

MISSION DES NATIONS UNIES POUR L'ETUDE
DU BASSIN DU FLEUVE SÉNÉGAL

Rapport hydrologique

par

Marcel ROCHE

Genève - Janvier 1963

MFS/63/1
GE.63-95

Table des matières

	<u>Page</u>
Introduction	4
Chapitre I	-
- Inventaire des connaissances acquises - Observations climatologiques dans l'ensemble du bassin	7
1 - Réseau des stations climatologiques	7
2 - Etudes sur les pluies	12
3 - Températures	12
4 - Humidités	17
5 - Régime des vents	17
Chapitre II	-
- Inventaire des connaissances acquises - Observations hydrologiques dans la Basse Vallée (de Bakel à la mer)	20
1 - Exposé général	20
2 - Stations hydrométriques de la vallée	24
3 - Méthodes utilisées pour la revalorisation des relevés anciens	54
Chapitre III	-
- Inventaire des connaissances acquises - Observations hydrologiques dans la partie supérieure du bassin (Sénégal en amont de Bakel et affluents)	57
1 - Sénégal	57
2 - Branches-mères et affluents du Sénégal	63
Chapitre IV	-
- Aperçu sur le régime du Sénégal	83
1 - Régime du Sénégal à Bakel	84
2 - Quelques données sur le régime du Sénégal à Dagana	89
3 - Quelques données sur le régime du Sénégal à Galougo	94
4 - Quelques données sur le régime de la Falémé	95
Chapitre V	-
- Recommandations concernant la poursuite des études dans les domaines faisant l'objet des chapitres I, II et III	97
1 - Pluviométrie	97
2 - Autres données climatiques	100
3 - Stations hydrologiques	102
4 - Mesures de débits solides	105

70.098

		<u>Page</u>
Chapitre VI	- Problèmes concernant la navigation	107
	1 - Navigation sur le fleuve non aménagé	107
	2 - Annonce des crues	109
	3 - Navigation sur le fleuve aménagé	112
Chapitre VII	- Problèmes relatifs à l'étude du lit majeur	114
	1 - Aménagements sans régularisation du fleuve	114
	2 - Aménagements avec régularisation	116
Chapitre VIII	- Problèmes relatifs à l'étude du Delta	118
Chapitre IX	- Problèmes particuliers sans incidence notable sur le régime du fleuve	120
	1 - Gorgol	120
	2 - Kolimbimé et lac Magui	123
	3 - Korakoro	127
	4 - Vallée du Serpent	128
Chapitre X	- Organisation des études hydrologiques au sein d'un comité technique international éventuel	130
	1 - Organisation des études	130
	2 - Aménagement de l'organigramme pour tenir compte des différentes contingences - Formation du personnel africain	140
Chapitre XI	- Devis estimatif sommaire des dépenses à engager en vue de la poursuite des études	143
Liste des documents concernant l'hydrologie du Sénégal		160

Abréviations

D.N.	- Chemin de fer Dakar-Niger
I.G.N.	- Institut géographique national
M.A.S.	- Mission d'aménagement du Sénégal
M.E.F.S.	- Mission d'étude du fleuve Sénégal
O.A.C.I.	- Office aéronautique de la carte internationale
O.R.S.T.O.M.	- Office de la recherche scientifique et technique outre-mer
S.H.O.N.	- Service hydraulique de l'Office du Niger
U.H.E.A.	- Union hydro-électrique africaine

Introduction

Le bassin du Sénégal, qui s'étend largement du climat guinéen (Tropical de Transition), avec des précipitations annuelles moyennes comprises entre 1500 et 2000 mm, au climat sahélien, avec des précipitations annuelles pouvant descendre au-dessous de 300 mm, est donc caractérisé par une grande hétérogénéité d'alimentation. Cette diversité climatique influe, de concert avec le relief, sur le tracé du réseau hydrographique. S'il est possible, dans les zones où il tombe plus de 600 à 700 mm, et dans les parties montagneuses des régions du nord, de définir sans trop de peine une ligne de partage des eaux, il n'en est pas de même dans les régions plus plates du nord et surtout du nord-est à faible pluviométrie : les phénomènes d'aréisme et d'endoréisme y rendent très difficile le tracé d'une limite de bassin. La part d'interprétation qui préside à ce tracé explique les divergences qu'on peut observer entre les chiffres avancés dans les différents rapports et publications.

L'expert hydrologue s'est fixé comme règle, pour le tracé adopté dans le présent rapport, de suivre la limite topographique en s'aidant des points cotés qui figurent sur la carte OACI au 1/1.000.000. Toutefois, les régions pour lesquelles l'endoréisme total est notoire, quelle que soit la pluviométrie de l'année, n'ont pas été incluses dans le bassin; l'expert a été guidé dans ce choix par la connaissance personnelle qu'il a de ces régions. Le détail des superficies ainsi trouvées pour chaque bassin partiel figure à la fin du Chapitre III. Si l'on exclut le bassin du Ferlo, dont la superficie est d'environ 45.000 km^2 , la répartition entre les 4 Etats intéressés est la suivante :

République du Sénégal	27.400 km^2
République du Mali	155.000 km^2
République Islamique de Mauritanie	75.600 km^2
République de Guinée	30.800 km^2
soit au total environ	289.000 km^2 et 334.000 km^2 avec le Ferlo.

Le présent rapport répond aux trois questions qui ont été posées à tous les experts de la mission des Nations Unies pour l'aménagement du bassin du Sénégal.

- Quelles sont les données actuellement disponibles sur le bassin du Sénégal, concernant la spécialité de l'expert (ici : hydrologie) ?

- Quelles sont les données complémentaires dont la collection est nécessaire ou souhaitable pour mener à bien toute étude d'aménagement prévu ou à prévoir dans le cadre du développement intégré du bassin ? Quelles sont les mesures à prévoir pour le rassemblement de ces données et comment peut-on envisager l'organisation administrative et technique du service hydrologique chargé de les prendre, dans le cadre d'un éventuel organisme technique international ?

- A quelles dépenses peut-on estimer que l'on sera conduit par l'application du programme proposé ?

Outre les réponses à ces questions, il a semblé difficile, dans un rapport hydrologique, de ne pas donner quelques indications sommaires sur le régime du fleuve et de ses affluents, en se basant sur les données déjà disponibles.

Dans les trois premiers chapitres, on fait l'inventaire des connaissances acquises en climatologie et en hydrologie générale sur l'ensemble du bassin, à l'exception, pour l'hydrologie, des affluents n'ayant pas une incidence notable sur le régime du fleuve lui-même (Gorgol, Kolimbiné, Korakoro, vallée du Serpent). Ces derniers font l'objet du Chapitre IX, tant pour les résultats déjà acquis que pour les recommandations en vue d'études futures.

Le Chapitre IV donne les principales caractéristiques du régime à Bakel, seule station pour laquelle, dans l'état actuel des recherches, on possède des données suffisamment sûres et portant sur une période suffisamment longue. Des résultats moins élaborés sont également fournis, concernant la station de Dagana, la Falémé et le Sénégal à Golougo.

Le Chapitre V expose la nature des études complémentaires qu'il faudrait entreprendre dans le domaine de la climatologie du bassin et de l'hydrologie de la vallée et des affluents actifs. Ces compléments s'entendent aussi bien pour les études sur archives que pour la poursuite des études sur le terrain.

Le Chapitre VI traite brièvement des données hydrologiques à réunir pour l'amélioration de la navigation, et du problème de l'annonce des crues.

Dans le Chapitre VII, on signale les quelques études déjà effectuées dans le lit majeur et le sens dans lequel on devrait, de l'avis de l'expert, diriger les investigations pour résoudre les problèmes de nature hydro-agricole.

Le Chapitre VIII fait l'inventaire des études effectuées dans le Delta et donne quelques propositions pour les études à venir.

Le Chapitre X traite des moyens matériels à prévoir pour la réalisation du programme d'études hydrologiques et de la structure du service chargé de l'exécution de ce programme. Il est assorti d'un organigramme permettant d'avoir une vue synthétique de l'organisation préconisée par l'expert. Cet organigramme est conçu de manière à pouvoir être facilement adapté à une participation éventuelle d'organismes d'Etat, nationaux ou étrangers, ou de firmes étrangères; cette participation est jugée indispensable si l'on veut obtenir un démarrage suffisamment rapide des études.

On établit enfin, dans le Chapitre XI, un devis estimatif sommaire des dépenses auxquelles on peut s'attendre pour la réalisation du programme proposé.

CHAPITRE I

INVENTAIRE DES CONNAISSANCES ACQUISES : OBSERVATIONS CLIMATOLOGIQUES DANS L'ENSEMBLE DU BASSIN

1. RESEAU DES STATIONS CLIMATOLOGIQUES

Dans les quatre Etats intéressés par le bassin du Sénégal, l'organisation du Service météorologique est la même : les différentes stations sont divisées en trois groupes suivant le nombre de facteurs mesurés.

a) Stations d'observations

dans lesquelles on mesure :

- la pluie (P) avec un pluviomètre et généralement aussi un pluviographe,
- l'humidité (U) et la tension de vapeur (e), avec un psychromètre mural,
- le vent au sol, en vitesse et en direction (V), au moyen d'un anémographe et d'une girouette enregistreuse,
- l'insolation (Ins) avec un héliographe,
- le pouvoir évaporateur de l'air, dit Evaporation (E), avec un évaporomètre type ONM, dérivé du Piche et présentant des caractéristiques analogues,
- la nébulosité (Neb) avec une herse néphoscopique,
- la pression atmosphérique (Pr) avec un baromètre à mercure type Fortin.

Aucune station du bassin dans les quatre Etats considérés n'est équipée pour la mesure du rayonnement solaire global. Par contre, la plupart possèdent également une station de mesure du vent en altitude et quelques-unes une station de radiosondage.

b) Stations climatologiques

dans lesquelles on mesure :

- la pluie (en général pluviomètre uniquement)
- la température
- l'humidité et la tension de vapeur
- l'évaporation

c) Postes pluviométriques dotés d'un seul pluviomètre relevé deux fois par jour.

La distribution géographique de ces différentes stations est donnée, pour chaque Etat, dans les tableaux I à IV.

Un certain nombre de ces stations ne sont pas situées à l'intérieur des limites du bassin, mais à ses abords immédiats. La classification correspond à la nature des observations effectuées en 1962.

La position des différentes stations est indiquée sur la carte I.

