A IMI, où le maximum survient environ 12 heures après, l'atténuation est de l'ordre de 25 %, mais ceci est difficile à apprécier réellement quand on ne connait pas l'apport du DACATA ni d'ailleurs ceux des affluents de rive droite, le LEDI et le DARO.

A GODE, la pointe de crue arrive environ 48 heures après son passage à IMI. Elle est souvent atténuée de 10 %, parfois plus, parfois pas du tout, par suite d'apports dus aux torrents de l'OGADEN s'il y a coïncidence entre les pluies locales et le passage de l'onde de crue du WABI SHEBELLI.

L'onde de crue atteint ensuite CALLAFO environ 24 heures après le passage à GODE et n'arrive à BURKUR que 8 à 14 jours plus tard. Le temps de parcours est très variable selon l'importance de la crue et le niveau des inondations dans la zone CALLAFO - MUSTAHIL.

Une première gamme d'inondations locales et de débordements dans les anciens lits ou les lits à sec des torrents locaux se manifeste en amont d'IMI. Le WABI SHEBELLI avec 660 m^3/s, en Avril 1970, coulait presque à plein bords. Une régularisation naturelle par écrêtement des pointes de crue à un maximum peu éloigné de 800 m^3/s est une hypothèse provisoire à vérifier.

L'écrêtement ne redevient visible qu'un peu en amont de CALLAFO (zones d'irrigation par canaux défluents de crue).

L'écrêtement le plus important est le fait de la plaine d'inondation de CALLAFO à MUSTAHIL. Le maximum observé à BURKUR a été 212 m^3/s en Mai 1969, mais la crue d'Avril 1970 a dû être supérieure (ses résultats ne sont pas encore parvenus à ADDIS). On peut supposer un écrêtement à 300 m^3/s environ, ce qui serait en concordance avec le débit maximal de 250 m^3/s environ observé de 1919 à 1929 à BELET-UEN (en SOMALIE).

2.3. - Mesures de débits solides

Depuis Juillet 1968, des mesures périodiques ont été faites à MALCA UACCANA, HAMARO HADAD et GODE sur le WABI SHEBELLI.

Quelques mesures complètes furent effectuées au début pour vérifier la répartition transversale des sédiments en suspension ; ensuite, les mesures ont été faites en des points de référence près de la surface : 1 point à GODE, 3 à HAMARO HADAD, 1 ou 3 à MALCA UACCANA.

A GODE, les mesures furent très nombreuses, car il y avait une base technique permanente : au moins une fois par jour en crue, une fois tous les deux jours en décrue et tous les 8 jours en basses eaux.

A MALCA UACCANA et HAMARO HADAD, il n'y eut de mesures fréquentes que lors des campagnes de jaugeages.

Le bilan global très simplifié de ces mesures de débits de 1968 et 1969 est le suivant :

Station	Nombre de mesures	Cote et débit minimaux de prélèvement	Turbidité minimale	Cote et débit maximaux de prélèvement	Turbidité maximale
MALCA UACCANA	68	0,67 m 8 m^3/s	18-25 g/m^3	2,40 m 105 m^3/s	300 g/m^3
HAMARO HADAD	48	1,22 m 30 m^3/s	14 g/m^3	3,71 m 330 m^3/s	1,8 k/m^3
GODE	112	- 0,37 m 7,8 m^3/s	42 g/m^3	3,06 m 480 m^3/s	71,5 k/m^3

Les eaux en provenance des terrains volcaniques des hauts plateaux sont très peu chargées, même en crue.

Les cours d'eau à régime torrentiel et semi-désertique qui drainent des terrains granitiques et calcaires, à partir de l'ERRER, apportent la totalité des éléments en suspension.

La croissance considérable des turbidités entre HAMARO HADAD et GODE tend à accréditer l'idée que les torrents drainant les terrains gypseux de l'OGADEN sont les plus chargés. Les mesures effectuées au cours du premier semestre 1970 aux stations de HAMARO HADAD et GODE viendront après dépouillement confirmer et renforcer les premiers résultats.

En vue de préciser les apports à un éventuel barrage en amont d'IMI, une campagne de transport solide sera entreprise sur le DACATA dès Septembre 1970.