TABLEAU I
BASSIN DU SENEGAL
STATIONS METEOROLOGIQUES SITUÉES AU MALI

STATIONS	COORDONNÉES		DÉBUT DE LA PÉRIODE DES OBSERVATIONS	R O T A
	Latitude N	Longitude W		
<u>STATIONS D'OBSERVATIONS (P - T - U - e - V - Ins - E - Neb - Pr)</u>				
Kayes	14° 26'	11° 26'	1921	
Kéniéba	12° 50'	11° 14'	1942	
Kita	13° 05'	09° 29'	1931	
Nioro	15° 14'	09° 36'	1919	poste pluviométrique jusqu'en 1954
<u>STATIONS CLIMATOLOGIQUES (P - T - U - e - E)</u>				
Bafoulabé	13° 49'	10° 50'	1921	Stat. obs. jusqu'à Sept. 1948
Faladié	13° 08'	08° 20'	1931	
<u>POSTES PLUVIOMÉTRIQUES (P)</u>				
Ambibédi	14° 35'	11° 47'	1951	
Aourou	15° 02'	11° 25'	1951	
Bangassi	14° 10'	08° 55'	1951	
Diamou	14° 06'	11° 16'	1951	
Diéma	14° 33'	09° 11'	1941	
Faléa	12° 16'	11° 17'	1956	
Galougo	13° 50'	11° 04'	1951	
Gourbassi	13° 25'	11° 38'	1956	
Géné-Goré	12° 43'	11° 01'	1956	
Koniakary	14° 35'	10° 54'	1955	Remplace Seguéla (14° 34' N-10° 58' W) observ. jusqu'en juin 1955
Kourouminkoto	13° 51'	09° 35'	1951	
Mourdiah	14° 28'	07° 23'	1930	
Négala	12° 52'	08° 27'	1954	
Oulouma	14° 12'	11° 35'	1951	
Oussoubidiagna	14° 15'	10° 28'	1951	
Sandaré	14° 43'	10° 18'	1954	
Sébékoro	12° 58'	09° 00'	1951	
Sirakoro	12° 41'	09° 14'	1951	
Toukoto	13° 27'	09° 53'	1932	St. obs. jusqu'en 1954
Yélimané	15° 08'	10° 34'	1919	

TABLEAU II
BASSIN DU SENEGAL
STATIONS METEOROLOGIQUES SITUÉES EN MAURITANIE

STATIONS	COORDONNÉES		DÉBUT DE LA PÉRIODE DES OBSERVATIONS	N O T A
	Latitude N	Longitude W		
<u>STATIONS D'OBSERVATIONS (P - T - U - e - V - Ins - E - Neb - Pr)</u>				
Aïoun el Atrouss	16° 42'	9° 35'	1946	
Kiffa	16° 38'	11° 24'	1921	
Rosso	16° 30'	15° 49'	1934	
Saint Louis	16° 01'	16° 30'	1920	
<u>STATIONS CLIMATOLOGIQUES (P - T - U - e - E)</u>				
Hankassas	15° 57'	11° 31'	1953	
<u>POSTES PLUVIOMÉTRIQUES (P)</u>				
Aleg	17° 03'	13° 55'	1921	
Boghé	16° 35'	14° 16'	1921	
Kaédi	16° 09'	13° 30'	1920	
M'Bout	16° 02'	12° 35'	1920-31 puis 1944	
Sélibaby	15° 10'	12° 10'	1933	
Tamchakett	17° 16'	10° 43'	1932	

TABLEAU III
BASSIN DU SENEGAL
STATIONS METEOROLOGIQUES SITUÉES AU SENEGAL

STATIONS	COORDONNÉES		DÉBUT DE LA PÉRIODE DES OBSERVATIONS	N O I A
	Latitude N	Longitude W		
<u>STATIONS D'OBSERVATIONS (P - T - U - e - V - Ins - E - Neb - Pr)</u>				
Linguéré	15° 23'	15° 09'	1933	
Matam	15° 39'	13° 15'	1918	
Podor	16° 39'	14° 58'	1918	
<u>POSTES PLUVIOMÉTRIQUES (P)</u>				
Bakel	14° 54'	12° 27'	1918	
Barkedji	15° 17'	14° 52'	1947	
Coki	15° 31'	16° 00'	1933	
Dagana	16° 31'	15° 30'	1920	
Darah	15° 20'	15° 29'	1933	
Kidira	14° 28'	12° 13'	1918	
Namary	15° 05'	13° 38'	1940	
Saraya	12° 50'	11° 45'	1948	
Velingara (Ferlo)	15° 00'	14° 41'	1956	
Yang-Yang	15° 35'	15° 21'	1918	

TABLEAU IV
BASSIN DU SENEGAL
STATIONS METEOROLOGIQUES SITUÉES EN GUINÉE

STATIONS	COORDONNEES		DEBUT DE LA PERIODE DES OBSERVATIONS	NOTA
	Latitude N	Longitude W		
<u>STATIONS D'OBSERVATIONS</u> (P - T - U - e - V - Ins - E - Neb - Pr)				
Labé	11° 19'	12° 18'	1923	
Siguiri	11° 26'	9° 10'		
<u>STATIONS CLIMATOLOGIQUES</u> (P - T - U - e - E)				
Dalaba	10° 42'	12° 15'	1933	
Mali	12° 05'	12° 18'	1922	
Tolo (Porédaka)	10° 45'	12° 04'	1934	
<u>POSTES PLUVIOMÉTRIQUES</u> (P)				
Ditinn	10° 53'	12° 11'	1923-32 puis 54	
Tougué	11° 26'	11° 40'	1922-26 puis 30	
Pita	11° 04'	12° 24'	1922	
Dabola	10° 45'	11° 07'	1923	
Dinguiraye	11° 18'	10° 43'	1921-34 puis 54	

2. ETUDES SUR LES PLUIES

Les totaux mensuels et annuels de précipitations sont calculés, chaque année pour chaque station, par les services météorologiques des Etats. Les résultats sont publiés dans des bulletins. Périodiquement, ces mêmes services procèdent au calcul de la pluviométrie interannuelle, appelée "normale" lorsqu'elle est déterminée sur une période prise comme référence. Par contre, l'étude des pluies journalières et des averses, ainsi que l'étude systématique des intensités basée sur les enregistrements fournis par les pluviographes, n'avait pas été abordée jusqu'à ce qu'un travail d'ensemble, actuellement en cours, ait été confié à l'O.R.S.T.O.M. On peut penser qu'un document important concernant cette question sera bientôt publié.

Les hauteurs de pluie moyennes, mensuelles et annuelles, aux différentes stations observées depuis au moins dix ans, sont portées dans le tableau V. Ces moyennes sont provisoires et ne portent pas sur les mêmes périodes, le travail d'homogénéisation des données n'ayant pas encore été réalisé. Un réseau d'isohyètes moyennes annuelles provisoire est tracé sur la carte I.

3. TEMPERATURES

On trouvera sur le tableau VI les températures mensuelles obtenues à différentes stations d'observations et stations climatologiques.

TABLEAU V

MOYENNES DES PRÉCIPITATIONS MENSUELLES ET ANNUELLES
DANS LE BASSIN DU SÉNÉGAL

(mm)

STATIONS	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	TOTAL
<u>MALI</u>													
Ambibédi	0	2	0	0	13	107	147	246	184	48	2	0	749
Aourou	0	2	0	0	6	85	137	175	137	35	6	0	583
Bafoulabé	1	1	0	4	39	135	217	318	204	47	3	1	970
Diamou	0	1	0	2	15	119	189	263	191	52	4	0	836
Diéma	0	0	0	4	15	64	128	244	136	31	2	2	626
Faladié	1	0	4	11	42	126	239	333	198	56	7	0	1 017
Galougo	0	1	0	4	29	135	194	274	217	65	6	0	925
Kayes	1	1	0	2	24	96	185	246	167	23	4	0	749
Kéniéba	0	0	0	7	47	147	147	444	300	113	14	2	1 221
Kita	1	0	1	10	43	153	243	364	229	74	12	1	1 131
Koniakary (Ségala)	0	1	0	5	19	115	171	259	170	52	5	0	797
Mourdiah	0	0	2	4	14	71	152	210	97	22	1	1	574
Nioro	0	1	0	6	24	72	181	258	135	26	2	1	706
Ooulouma	1	4	0	0	13	98	177	292	264	76	20	0	945
Oussoubidiane	0	1	0	4	25	140	180	264	213	76	3	0	906
Sirakoro	1	0	9	5	67	143	273	349	224	91	4	0	1 166
Toukoto	0	0	1	9	32	125	208	286	194	59	8	2	924
Yélimané	0	1	0	3	9	56	147	208	129	27	3	1	584
<u>GUINÉE</u>													
Dabola	3	1	15	54	149	216	261	393	299	174	24	3	1 592
Dalaba	3	0	27	83	134	240	375	558	348	186	47	14	2 015
Dinguiraye	4	2	11	32	132	196	302	399	317	152	17	3	1 567
Ditinn	3	8	18	64	155	229	301	326	301	180	56	12	1 653
Mali	1	0	5	22	98	242	350	503	360	178	17	1	1 777
Pita	3	3	14	74	168	242	360	428	321	170	49	12	1 844
Tolo	1	6	18	90	150	226	295	385	343	209	50	5	1 778
Tougué	5	1	8	31	95	202	320	466	290	135	30	5	1 588
Labé	2	2	11	44	138	259	349	371	299	186	35	11	1 707
Sigiri	1	2	10	33	92	188	255	350	270	115	21	2	1 339

TABLEAU V (suite)

STATIONS	JANV.	FÉVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	TOTAL
<u>MAURITANIE</u>													
Kankassas ..	0	5	0	3	3	39	158	180	84	16	13	0	501
Kiffa	1	0	0	0	5	22	78	133	75	13	2	2	331
M'Bout	3	0	0	0	4	26	81	145	86	16	2	2	365
Selibaby	1	0	0	3	12	71	151	217	138	32	2	3	630
Rosso	0	1	0	0	3	8	40	147	79	30	3	1	312
Saint Louis	2	3	1	0	2	15	57	150	109	24	3	3	369
<u>SENEGAL</u>													
Bakel	2	0	0	0	6	43	118	195	106	24	2	3	499
Barkedji	0	0	0	0	4	33	95	161	140	34	0	0	467
Coki	0	1	1	0	3	10	92	207	133	36	3	3	489
Dagana	1	1	0	0	4	15	52	149	75	18	1	1	317
Dara	0	0	2	0	8	25	91	215	132	35	7	2	517
Kidira	2	0	0	3	15	92	180	252	184	46	6	1	781
Namary	0	0	0	0	2	52	137	291	166	41	1	7	697
Saraya	0	1	0	6	58	160	233	383	187	83	10	1	122
Tang-Yang	1	2	1	0	4	31	96	207	140	49	4	1	535
Linguéré	0	2	2	0	4	25	96	219	129	47	5	2	531
Matam	1	1	0	0	4	54	118	208	109	23	2	2	522
Podor	1	2	1	0	3	16	58	129	74	22	3	1	310

TABLEAU VI
TEMPERATURES MOYENNES DANS LE BASSIN DU SENEGAL (°C)

T_x = maximum journalier
T_n = minimum journalier

STATIONS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle	
BAFOULABE (Mali)	T _x T _n <u>T_x + T_n</u> 2	39 17 28	38 19 28	40 22 31	42 25 34	41 27 34	36 24 30	34 23 28	31 22 26	32 22 27	34 22 28	35 20 27	33 19 26	36 22 29
FALADIE (Mali)	T _x T _n <u>T_x + T_n</u> 2	33 11 22	37 14 25	39 18 28	39 22 30	40 24 32	37 23 30	31 22 26	30 21 25	31 21 26	34 20 27	34 16 25	33 12 23	35 19 27
KAYES (Mali)	T _x T _n <u>T_x + T_n</u> 2	34 17 25	37 19 28	40 22 31	43 26 34	43 28 35	38 26 32	34 25 30	32 22 27	33 23 28	35 23 29	36 21 28	34 17 26	36 22 29
KENIEBA (Mali)	T _x T _n <u>T_x + T_n</u> 2	35 16 25	37 20 28	40 22 31	41 24 32	40 26 33	35 24 29	32 23 27	30 22 26	32 22 27	33 22 27	34 18 26	34 15 25	35 21 28
KITA (Mali)	T _x T _n <u>T_x + T_n</u> 2	32 18 25	36 22 29	38 23 30	39 26 33	39 26 32	34 23 28	30 21 26	29 21 25	30 21 26	32 21 27	34 19 27	38 19 28	34 22 28
NIORO (Mali)	T _x T _n <u>T_x + T_n</u> 2	32 12 22	36 15 25	40 19 29	42 23 33	43 26 34	41 26 33	36 24 30	33 22 28	35 23 29	38 22 30	37 18 28	33 14 23	37 20 29

TABLEAU VI (suite)

- Moyennes mensuelles des maximums journaliers
- Moyennes mensuelles des minimums journaliers
- Moyennes journalières mensuelles

4.- HUMIDITES

On trouvera sur le tableau VII les humidités relatives moyennes mensuelles obtenues aux différentes stations d'observations et stations climatologiques:

- Moyennes mensuelles des maximums journaliers
- Moyennes mensuelles des minimums journaliers
- Moyennes journalières mensuelles

De même que pour les pluies, les moyennes interannuelles qui sont portées sur les tableaux ne se rapportent pas toutes aux mêmes périodes. Il faut noter toutefois que cette circonstance présente moins d'inconvénients pour les températures et les humidités, phénomènes relativement stables, que pour les pluies.

5.- REGIME DES VENTS

On a réuni sur les figures 1 à 5 les roses des vents moyennes relatives à quelques stations caractéristiques du bassin. Ces roses sont établies de la façon suivante : sur chacune des 8 directions principales de la rose des vents, on porte une longueur proportionnelle (échelle graphique donnée en bas de chaque figure) à la fréquence du vent provenant de cette direction, indiquée en pourcentage au nombre total des observations. La différence entre 100 et la somme des pourcentages suivant toutes les directions donne la fréquence des calmes.

TABLEAU VII

HUMIDITE MOYENNE DANS LE BASSIN DU SENEGAL (en %)

Ux = maximum journalier

Un = minimum journalier

STATIONS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOYENNE ANNUELLE	
KAYES (Mali)	Ux Un Ux + Un 2	40 13 27	39 13 26	33 10 21	35 10 23	53 18 36	80 37 58	93 55 74	96 62 79	98 60 79	93 44 69	75 23 49	49 16 32	65 30 48
KENE比亚 (Mali)	Ux Un Ux + Un 2	65 18 42	57 17 37	52 16 34	57 19 38	74 33 53	91 51 71	97 64 80	98 67 83	98 64 81	99 56 78	97 40 68	81 26 54	81 39 60
KITA (Mali)	Ux Un Ux + Un 2	37 17 27	33 15 24	31 13 22	48 18 33	64 23 43	89 45 67	96 61 78	98 67 82	97 58 77	97 50 73	79 27 53	46 22 34	68 35 51
LABE (Guinée)	Ux Un Ux + Un 2	76 21 49	72 21 46	79 21 50	87 27 57	95 44 70	98 58 78	98 66 82	98 68 83	98 64 81	98 58 78	95 43 69	87 30 54	90 43 66
SIGUIRI (Guinée)	Ux Un Ux + Un 2	68 18 43	66 18 42	71 20 45	78 27 53	90 41 65	97 54 76	99 61 80	99 63 81	99 60 79	98 53 76	93 35 64	78 23 50	86 39 62

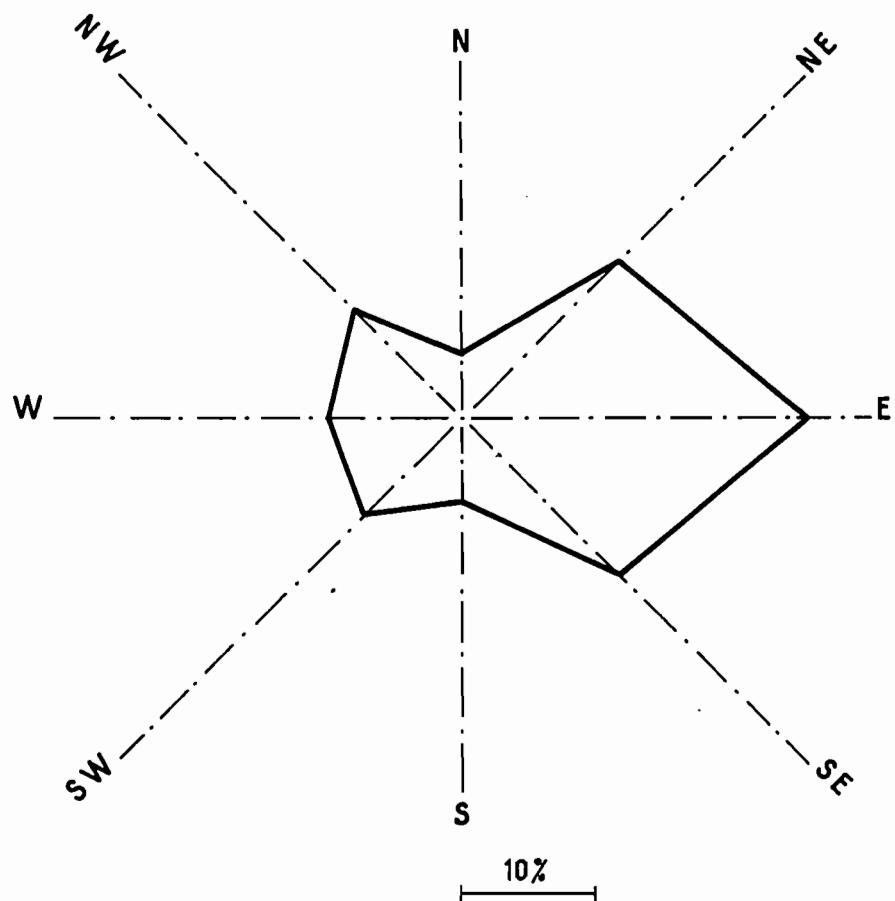
TABLEAU VII (Suite)

STATIONS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOYENNE ANNUELLE	
ROSSO (Mauritanie)	<u>Ux</u> 15 <u>Ux + Un</u> 2	54 18 42	66 14 40	66 13 40	68 16 44	71 23 51	79 38 60	83 44 65	86 45 66	86 31 55	80 25 49	72 25 40	61 20 40	73 25 49
LINGUERE (Sénégal)	<u>Ux</u> 15 <u>Ux + Un</u> 2	49 18 32	56 18 37	54 15 35	58 16 37	72 24 48	84 33 58	90 51 70	94 57 76	96 58 77	93 42 67	78 27 53	65 23 44	74 32 53
MATAM (Sénégal)	<u>Ux</u> 18 <u>Ux + Un</u> 2	69 20 42	64 20 34	57 12 29	46 12 29	55 15 35	77 26 52	88 42 65	94 56 75	94 55 74	90 48 69	88 26 57	74 22 48	75 29 52
PODOR (Sénégal)	<u>Ux</u> 17 <u>Ux + Un</u> 2	52 18 35	57 18 37	51 13 32	51 11 31	57 14 36	75 22 48	85 38 62	89 45 67	91 49 70	81 41 61	72 31 51	62 24 43	69 27 48

LABÉ (aérodrome)