3. PROGRAMME d'ETUDES de TERRAIN pour l'ANNEE Juillet 1970 - Juin 1971

L'année budgétaire de Juillet 1970 à Juin 1971 est la dernière au cours de laquelle les experts hydrologues français seront présents sur le terrain en ETHIOPIE. En outre, l'effectif des experts ne restera complet que jusqu'en fin de 1970 et sera réduit de moitié en 1971 ; il n'y aura plus alors que le chef de section D. BAUDUIN et un assistant P. LE DUC pour toutes les activités hydrologiques et hydrogéologiques.

C'est dire l'importance de cette année quand on voit tout le travail de terrain qui reste à effectuer. Dans une telle perspective, il est absolument indispensable que la campagne de mesures de hautes eaux de Juillet à Novembre 1970 soit une réussite. Ce sera la dernière campagne intense avec 5 brigades opérationnelles. Il faut que tous les moyens matériels, et tout

spécialement les moyens de transports, demandés pour la réalisation de cette campagne soient accordés sans restriction ni retard. Toute observation ou mesure manquée alors ne pourra pas être faite au début de 1971 et une lacune subsisterait.

Egalement, tout retard dans l'exécution des forages de GODE et GABREDARRE en 1970 accroîtrait encore le programme de travail incombant à D. BAUDUIN, au début de 1971.

Le programme des études de terrain porte essentiellement sur trois données : mesures de débits liquides, de transport solide et de qualité des eaux. L'application de ce programme est résumé sur le tableau XI pour la deuxième saison des pluies de 1970 et l'étiage suivant.

3.1. - Les jaugeages nécessaires

La stratégie opérationnelle élaborée pour la seconde saison des pluies de Juillet à Novembre 1970 repose sur l'hypothèse suivante : la probabilité maximale d'obtention de crues et de hautes eaux couvre la période Juillet-Août-mi-Septembre, sur le WABI SHEBELLI jusqu'à HAMARO HADAD et en partie dans la Basse Vallée, tandis qu'elle affecte la période mi-Septembre-mi-Novembre sur les bassins du DACATA et du FAFAN. Ainsi, la campagne de hautes eaux est-elle divisée en deux parties, à l'issue de la première desquelles certaines brigades changeront de station. La brigade d'ADABA (P. LE DUC) quittera LAGA HIDA pour DAGABHUR à la mi-Septembre. A la même époque, la brigade n° 1 de HARAR (G. BERMOND) se rendra sur le DACATA laissant la brigade n° 2 en charge du WABI. De même la première brigade de la Basse-Vallée quittera GALLAFO pour GABREDARRE, à la même date. Bien entendu, il s'agit ici d'une stratégie d'ensemble que le chef de section D. BAUDUIN adaptera en fonction des impératifs du moment (avance ou retard de la saison des pluies, ...).

Le programme de jaugeages de la première saison des crues de Mars-Mai 1971 sera établi en fonction des résultats de la campagne de Juillet-Novembre 1970. Il sera exécuté sur le terrain par des brigades hydrométriques sous responsabilité éthiopienne, D. BAUDUIN et P. LE DUC effectuant des courtes missions d'assistance et de contrôle auprès des brigades.

3.2. - Les mesures de transports solides

On peut considérer qu'à l'issue du premier semestre 1970, les mesures effectuées à MALCA UACCANA, HAMARO HADAD et GODE sur le WABI SHEBELLI l'ont été en quantité suffisante.

Au cours du deuxième semestre 1970, il est envisagé d'étendre ces mesures aux stations du DACATA, de BURKUR et de GABREDARRE pendant la présence des brigades en ces stations.

Des mesures pourront également être faites à IMI et BURKUR lors de l'étiage 1970-71.

On définira alors, selon les résultats obtenus et compte tenu du programme de jaugeages, le programme de mesures pour 1971.