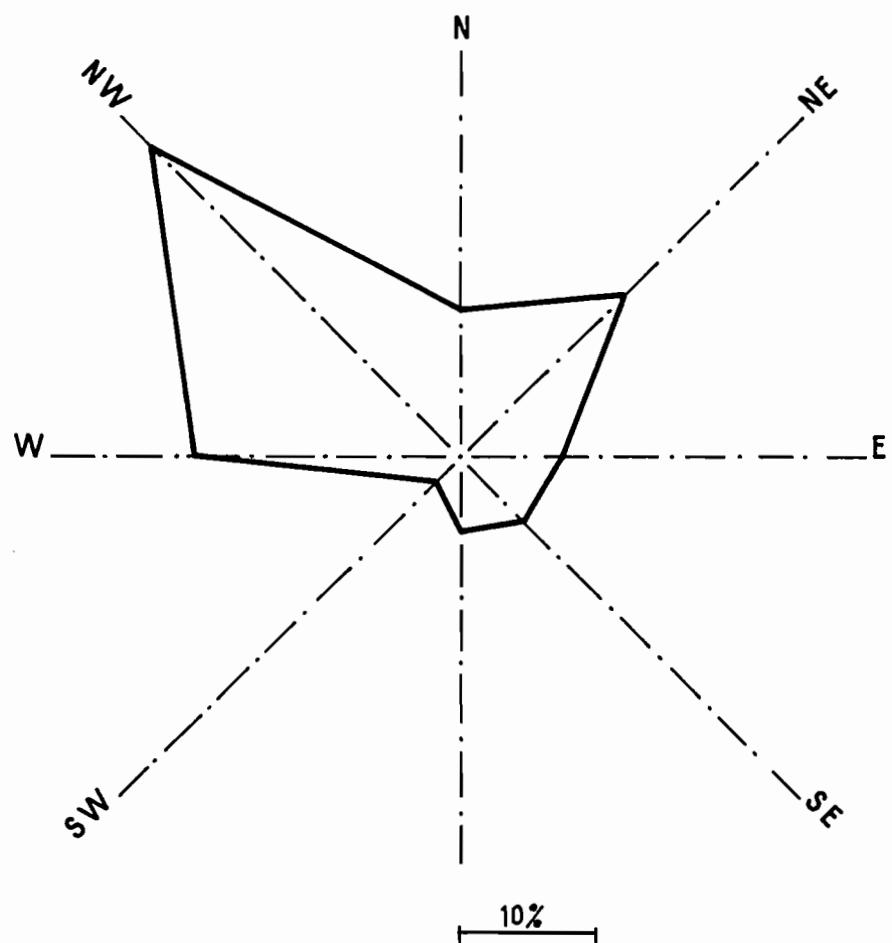
Gr. 1

Répartition en fréquence des directions du vent au sol



SÉN-41 003

Répartition en fréquence des directions du vent au sol

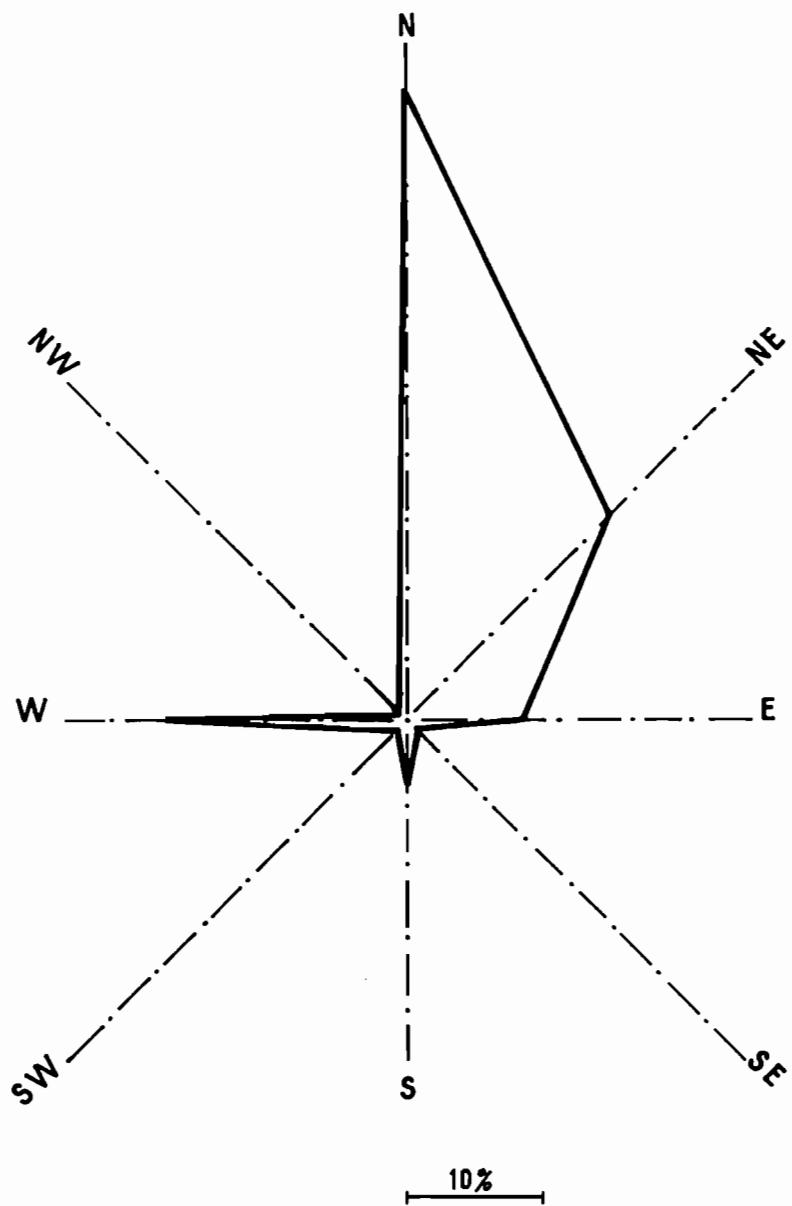


SEN. 41 004

ROSSO

Gr. 3

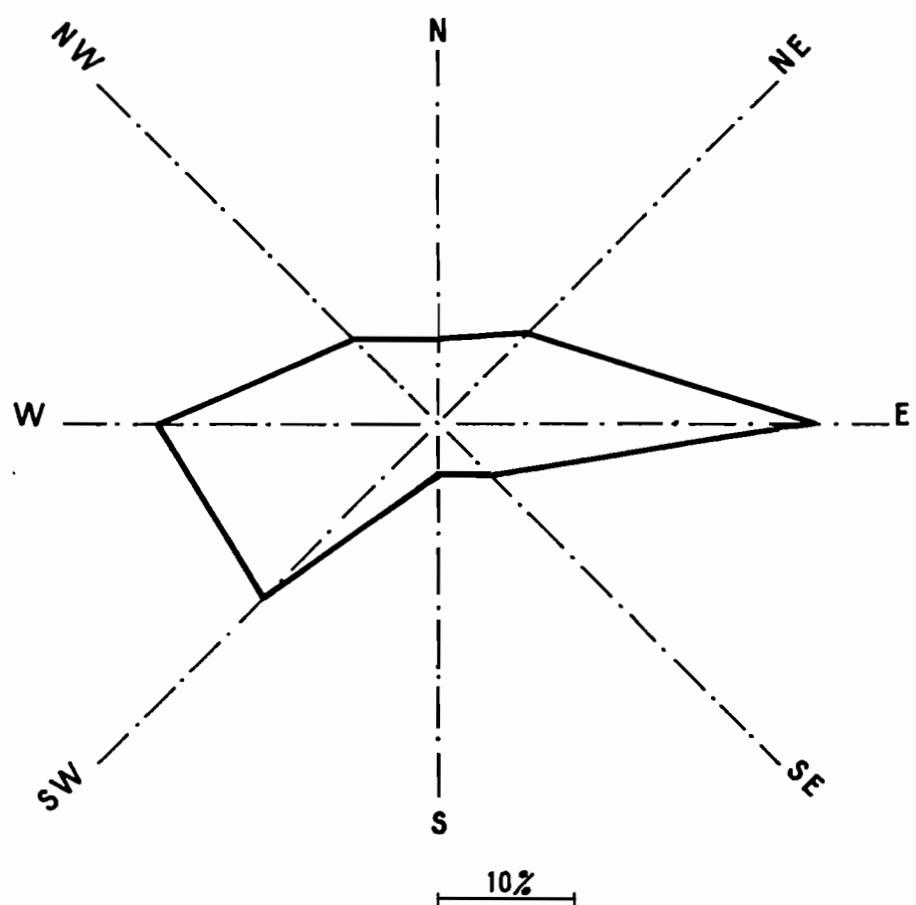
Répartition en fréquence des directions du vent au sol



SÉN_41 005

KAYES

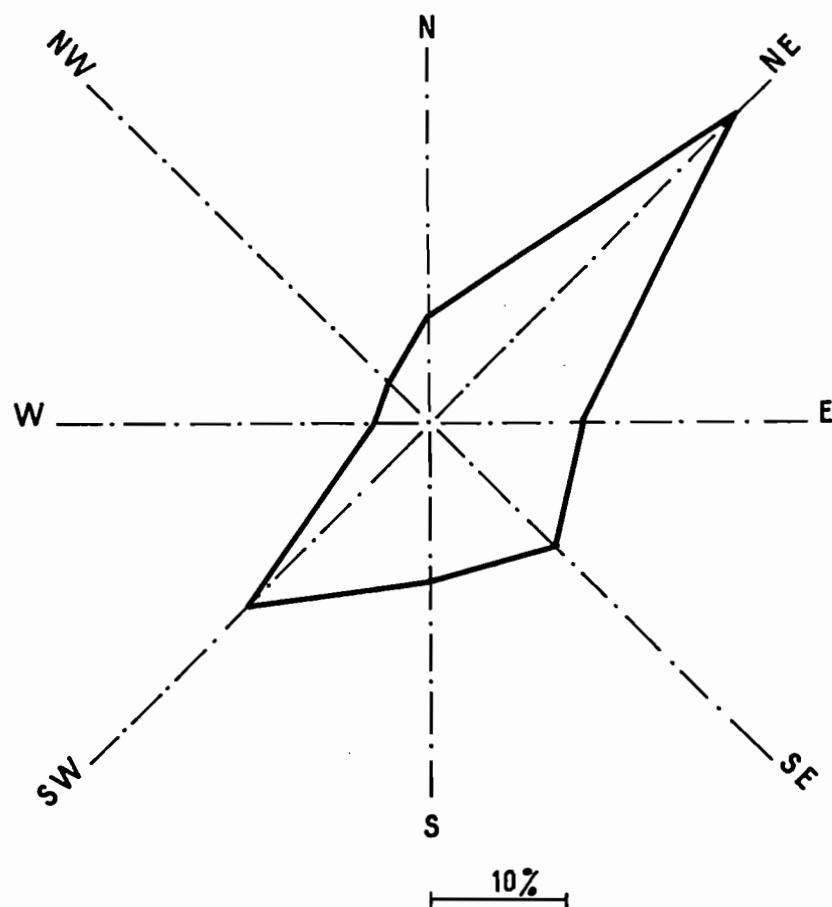
Répartition en fréquence des directions du vent au sol



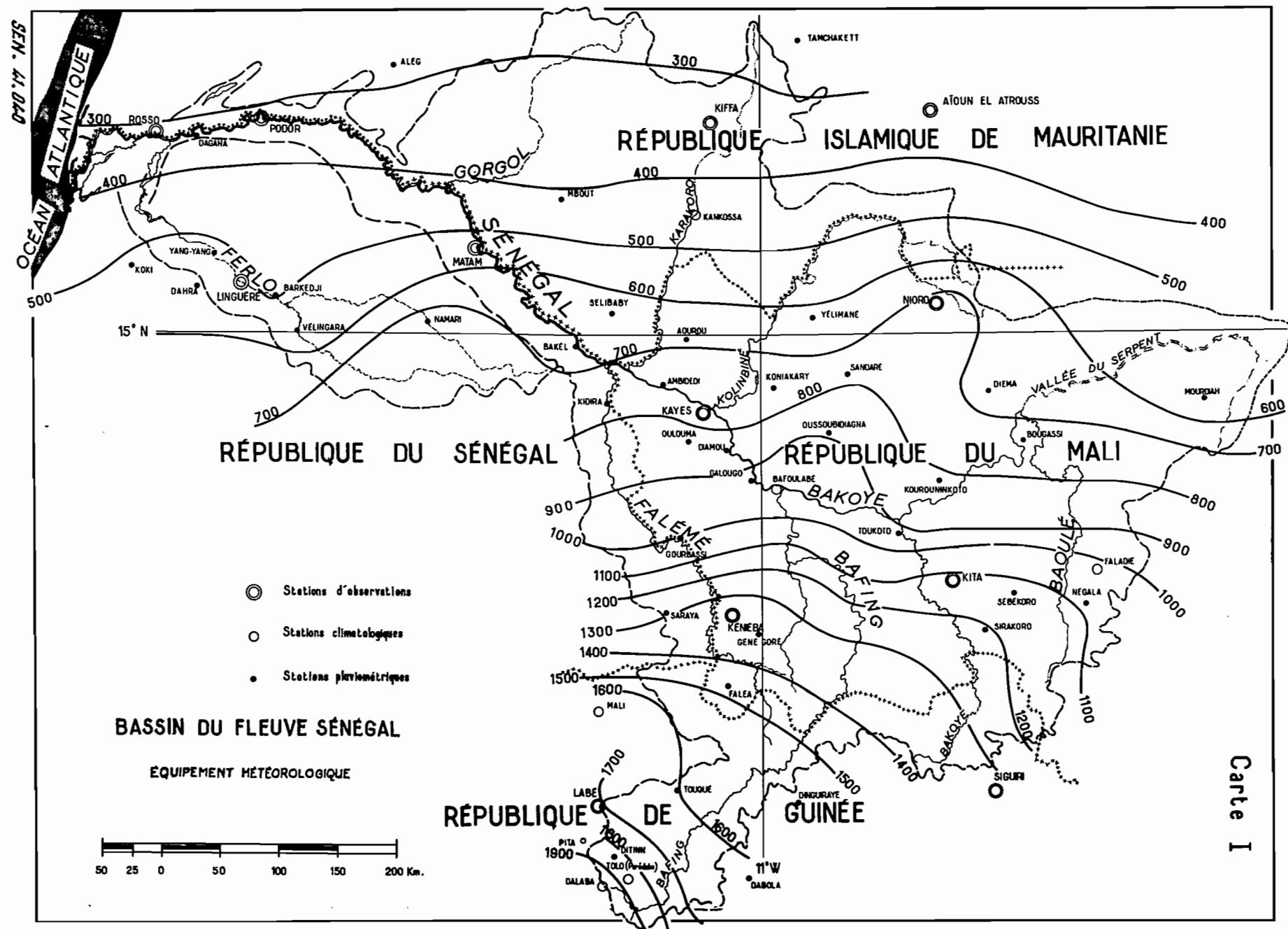
SEN_41 006

NIORO

Répartition en fréquence des directions du vent au sol



SÉN. 41 007



C H A P I T R E II

INVENTAIRE DES CONNAISSANCES ACQUISES : OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES DANS LA BASSE VALLÉE (de BAKEL à la MER)

1. EXPOSE GENERAL

Les observations hydrométriques dans la vallée du Sénégal remontent à une date déjà ancienne. Si l'on s'en tient aux seuls relevés réguliers, on trouve trois stations observées depuis 1901 et huit depuis 1904. Les premières échelles de crue étaient constituées par des rails inclinés, maintenus en place par des plots de béton assez espacés. Les graduations décimétriques étaient peintes à la main. Chaque année il fallait les repeindre, tâche qui était généralement confiée à l'équipe de balisage, lors de sa tournée annuelle pour l'entretien des balises et panneaux de navigation. Cette opération n'a pas toujours été faite avec le plus grand soin et peu à peu les divisions finissaient par se déformer et les zéros eux-mêmes pouvaient varier. On verra quelles incidences cette manière de procéder a pu avoir sur l'exploitation des stations.

Ce système a duré pratiquement jusqu'à l'arrivée, en 1950, de l'Union Hydro-électrique Africaine (U.H.E.A.) qui a rénové la plupart des stations et remplacé les rails inclinés par des échelles en lave émaillée, centimétriques, solidement implantées et inclinées, elles aussi, la plupart du temps. Simultanément, l'U.H.E.A. a installé un certain nombre de limnigraphes Bär à durée de rotation 30 jours. Ces limnigraphes ont été suivis assez correctement, dans l'ensemble, en 1951 et 1952. La U.A.S., reprenant les études de l'U.H.E.A., a voulu remplacer ces appareils par d'autres d'une durée de rotation de 140 jours, en utilisant les mêmes installations. Il ne semble pas que l'opération ait été couronnée de succès, car depuis les pannes ont été beaucoup plus fréquentes que les périodes de marche normale. L'ensemble du réseau limnigraphique de la basse vallée a été revisé et remis en route par la mission O.I.S.F.U... en 1961, mais les difficultés d'exploitation restent sérieuses.

Pour le calage des échelles, plusieurs systèmes de nivellation ont été successivement utilisés. Le premier nivellation général a été exécuté en 1906, de Saint-Louis

à Kayes, par la mission topographique du capitaine Thibault. Les zéros des premières échelles installées avaient été cotés dans ce système: ils représentaient en principe l'étiage de 1903, mais il ne semble pas que cette condition ait toujours été respectée. D'autre part, de nombreuses erreurs entachaient les cotes affectées aux bornes Thibault.

Entre 1930 et 1934, le Service Hydraulique de l'Office du Niger (S.H.O.N.) a effectué un nouveau niveling général auquel furent rattachés également les zéros des différentes échelles de l'époque.

Un troisième niveling général fut entrepris de 1935 à 1939 par la mission d'études du fleuve Sénégal (A.S.F.S.) dirigée par le colonel Roou, entre Saint-Louis et Mahina. Les échelles furent alors rattachées à ce nouveau système qui présentait des divergences sensibles avec celui du S.H.O.N.

Enfin, en 1956, l'Institut National Géographique (I.G.N.) exécuta un dernier niveling général du fleuve présentant cette fois toutes garanties. C'est dans le système I.G.N. que seront données toutes les cotes de zéros d'échelles figurant dans ce rapport, tout au moins lorsque cela est possible. Le zéro I.G.N. correspond au niveau moyen des mers, tandis que celui de la A.S.F.S. correspondait au niveau des plus basses mers enregistrées au marégraphe de Saint-Louis.

Les contrôles effectués aux points de la vallée pour lesquels on dispose de plusieurs nivelllements montrent que les écarts entre ces nivelllements sont loin d'être constants, ce qui ne simplifie pas les investigations concernant le recalage des échelles anciennes. Ces raccalages et la détection des erreurs multiples entachant les relevés limnimétriques ont pu cependant être menés à bien par les hydrologues de l'O.S.S.C.M., au moyen de recoupements et par des méthodes de corrélation qui seront exposées à la fin de ce chapitre. Auparavant, il paraît nécessaire de faire le point sur les données brutes actuellement disponibles.

Un nombre considérable de mesures de débits ont été effectuées dans la vallée. Ces mesures ont été entreprises dès 1936 par la A.S.F.S. Malheureusement, ainsi que l'expert a pu le vérifier sur les comptes rendus de jaugeages de la A.S.F.S., les chiffres issus de cet organisme - et ils sont nombreux - ne peuvent être retenus.

Tant par les procédés utilisés sur le terrain que par les procédés de dépouillement, des erreurs complexes, systématiques et aléatoires, apparaissent avec une importance telle que les résultats sont totalement inutilisables au stade actuel des études. En effet, les mesures ultérieures plus précises rendent caduques les estimations grossières que l'on pourrait en tirer. A titre indicatif, et bien que cette station ne soit pas située dans la vallée, un examen des conditions dans lesquelles ont été effectuées les jaugeages de la M.E.F.S. à Kidira, sur la Falémé, édifiera le lecteur sur la précision que l'on peut attendre de telles mesures.

Les résultats des mesures à Kidira, faites en 1937 et 1938, sont consignés dans trois cahiers portant le numéro de classement H-18-b et classés en 1961 dans le dossier H-5-b des archives de la M.A.S. Sur la totalité des mesures, 217 jaugeages ont été effectivement dépouillés. Les conditions des mesures étaient les suivantes:

- Appareillage: Moulinet Richard no 258 de formule de tarage $V_{m/s} = 0,85 n$, n étant la vitesse de rotation en tours par seconde. L'opérateur prenait le temps, de façon constante, tous les 40 tours d'hélice. Cette formule demeure inchangée au cours des deux années qu'ont duré les mesures et il n'apparaît nulle part qu'il y ait eu réétalonnage de l'appareil: plus de 200 jaugeages avec un même moulinet, sans réétalonnage, est une manœuvre un peu osée, d'autant plus que les moulinets de cette époque et de cette marque n'offraient pas les mêmes garanties mécaniques que les appareils actuels. Il n'est pas précisé si le moulinet était monté sur perche ou sur saumon, mais la manière dont les mesures ont été menées semble indiquer que l'opérateur utilisait la perche.

- La section était fractionnée en un nombre constant de verticales quelle que fût la hauteur à l'échelle, soit: 6 verticales en 1937 et 7 verticales en 1938. Les verticales étaient matérialisées par des bouées distantes de 25 m (en principe, car les colonnes "observations" des cahiers font état du déplacement de ces bouées au cours des crues). D'autre part, l'examen des profondeurs indiquées pour chaque verticale, montre que celles-ci n'étaient pas mesurées à chaque fois, mais déduites d'un profil type établi une fois pour toutes. Il en résulte, d'une part que les verticales étaient beaucoup trop espacées, d'autre part que par suite du déplacement des

bouées, ne fût-ce que sous l'influence du marnage, les profondeurs auxquelles étaient appliquées les mesures de vitesses ne correspondaient pas du tout aux profondeurs réelles.

- Les mesures de vitesses étaient effectuées systématiquement, pour tous les jaugeages et quelle que fût la hauteur à l'échelle, à des profondeurs de 0,50 m, 0,60, 0,70 et 0,80 m. L'opérateur admettait comme vitesse moyenne pour chaque verticale la moyenne des vitesses ainsi mesurées, la multipliait par la profondeur totale déduite du profil type pour obtenir le débit par unité de largeur. La seconde intégration était effectuée en multipliant le débit linéaire de chaque verticale par une largeur dépendant de l'écartement des verticales.

Ce mode opératoire n'est guère propice à une évaluation précise des débits à la station. Il entraîne en effet un certain nombre d'erreurs systématiques. La tranche dans laquelle étaient mesurées les vitesses correspond approximativement, ainsi qu'on peut s'en assurer d'après les jaugeages récents de la M.A.S. et de l'U.H.E.A., au maximum de vitesse sur chacune des verticales. Le fait d'utiliser cette vitesse moyenne sans aucune correction pour le calcul des débits linéaires conduit donc à une erreur par excès qui se trouve être particulièrement sensible dans le cas de la Falémé où les paraboles de vitesses sont loin d'être plates. Pour les jaugeages de hautes eaux, le fait d'appliquer sans discernement les débits linéaires calculés aux verticales extrêmes à des largeurs se prolongeant jusqu'aux rives, largeurs qui peuvent atteindre 70 m pour la verticale 1 contre 25 m pour les autres verticales, constitue une autre source d'erreurs systématiques, toujours par excès.

Par ailleurs, la faible densité des verticales, la variabilité de la forme des paraboles de vitesses, l'incertitude sur les profondeurs provenant de modifications éventuelles du fond et de l'imprécision sur l'emplacement des bouées, sont autant de causes d'erreurs aléatoires qui augmentent la dispersion des mesures. De fait, les mesures de la M.E.F.S. donnent des résultats beaucoup plus dispersés, en général, que celles de la M.A.S. ou de l'U.H.E.A.

Une étude critique aussi détaillée des jaugeages de la M.E.F.S. n'a pas été faite pour chacune des stations, mais un examen rapide a permis à l'expert de se rendre compte que des problèmes analogues se posent, de façon plus ou moins grave.

Après les avoir évoqués, il ne sera donc plus fait mention, dans la suite de cet exposé, des jaugeages effectués par la N.I.F.S.

Les mesures de débits ont été reprises à partir de 1950 par l'U.N.E.A., puis par la N.A.S. Les méthodes employées, même si elles n'ont pas toujours été pratiquées avec beaucoup d'art, sont correctes dans le principe. Atant donné le grand nombre de mesures effectuées par ces deux organismes, on peut admettre, pour un certain nombre de stations, que le tarage est définitif. Par contre, on verra que, pour quelques-unes, ce tarage devra être complété et que, de toute manière, il sera bon d'effectuer des mesures systématiques de contrôle. Quelques-unes de ces mesures ont été commencées depuis la mise en place, au sein de la N.A.S., de la mission hydrologique O.R.S.T.O.M.

2. STATIONS HYDROMÉTRIQUES DE LA VALLEE

SAINT-LOUIS

Le plan d'eau à Saint-Louis subit toute l'année l'influence de la marée. Bien que quelques mesures de vitesses aient été effectuées, en particulier au pont Faidherbe, il n'est évidemment pas question d'y étalonner une quelconque station limnimétrique. Les installations anciennes ou récentes ont toutes pour but de suivre l'évolution des marées.

Un premier marégraphe a été installé dans le fleuve même, en 1903, à 60 m en aval du pont Faidherbe, au Service du Port (actuelle capitainerie). Il était doublé d'une échelle limnimétrique. Le zéro de ce marégraphe correspondait aux plus basses mers de 1903. C'est ce qu'on appelle le zéro de Saint-Louis; il correspond à la cote -0,455 m dans le nivelllement I.G.N. A une date relativement récente qui n'a pu être précisée par la capitainerie, l'installation a été modifiée et un nouveau marégraphe installé sur la rive; c'est celui qui fonctionne encore actuellement. Son zéro est le même que celui de l'ancien.

En 1954, le marégraphe du port a été complété par une échelle de crue installée par la N.A.S., sur le quai, à l'extrémité nord des bureaux de cet organisme. Les lectures ont cessé après 1961.

En septembre 1961, un autre marégraphe a été mis en service à l'emplacement de l'ancien warf de Gadiol, quelques kilomètres à l'aval du port. Il est exploité régulièrement.

ECHELLES du DELTA

Pour mémoire ; elles seront examinées au chapitre concernant les problèmes du Delta.

ROSSO

L'échelle a été installée en 1954. Son zéro est à la cote -0,227 m I.G.N. L'exploitation des relevés ne pose aucun problème, aucune modification de l'échelle n'étant intervenue depuis le début des observations.

Les 42 jaugeages effectués par la M.A.S. en 1957 n'intéressent que les débits du lit mineur. Il faut toutefois noter que, pour les cotes à l'échelle de Rosso inférieures à 3 m, les débits dans le lit majeur sont pratiquement négligeables. Ces derniers débits se répartissent entre les 18 ponceaux de la digue qui donne accès à la route de Nouakchott (rive droite) et le pont du Hatchié en rive gauche. Une mesure effectuée au pont du Hatchié a donné $13 \text{ m}^3/\text{s}$ pour une cote de 3,30 m à Rosso. Il n'est pas exclu que l'on puisse mesurer à Rosso le débit total du Sénégal pour n'importe quelle cote. La courbe de trage correspondant au lit mineur n'est pas unique. On notera encore que les apports mesurés à Rosso ne comprennent pas les débits dérivés par le Garak vers le lac de l'Kiz, ni ceux qui transitent par la Taouey jusqu'au lac de Guiers.