TABLEAU XI

Programme de mesures de Juillet 1970 à Février 1971

Rivière	Station	Jaugeages nécessaires (cotes limites et marnages)	Période d'opération	Brigade de terrain	Mesures de transport solide	Mesures de qualité des eaux
WABI SHEBELLI	MALCA UACCANA	Etiage	Déc.1970 - Janv. 1971	ADABA		OUI
"	LAGA HIDA	Etiage	Déc.1970 - Janv. 1971			
		Hautes eaux (H>2,20 m)	Juil. - Août 1970	ADABA		
ERRER	HAMARO HADAD	Etiage (H<0,70 m)	A chaque visite	HARAR		
		Moyennes eaux				
WABI SHEBELLI	HAMARO HADAD	Hautes eaux (H>4,00 m)	15 Juil. - 15 Sept.1970	HARAR 1-2		OUI
			15 Sept. - 1er Nov. 1970	HARAR 2		
DACATA	HAMARO HADAD	Tout marnage	15 Sept. - 15 Nov. 1970	HARAR 1	OUI	
WABI SHEBELLI	IMI BOLITCHE	Etiage	Janv. - Févr. 1971	Basse Vallée 1		OUI
"	GODE					OUI
"	CALLAFO	Hautes Eaux (H>4,50 m)	Août - Sept. 1970	B. Vallée 1		OUI
"	BURKUR	Etiage	Janv. - Févr. 1971			
		Très hautes eaux (contrôle)	Août - Sept. 1970	B. Vallée 2	OUI	
GERRER	DAGABHUR	Tout marnage	15 Sept. - 15 Nov. 1970	ADABA		
FAFAN	GABREDARRE	id	id	B. Vallée 1	OUI	

N.B. Les mesures de qualité des eaux sont intensives à MALCA UACCANA et GODE

3.3. - Analyse physico-chimique des eaux

En dehors de quelques prélèvements de l'eau du WABI effectués à GODE, rien n'avait encore été fait dans ce domaine.

Un programme complet a été établi et pourra être réalisé sans difficulté de Juillet 1970 à Juin 1971 tout au long par conséquent d'un cycle hydrologique.

La méthodologie des prélèvements d'eau et des analyses est celle qui a été développée à l'ORSTOM, au TOGO et au DAHOMEY, par J. COLOMBANI [4].

Chaque mesure comprendra 3 prélèvements ponctuels dans la zone des vitesses fortes (bon brassage des eaux) de la section transversale de la station hydrométrique, prélèvements également répartis dans le profil et situés à 20 cm de la surface du plan d'eau.

Température et pH sont mesurés sur le champ.

Les échantillons feront l'objet, au laboratoire d'ADDIS, des déterminations classiques déjà demandées pour les analyses d'eau des puits, forages et piézomètres.

La fréquence des mesures sera la suivante :

a) une fois par semaine aux stations de MALCA UACCANA et GODE, dotées d'observateurs permanents ;

b) une fois par semaine et au moins une fois à la montée et à la descente de chaque crue, sans oublier surtout les pointes courtes dues aux affluents type ERRER et DACATA ; ceci pour les stations de HAMARO HADAD, CALLAFO et BURKUR sur le WABI durant la présence des brigades hydrométriques lors du deuxième semestre 1970 ;

c) une fois lors des visites d'étiage à IMI et BURKUR.

Un programme pour la saison des crues 1971 pourra être élaboré plus tard pour les stations ne faisant pas, comme MALCA UACCANA et GODE, l'objet de mesures régulières et intensives.

4. PREPARATION du RAPPORT FINAL des ETUDES

Les analyses d'interprétation des données hydrométriques et climatiques rassemblées dans le bassin du WABI SHEBELLI commenceront à l'achèvement des activités de terrain, c'est-à-dire après Juin 1971.

En pratique, pour gagner du temps, un certain nombre d'opérations de routine seront entreprises dès le premier semestre de 1971.

Tous ces travaux seront réalisés sous notre direction au Bureau Central Hydrologique de l'ORSTOM à PARIS.

La phase intense d'interprétation débutera en Septembre 1971 lorsque D. BAUDUIN sera de retour de congé, après son séjour en ETHIOPIE.

L'aboutissement sera un rapport général faisant la somme des connaissances hydrométéorologiques sur le bassin du WABI SHEBELLI; ce rapport pourrait être achevé durant le premier semestre de 1972.