La liste des jaugeages figure sur le tableau VIII

TABLEAU VIII

JAUGEAGES A ROSSO							
N°	DATE	H.cm	Q.m ³ /s	N°	DATE	H.cm	Q.m ³ /s
1	5. 8.57	98	788	22	11.10.57	294	2 575
2	9. 8.57	120	1 192	23	15.10.57	303	2 665
3	12. 8.57	150	1 368	24	18.10.57	306	2 725
4	16. 8.57	169	1 638	25	22.10.57	314	2 825
5	19. 8.57	174	1 665	26	25.10.57	319	2 878
6	23. 8.57	191	1 810	27	28.10.57	323	2 926
7	24. 8.57	196	1 820	28	31.10.57	326	2 838
8	26. 8.57	202	1 838	29	4.11.57	329	2 860
9	2. 9.57	221	2 028	30	6.11.57	330	2 920
10	4. 9.57	228	2 054	31	8.11.57	330	2 880
11	6. 9.57	233	2 118	32	13.11.57	329	2 840
12	9. 9.57	238	2 140	33	15.11.57	328	2 772
13	11. 9.57	244	2 142	34	20.11.57	321	2 640
14	14. 9.57	248	2 175	35	23.11.57	314	2 543
15	17. 9.57	254	2 259	36	26.11.57	308	2 389
16	19. 9.57	258	2 336	37	29.11.57	297	2 133
17	23. 9.57	263	2 354	38	4.12.57	273	1 979
18	26. 9.57	265	2 386	39	6.12.57	260	1 802
19	2.10.57	281	2 457	40	12.12.57	193	1 294
20	4.10.57	284	2 483	41	19.12.57	97	808
21	8.10.57	291	2 526	42	23.12.57	83	670

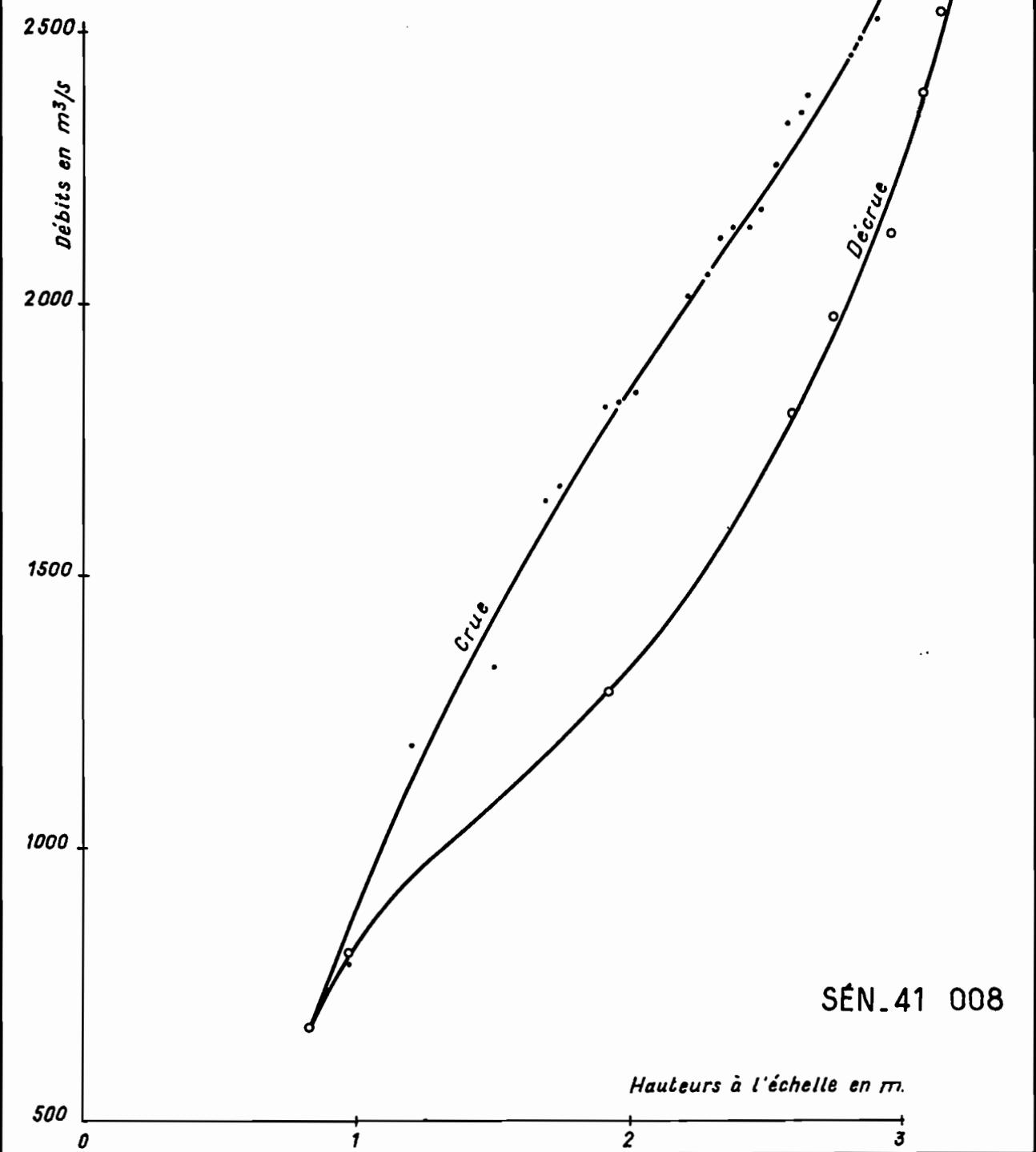
RICHARD-TOLL et LAC de GUIERS

Une ancienne échelle, décrite dans un document datant de 1935, était située à peu près à l'emplacement du quai actuel. Aucune lecture n'a été retrouvée.

Gr. 6

LE SÉNÉGAL A ROSSO

COURBE DE TARAGE



L'échelle dite N° 2 est située au Pont-barrage de la Taouey. On en possède des relevés depuis 1945; le zéro était alors à la cote - 0,43 I.G.N. Elle a été modifiée successivement le 30.6.51, en conservant le même zéro, puis en 1954 : nouveau zéro à la cote - 0,34 m I.G.N.

L'échelle dite N° 1 a été installée en 1954 au quai de Richard Toll. C'est la seule lue de façon régulière depuis son installation. Son zéro est à la cote - 0,40 m I.G.N.

Cette station, utile pour l'étude du remplissage du lac de Guiers, est purement limnimétrique. Cependant, un jaugeage a été effectué le 31.8.62 : 1430 m³/s pour une cote à l'échelle de 2,225 m.

Sur la Taouey, une échelle non observée de façon régulière est installée près de l'usine de pompage. Son zéro est à la cote - 0,36 m I.G.N. Des mesures de débits ont été effectuées sur la Taouey en 1951 et 1952 par l'U.H.E.A., puis par la M.A.S. En fait, le débit de la Taouey dépend de la cote à l'échelle de Richard Toll (échelle du quai prise comme référence), de la cote du lac de Guiers et du débit pompé par l'usine.

Les cotes du lac de Guiers sont repérées au moyen d'un limnigraphé installé en Août 1950 par l'U.H.E.A. sur la rive ouest. L'installation a été détruite en 1954 et refaite en 1955 sur la rive est, en face du village de Saninte; la cote du zéro est de -0,48 m I.G.N.

Le Tableau IX donne les résultats des mesures effectuées sur la TAOUEY.

TABLEAU IX

DATE	JAUGEAGES de la TAOUEY					
	H. à Richard Toll m	H. au Lac m	Débit jaugé m ³ /s	Nombre de pompes	Débit des pompes m ³ /s	Débit réel en m ³ /s
26.11.51	3,26	2,10				72
14.11.52	3,10	2,12				67,4
2.11.53	2,60	2,00				50,7
18.10.54	3,68	2,52				108,5
28.10.55	3,64	2,42				110
27. 8.56	2,20	1,20	41,6	1		37,6
4. 9.56	2,42	1,33	42	0		42
13. 9.56	2,66	1,47	50	1		46
20. 9.56	2,86	1,54	65	2		57
27. 9.56	3,03	1,70	76	2		68
6.10.56	3,22	1,80	87	3		75
15.10.56	3,59	1,99	104	3		92
20.10.56	3,76	2,13	127	3		115
30.10.56	3,83	2,40	133	1		129
16.11.56	3,52		93	0		93
30. 7.57	1,33		34,2			34,2
10. 8.57	1,50		32,3			32,3
17. 8.57	1,94		37,6		18,4	56
20. 8.57	2,03		43,6		14,1	57,7
21. 8.57	2,10		39,2		0	39,2
2. 9.57	2,50		58,2		0	58,2
4. 9.57	2,56		54,4		0	54,4
6. 9.57	2,60		56,4		5,4	61,8
9. 9.57	2,70		59,7		10,8	70,5
12. 9.57	2,75		58		16,2	74,2
17. 9.57	2,85		66			66
20. 9.57	2,90		68			68
23. 9.57	2,95		71			71
25. 9.57	2,98		72			72
27. 9.57	3,00		76			76
30. 9.57	3,07		80			80
4.10.57	3,15		83			83
9.10.57	3,25		92			92
11.10.57	3,29		92			92
14.10.57	3,35		100			100
16.10.57	3,38		99			99
18.10.57	3,41		100			100

TABLEAU IX (suite)

JAUGEAGES de la TAOUEY (suite)						
DATE	H. à Richard Toll m	H. au Lac m	Débit jaugé m ³ /s	Nombre de pompes	Débit des pompes m ³ /s	Débit réel en m ³ /s
23.10.57	3,50		102			102
28.10.57	3,59		113			113
30.10.57	3,61		115			115
30.10.57	3,61		116			116
4.11.57	3,65		117			117
6.11.57	3,65		118			118
8.11.57	3,66		122			122
15.11.57	3,62		102			102
18.11.57	3,58		100			100
20.11.57	3,54		99			99
25.11.57	3,40		83			83
27.11.57	3,35		82			82

LAC R'KIZ -

Les niveaux de ce lac sont contrôlés par un limnigraphie à mouvement de durée 30 jours avec échelle de contrôle, installé en Août 1950 par l'U.H.E.A. La cote de son zéro est - 0,455 I.G.N.

L'appareil est situé dans le lac, à l'entrée du Sokham.

13 jaugeages ont été effectués sur le Sokham en 1951 et 1954.

12 jaugeages ont été effectués sur le Laouvaja les mêmes années. Dans ces deux marigots, le courant est d'abord dirigé vers le R'Kiz, puis vers le Sénégal.

DAGANA -

La station a été installée en 1903. En 1951, elle a été refaite entièrement par l'U.H.E.A., son zéro étant calé à la cote -0,44 m I.G.N.

Depuis 1951, les relevés sont corrects et, l'échelle n'ayant pas bougé, leur interprétation ne nécessite aucune correction. Pour la période antérieure, il a été indispensable de procéder à une étude critique des observations comme il sera indiqué dans la troisième partie de ce chapitre. Actuellement, les corrections sont effectuées depuis 1913; ce sont les hauteurs corrigées rapportées à l'échelle actuelle qui sont données dans les tableaux en annexe.

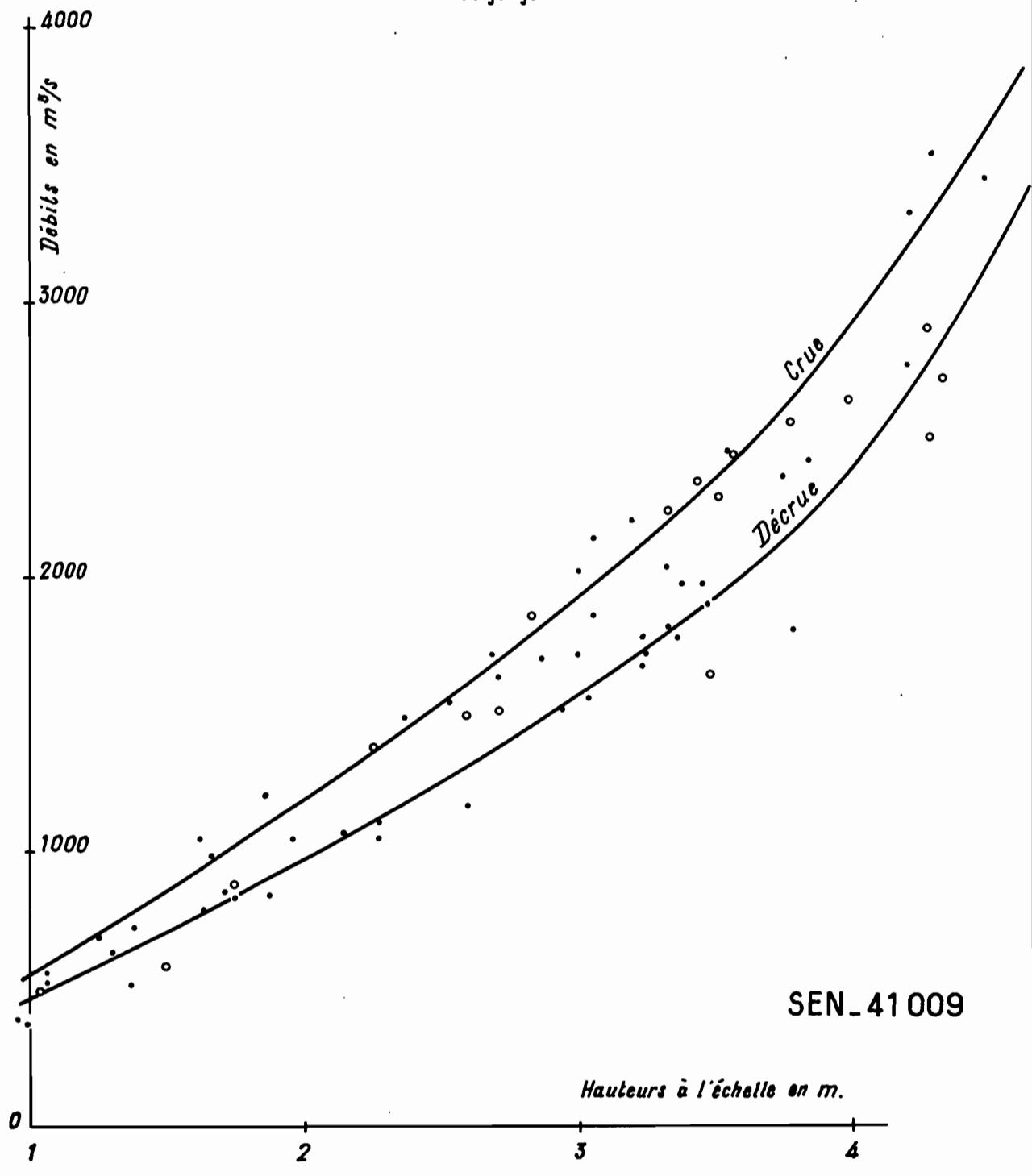
A Dagana, on peut admettre que les débits mesurés représentent sensiblement la totalité des apports au droit de la station de jaugeage. L'U.H.E.A., puis la M.A.S., ont effectué 53 jaugeages de 1950 à 1956. Ces mesures montrent que la loi hauteur-débit n'est pas univoque, comme il fallait s'y attendre. De plus, un certain nombre de jaugeages effectués par la M.A.S. sont nettement aberrants, ce qui a incité la mission O.R.S.T.O.M. à faire en 1961 et 1962 des jaugeages de contrôle. Ces jaugeages, au nombre de 15, ont permis de serrer de plus près la courbe de tarage (figure 7).

LE SÉNÉGAL A DAGANA

Gr. 7

COURBE DE TARAGE

- Jaugeages MAS
- Jaugeages ORSTOM



La liste complète des jaugeages figure sur le tableau X

TABLEAU X

No	Date	H. cm	C : Crue	D : Décrue
			Q.m ³ /s	Obs.
1	6. 9.50	300	2 020	C
2	22. 9.50	355	2 450	C
3	27.11.50	378	1 810	D
4	20.12.50	99	375	D
5				
6	28. 7.51	125	695	C
7	14. 8.51	166	985	C
8	18. 8.51	195	1 050	C
9	29. 8.51	236	1 490	C
10	3. 9.51	252	1 540	C
11	11. 9.51	270	1 635	C
12	18. 9.51	286	1 705	C
13	1.10.51	305	1 860	C
14	13.10.51	332	2 035	C
15	22.11.51	374	2 365	C
16	7.12.51	347	1 900	D
17	11.12.51	323	1 675	D
18	14.12.51	294	1 520	D
19	17.12.51	259	1 170	D
20	19.12.51	227	1 050	D
21	21.12.51	188	845	D
22	22.12.51	163	790	D
23	24.12.51	130	630	D
24	26.12.51	106	525	D
25				
26	9. 9.53	268	1 720	C
27	22. 9.53	300	1 720	C
28	3.10.53	324	1 720	C
29	8.10.53	332	1 820	C
30	15.10.53	337	1 980	C
31	21.10.53	336	1 785	D
32	29.10.53	323	1 780	D
33	12.11.53	227	1 110	D
34	16.11.53	175	830	D
35	21.11.53	137	515	D
36	30.11.53	94	390	D
37	23. 7.54	162	1 050	C
38	30. 7.54	186	1 200	C
39	28. 8.54	305	2 140	C

TABLEAU X (suite)

No	Date	H.cm	C : Crue	D : Décrue
			m^3/s	Obs.
40	3. 9.54	319	2 200	C
41	5.10.54	421	3 320	C
42	8.10.54	428	3 540	C
43	25.10.54	420	2 775	D
44	8.11.54	384	2 425	D
45	16.11.54	345	1 975	D
46	22.11.54	303	1 560	D
47	29.11.54	214	1 070	D
48	3.12.54	171	855	D
49	9.12.54	138	725	D
50	16.12.54	106	560	D
51	22.12.54	93	590	D
52	31.12.54	94	235	D
53	22.10.56	448	3 468	C
54	26. 8.61	283	1 864	C
55	6.10.61	399	2 637	C
56	13.10.61	428	2 899	C
57	19.10.61	433	2 718	C
58	25.10.61	428	2 503	D
59	13.11.61	348	1 641	D
60	27.11.61	149	580	D
61	17. 8.62	225	1 379	C
62	28. 8.62	259	1 491	C
63	1. 9.62	271	1 511	C
64	26. 9.62	332	2 245	C
65	1.10.62	343	2 340	C
66	6.10.62	351	2 288	C
67	9.10.62	357	2 440	C
68	24.10.62	378	2 560	C

PODOR

La station a été installée en 1904. En 1952 elle a été refaite entièrement par l'U.E.E.A., son zéro étant à la côte - 0,44 m I.G.N.

Depuis 1952, les relevés sont corrects et peuvent être exploités tels quels. Pour la période antérieure, il a été procédé à l'étude critique déjà évoquée à propos de Dagana et les corrections sont actuellement effectuées pour tous les relevés ultérieurs à 1913; ce sont les hauteurs corrigées, rapportées à l'échelle actuelle, qui figurent dans les tableaux en annexe.

Les débits mesurés à Podor, dans le lit mineur du Sénégal, ne représentent qu'une fraction, actuellement impossible à chiffrer exactement, du débit total du fleuve pour la totalité de la vallée au droit de la station. Outre les débits passés dans les plaines d'inondation, trois bras importants transitent des apports en dehors du lit mineur sur lequel sont effectuées les mesures :

En rive droite : le Koundi

En rive gauche : le N'Galanka et surtout le Doué qui représente à lui seul un cours d'eau respectable.

En 1956, la M.A.S. a effectué 50 jaugeages qui montrent bien le caractère non univoque de la loi hauteur-débit du lit mineur. Les deux jaugeages effectués par l'O.R.S.T.O.M. en 1961 sont manifestement aberrants, sans que l'on puisse savoir pourquoi; par contre, les 3 mesures effectuées par ce même organisme en 1962 confirment les jaugeages de la M.A.S. Les résultats de ces mesures sont portés sur le Tableau XI.

TABLEAU XI

JAUGEAGES A PODOR			
No	Date	H.cm	m^3/s
1	28. 7.56	167	326
2	30. 7.56	178	388
3	31. 7.56	188	372
4	1. 8.56	197	427
5	2. 8.56	202	477
6	3. 8.56	214	509
7	6. 8.56	226	560
8	6. 8.56	237	539
9	7. 8.56	248	557
10	9. 8.56	273	677
11	10. 8.56	284	679
12	11. 8.56	295	706
13	13. 8.56	300	737
14	14. 8.56	308	745
15	16. 8.56	319	782
16	23. 8.56	378	1 008
17	24. 8.56	386	1 043
18	26. 8.56	400	1 148
19	27. 8.56	408	1 148
20	29. 8.56	420	1 215
21	30. 8.56	420	1 288

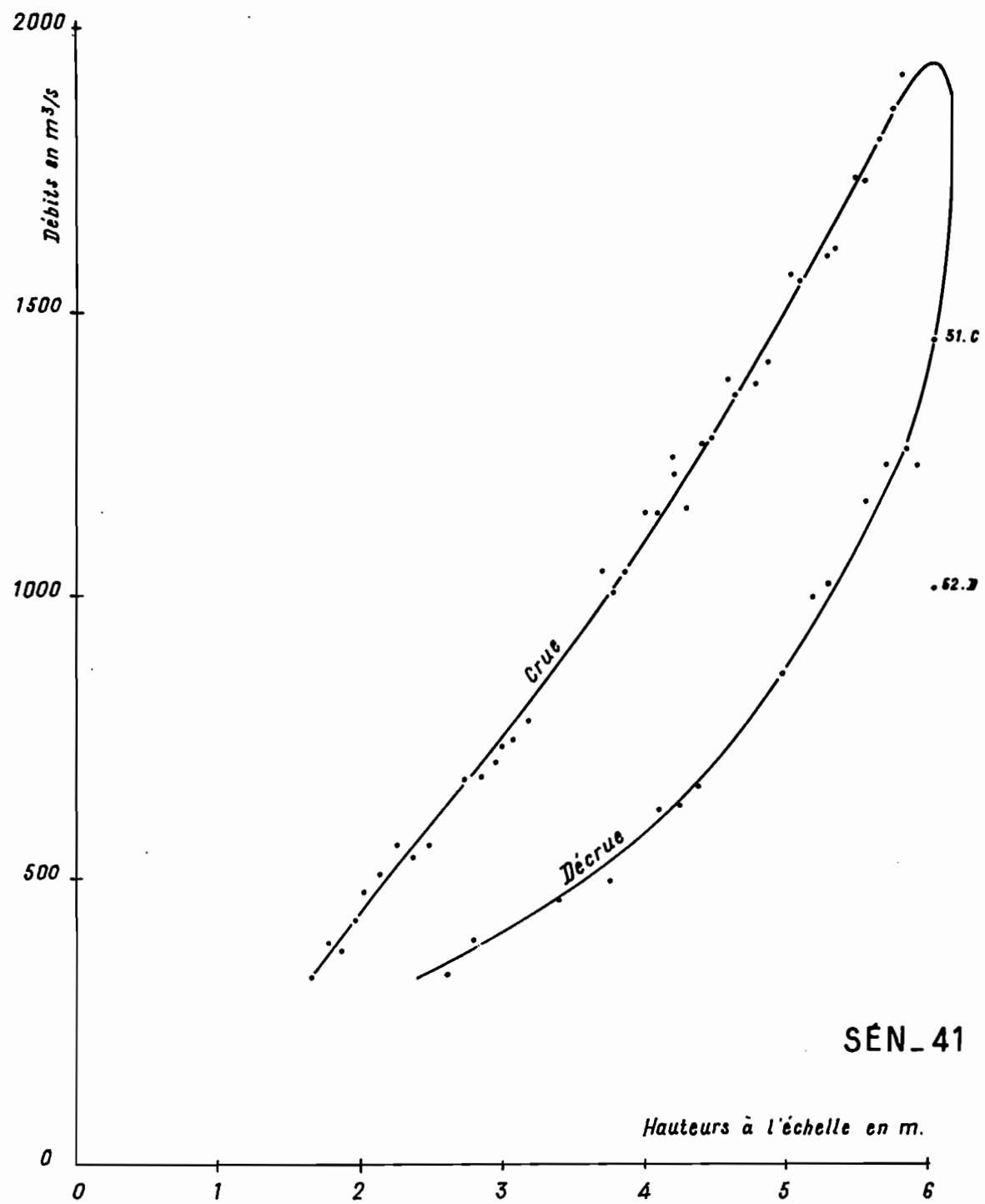
TABLEAU XI (suite)