Etant donné le peu d'années d'observations dont nous allons disposer et le fait que les études hydrologiques doivent être menées sur des années hydrologiques complètes, nous estimons nécessaire de ne pas stopper les analyses d'interprétation avec les données recueillies jusqu'en Juin 1971, mais de couvrir entièrement l'année hydrologique ainsi entamée, c'est-à-dire d'utiliser les données d'observations jusqu'au 31 Janvier 1972. Il faut, en conséquence, que la quasi-totalité du dispositif d'observations soit maintenu jusqu'à cette date.

Tout cela amène à examiner en détail deux points : la nature et la forme des données à expédier à PARIS d'une part, le calendrier et les modalités d'expédition ainsi que les liaisons franco-éthiopiennes pendant la phase de rédaction du rapport à PARIS d'autre part.

4.1. - Les informations à rassembler

Les informations à rassembler sont de deux origines différentes : les observations et mesures effectuées dans le cadre de l'étude du WABI SHEBELLI d'une part, divers renseignements d'origine externe d'autre part. Ces informations sont également soit de nature hydrométéorologique soit d'autre nature (cartographie, topographie, ... etc ...).

Les observations et mesures climatiques et hydrométriques faites dans le cadre du projet représentent le plus important volume mais le plus facile d'accès. Tous ces documents seront préparés après contrôle, critique et premiers dépouillements afin d'être adressés à PARIS sous une forme déjà élaborée :

- procès-verbaux d'installation et de fonctionnement des stations ;
- courbes d'étalonnages et listes des jaugeages ;
- tableaux mensuels des valeurs climatologiques journalières observées ;
- tableaux mensuels des valeurs de précipitations journalières observées ;
- tableaux mensuels des hauteurs d'eau observées (plusieurs valeurs par jour en quantité variable suivant les stations et les saisons).

Des renseignements d'ordre climatologique et hydrologique seront également recherchés, hors du cadre de la mission française, et rassemblés qu'ils concernent le bassin du WABI SHEBELLI ou des bassins voisins. Etant donné la courte période d'observations dont nous disposons, il est absolument nécessaire de rechercher spécialement en pluviométrie (relevés journaliers de pluies) et en hydrométrie (débits journaliers ou mensuels) tous renseignements portant sur de longues durées afin d'utiliser la méthode d'analyse statistique pour améliorer la connaissance du régime des eaux du bassin du WABI SHEBELLI, surtout pour appréhender la variabilité interannuelle des phénomènes, en procédant par corrélation ou par analogie.

Dans le domaine climatologique, tous les renseignements sont pratiquements contenus dans les documents suivants, déjà disponibles :

- l'ouvrage de A. FANTOLI sur la climatologie d'ETHIOPIE [5].
- "Summaries of rainfall" publié en Avril 1969 par le National Climatological Service d'ETHIOPIE.
- "Monthly weather report", bulletin mensuel du même service.

Les renseignements recherchés concernent les hauteurs journalières - ou mensuelles - de pluies, le nombre de jours de pluie, les hauteurs maximales de pluies en 24 h, les températures moyennes maximales et minimales, les humidités moyennes, les vitesses et directions du vent ...

On a besoin de ces renseignements pour toutes les stations situées dans le bassin du WABI SHEBELLI ou à proximité, depuis le début des observations ; les stations de longue durée de relevés sans lacune sont les plus intéressantes, mais il y en a peu en dehors d'ADDIS-ABEBA et d'HARAR (Cf. paragraphe 1.2.).

Dans le domaine hydrologique, le rassemblement de l'information est beaucoup plus difficile.

Il y a d'une part la station d'origine italienne de CALLAFO, sur le WABI, pour laquelle on ne connait ni la date d'installation ni la période observée. Seul le rapport yougoslave d'ELEKTROPROJEKT [6] fait état d'observations de 1957 à 1959 non encore retrouvées. Une enquête locale est en cours. Une enquête ultérieure en ITALIE pourrait être intéressante.

Il y a d'autre part la station de BELET UEN sur le WABI peu après l'entrée de ce fleuve en SOMALIE. Nous possédons la décennie 1919-29 sous la forme d'un graphique de débits décadaires dont l'origine est certainement italienne.

Des observations récentes depuis 1959 jusqu'à 1965 ont été réunies par la FAO [7] sur la même station de BELET UEN.

Il n'est pas interdit de penser que des observations après 1929 et après 1965 aient pu être faites. Des recherches seraient très utiles car l'ancienneté de cette station et sa situation en font certainement la clé de la connaissance du régime hydrologique du WABI dans sa basse vallée.

En vue de corrélations, il ne serait pas inutile non plus de rassembler les chroniques de débits de longue durée pouvant exister sur l'AWASH [8], bassin limitrophe de celui du WABI au nord aux principales stations (KOKA, AWASH station, HERTALE ...) et sur le JIUBA, bassin limitrophe de celui du WABI à l'ouest, à son entrée en SOMALIE (station de LUGH GANANA, peut-être).

Dans le domaine cartographique et topographique, divers documents établis par le projet sont indispensables :

- jeu complet de la carte planimétrique au 1/250 000° (échelle approximative) ;
- jeu complet de la carte altimétrique, peu précise, au 1/500 000° de l'East Africa Grid ;

- profil en long de la basse vallée de BURKUR à HAMARO HADAD et levés détaillés des zones inondables entre CALLAFO et MUSTAHIL.

4.2. - Calendrier opérationnel

Ce projet de calendrier tient compte des grandes lignes du programme de travail tracées en début de chapitre ; on y estime préférable que les documents à destination de PARIS soient accompagnés par des hydrologues, ou toute autre personne du projet, voyageant d'ETHIOPIE en FRANCE :

a) Fin 1970 - Expédition des documents de base pour les travaux préliminaires de routine et pour le début de l'étude des tendances moyennes des variables climatiques : documents cartographiques et topographiques, documents climatologiques anciens et réunis par le projet, pluviométrie incluse.

b) Début 1971 - Expédition régulière des documents complets relatifs aux stations hydrométriques du projet (étalonnage et relevés de hauteurs d'eau) afin d'assurer un approvisionnement régulier de l'Atelier mécanographique chargé du report des documents sur cartes perforées. On pourra commencer par l'ERRER, GODE et MALCA UACCANA.

c) Juin 1971 - Fin de la phase hydrologique de terrain et retour des derniers hydrologues.

Expédition des derniers dossiers de stations hydrométriques, des derniers enregistrements limnigraphiques et relevés de hauteurs d'eau, des résultats de mesures des débits solides et de qualité des eaux, des observations pluviométriques et climatologiques non adressées en fin 1970.

Désignation d'un responsable éthiopien pour le rassemblement et l'expédition des données d'observations qui seront faites de Juin 1971 à fin Janvier 1972.

Expédition de tous les documents hydrologiques anciens ou externes au WABI SHEBELLI

d) Fin 1971 - Afin de réunir les données d'observation dont la plus importante part proviendra de la deuxième saison des pluies de 1971, nous suggérons qu'une mission d'un mois environ soit effectuée en ETHIOPIE par un hydrologue de l'ORSTOM, qui pourrait être D. BAUDUIN. Cette mission permettra d'effectuer l'analyse critique primaire de ces documents en présence des divers chefs de brigades éthiopiens.

e) Février 1972 - Expédition des dernières données d'observations non collectées lors de la mission de fin 1971 et concernant la fin de l'année hydrologique s'achevant le 31 Janvier 1972.

f) Septembre 1971 - Avril 1972 - Phase intense d'interprétation à PARIS durant laquelle la présence d'un ingénieur hydrologue éthiopien sera la plus fructueuse.

Le traitement des données hydrométriques, et peut-être pluviométriques sera effectué en utilisant les programmes classiques de routine pour calculs sur ordinateur IBM 360-50 mis au point au Service Hydrologique de l'ORSTOM [9] . En cas de besoin, des programmes particuliers de traitement pourraient être écrits.

Les données seront préalablement mises sur cartes perforées, en adoptant également les modèles ORSTOM. Pour préparer ce travail, nous avons établi la codification des stations hydrométriques, selon les normes ORSTOM pour le Continent Africain [9]. Ce travail a été fait pour tous les affluents importants du WABI SHEBELLI et se trouve présenté sur le tableau n° XII.

CONCLUSION

Nous envisageons une prochaine mission en ETHIOPIE dans un an environ, peu avant la fin des études de terrain pour faciliter et organiser cette phase de transition avant la phase de travail à PARIS. Nous examinerons également alors en quels sites et dans quelles conditions le Water Ressources Department pourrait poursuivre dans le futur la gestion des réseaux climatologiques, pluviométriques et hydrométriques mis en place durant la période du projet.

TABLEAU XII

Codification hydrologique du WABI SHEBELLI

1. Code ETAT : ETHIOPIE 13
2. Code BASSIN : WABI SHEBELLI 28
3. Code RIVIERE :

WABI et affluents directs		Affluents de 2ème ordre
WABI SHEBELLI	01	
DACATA	11	AFFADA 31 - DALESCIA 34 SOULOUL 56 - TOURFA 58
DARO	12	
ERRER	14	FIK 37 - GOBELLI 43 - MOJO 50
FAFAN	16	GERRER 41
HADIDO (ROBI)	18	
LEDI (DARE)	20	
MADISO	21	GALADI 39
MARIBO	22	
RAMIS	24	ARERI 32 - GALETTI 40 SACATA 53
SCIANAN (GOLOTCHIA)	25	ELERSO 36 - ILLILI 45 MAGNA 45
ULUL	27	
UNGUATA	28	LABOU 47 - SAGOULO 54

4. Code d'identification des stations hydrométriques existantes

WABI route de DODOLA	13.28.01.08	MARIBO route de DODOLA	13.28.22.01
WABI à MALCA UACCANA	13.28.01.27	MARIBO au confluent du WABI	13.28.22.02
WABI à LAGA HIDA	13.28.01.24	ERRER à HAMARO HADAD	13.28.14.12
WABI à HAMARO HADAD	13.28.01.15	DACATA à HAMARO HADAD	13.28.11.09
WABI à IMI	13.28.01.18	FAFAN à DAGAMEDO	13.28.16.01
WABI à GODE	13.28.01.12	FAFAN à GABREDARRE	13.28.16.02
WABI à CALLAFO	13.28.01.21	GERRER à DAGABHUR	13.28.41.01
WABI à BURKUR	°3.28.01.03		

N.B. 1 - L'ordre alphabétique est retenu pour codifier les rivières classées selon leur ordre et les stations, en conservant des créneaux libres.

N.B. 2 - Les rivières ont entre ( ) leur nom du bief amont.

N.B. 3 - Les numéros de code Etat et bassin international (cas du WABI SHEBELLI) ont été établis une fois pour toutes pour tout le continent Africain.

LISTE des REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] - BCEOM - ORSTOM - BDPA - 1966 - "Rapport de la Mission Préliminaire à l'Etude de l'Aménagement du bassin du WABI SHEBELLI" - ASMIC, Paris.

[2] - P. DUBREUIL - 1967 - "Mise en place de la section hydrologie-hydrogéologie. Rapport de mission d'Octobre-Novembre 1967" - ORSTOM, Serv. Hydrol., Paris.

[3] - P. DUBREUIL - 1969 - "Rapport de la mission de Janvier 1969" - ORSTOM, Serv. Hydrol., Paris.

[4] - J. COLOMBANI - 1967 - "Contribution à la méthodologie des mesures systématiques de débits solides en suspension" - Cah. ORSTOM, Série Hydrologie, Vol. IV, n° 2, 1967.

[5] - A. FANTOLI - 1965 - "Contributo alla climatologia dell' ETIOPIA. Riassunto di risultati e tabelle meteorologiche e pluviometriche" Rome.

[6] ELEKTROPROJEKT - 1961 - "Projet pour l'Aménagement du bassin du WABI SHEBELLI" Zagreb, Yougoslavie.

[7] F.A.O. - 1965 - "Agricultural and water surveys - Somalia water ressources" - Rome.

[8] Fonds Spécial des Nations Unies - "Survey of the AWASH river basin"

[9] - M. ROCHE - 1968 - "Traitement automatique des données hydrométriques et des données pluviométriques au Service Hydrologique de l'ORSTOM" - Cah. ORSTOM, Série Hydrologie, Vol. V, n° 3, 1968.