Jaugeages à Podor			
No	Date	H. cm	z.m ³ /s
22	1. 9. 56	439	1 270
23	2. 9. 56	446	1 278
24	4. 9. 56	458	1 385
25	6. 9. 56	463	1 354
26	8. 9. 56	478	1 375
27	10. 9. 56	487	1 416
28	14. 9. 56	503	1 568
29	16. 9. 56	510	1 553
30	18. 9. 56	529	1 600
31	20. 9. 56	535	1 612
32	23. 9. 56	548	1 738
33	25. 9. 56	556	1 733
34	27. 9. 56	565	1 805
35	29. 9. 56	575	1 862
36	1.10.56	582	1 920
37	7.10.56	593	1 231
38	11.10.56	583	1 260
39	13.10.56	571	1 235
40	15.10.56	557	1 170
41	18.11.56	530	1.023
42	19.11.56	520	1 001
43	21.11.56	498	867
44	25.11.56	438	664
45	26.11.56	424	635
46	27.11.56	410	624
47	29.11.56	376	500
48	1.12.56	340	466
49	4.12.56	280	396
50	5.12.56	262	331
51	30. 9. 61	604	1 451
52	27.10.61	604	1 016
53	18. 8. 62	370	1 046
54	30. 8. 62	429	1 154
55	11.10.62	574	

Gr. 8

LE SÉNÉGAL A PODOR

COURBE DE TARAGE



SEREPOLI

La station a été équipée d'un limnigraphie en 1951. On possède les limnigrammes complets jusqu'à fin 1952; ensuite les enregistrements sont sporadiques et souvent inutilisables. En août 1961, les observations ont été reprises de façon correcte.

Jusqu'en août 1961, on ignore le zéro du limnigraphie. La cote du zéro de l'échelle de contrôle actuelle est à - 0,21 m dans le système M.E.F.S. Cette cote a été déterminée à partir d'une borne U.H.E.A. dont l'altitude (7,82 m M.E.F.S.) a été déduite de celle d'une borne S.H.O.N. située dans le village de Sérépoli-Torobé, cotée 12,56 m dans le système S.H.O.N. et 7,59 m dans le système M.E.F.S. (nivelllement U.H.E.A.). Aucune de ces bornes n'est rattachée au nivelllement I.G.N. (on sait que les décalages entre les différents systèmes ne sont pas constants).

Cette station est purement limnigraphique et aucun jaugeage n'y a été effectué.

BOGHÉ

La station a été installée en 1908. D'après les enquêtes qui ont été menées, il semblerait que ce soit une des plus stables de la vallée. Les corrections apportées par la méthode des corrélations sont moins importantes que pour d'autres stations; les hauteurs sont revalorisées depuis 1913 (Tableau en annexe). Le zéro de l'échelle actuelle est à la cote - 0,57 m I.G.N.

Actuellement, à cause de la digue qui sépare la ville de la plaine de Boghé et conduit à la piste d'Aleg, le lit majeur en rive droite ne transite plus aucun débit. Par contre, en rive gauche, les apports passant dans le Doué et les zones inondées de l'Île à Morphil sont très importants, de sorte que les jaugeages effectués à Boghé sur le seul lit mineur ne représentent qu'une fraction, d'ailleurs mal connue, du débit total du fleuve. L'étude de la répartition de ce débit entre le lit mineur, le Doué et les zones inondées n'a pas encore été faite et se heurterait du reste à des difficultés techniques très grandes.

Les 112 jaugeages effectués par la M.A.S. en 1956 sont portés sur le Tableau XII. La courbe de tarage, qui se rapporte uniquement aux débits dans le lit mineur, n'est pas univoque : la relation hauteurs-débits est très différente suivant qu'on se trouve en période de crue ou en période de décrue.

TABLEAU XII

Jaugeages à bogie			
No	Date	H.cm	Q.m ³ /s
1	23. 7.56	325	284
2	24. 7.56	326	294
3	26. 7.56	331	305
4	27. 7.56	341	322
5	28. 7.56	361	346
6	29. 7.56	377	368
7	30. 7.56	390	386
8	31. 7.56	400	412
9	31. 7.56	410	420
10	1. 8.56	420	480
11	1. 8.56	428	490
12	2. 8.56	435	515
13	3. 8.56	451	521
14	4. 8.56	459	515
15	5. 8.56	469	546
16	6. 8.56	484	579
17	6. 8.56	492	584
18	7. 8.56	510	632
19	9. 8.56	542	634
20	10. 8.56	549	682
21	12. 8.56	560	696
22	13. 8.56	571	739
23	14. 8.56	580	742
24	15. 8.56	590	784
25	18. 8.56	632	852
26	19. 8.56	645	905
27	20. 8.56	655	912
28	21. 8.56	665	925
29	23. 8.56	680	882
30	24. 8.56	690	1 111
31	26. 8.56	710	1 040
32	28. 8.56	726	1 070
33	29. 8.56	733	1 129
34	30. 8.56	740	1 143
35	31. 8.56	750	1 157
36	2. 9.56	762	1 190
37	4. 9.56	778	1 218
38	5. 9.56	785	1 228
39	7. 9.56	794	1 238
40	9. 9.56	805	1 292
41	10. 9.56	811	1 266
42	11. 9.56	817	1 286

TABLEAU XII (suite)

JAUGEAGES A BOGHE			
No	Date	H.cm	l.m ³ /s
43	12. 9.56	824	1 294
44	14. 9.56	832	1 324
45	16. 9.56	841	1 376
46	17. 9.56	849	1 378
47	18. 9.56	859	1 360
48	20. 9.56	867	1 408
49	21. 9.56	873	1 442
50	22. 9.56	879	1 467
52	24. 9.56	891	1 525
53	25. 9.56	897	1 534
54	26. 9.56	902	1 560
55	27. 9.56	908	1 621
56	28. 9.56	913	1 620
57	29. 9.56	918	1 595
58	30. 9.56	925	1 637
59	2.10.56	930	1 706
60	3.10.56	933	1 705
61	4.10.56	936	1 741
62	5.10.56	939	1 753
63	6.10.56	940	1 714
64	9.10.56	939	1 587
65	14.10.56	930	1 535
66	17.10.56	922	1 515
67	20.10.56	916	1 461
68	23.10.56	909	1 408
69	25.10.56	903	1 390
70	27.10.56	895	1 306
71	29.10.56	885	1 265
72	31.10.56	873	1 175
73	2.11.56	859	1 059
74	3.11.56	852	1 040
75	4.11.56	844	1 095
76	5.11.56	835	994
77	6.11.56	827	945
78	7.11.56	813	921
79	8.11.56	806	861
80	9.11.56	792	813
81	10.11.56	784	796
82	11.11.56	769	731
83	12.11.56	755	721
84	13.11.56	745	695
85	14.11.56	731	649

TABLEAU XII (suite)

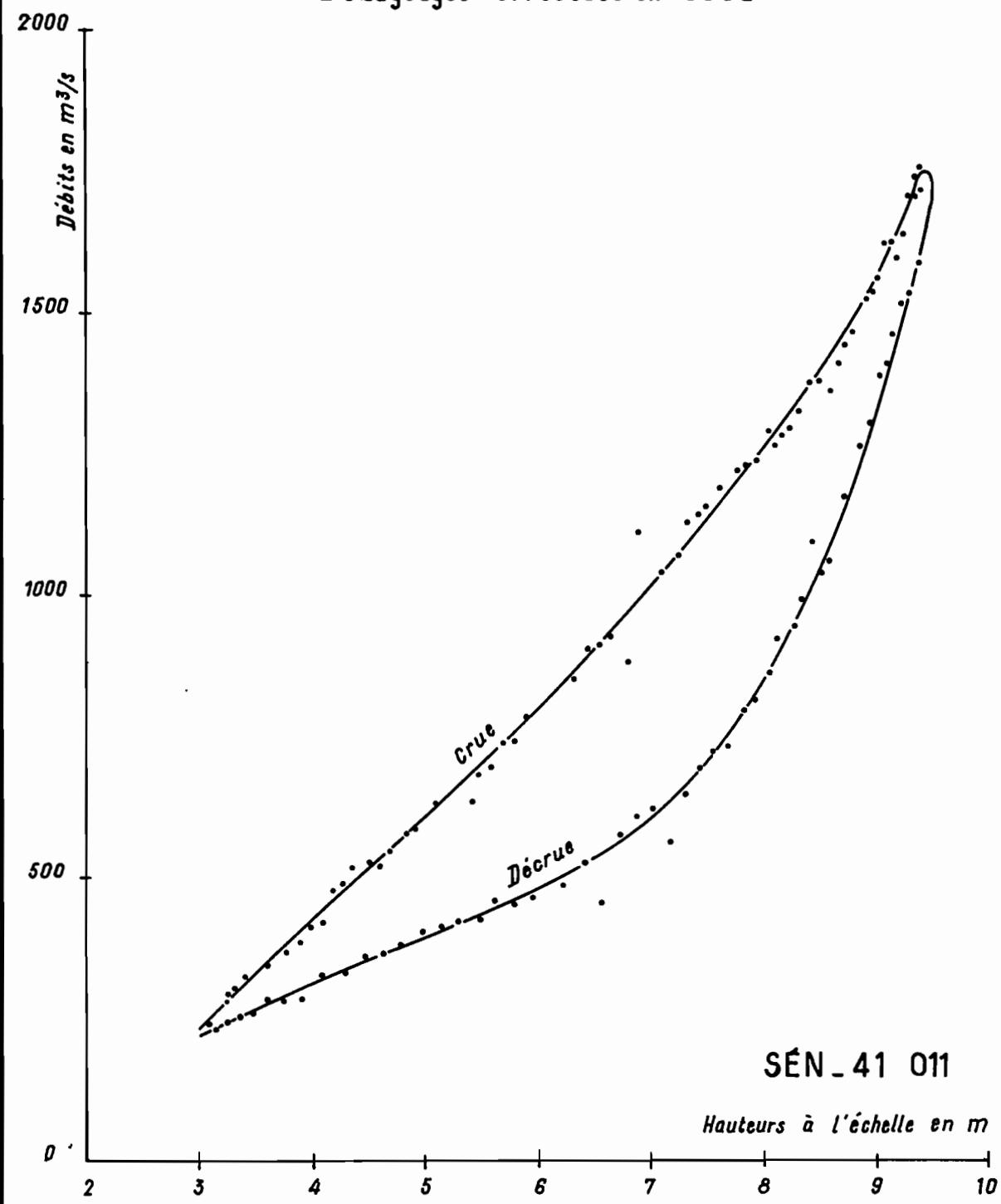
Jaugeages à BOGHE			
No	Date	H.cm	l.m ³ /s
86	15.11.56	718	566
87	16.11.56	702	628
88	17.11.56	688	610
89	18.11.56	673	574
90	19.11.56	656	456
91	20.11.56	641	524
92	21.11.56	622	488
93	23.11.56	595	469
94	24.11.56	579	452
95	25.11.56	561	460
96	26.11.56	550	430
97	27.11.56	531	425
98	28.11.56	514	414
99	29.11.56	497	404
100	30.11.56	480	383
101	1.12.56	463	368
102	2.12.56	447	360
103	3.12.56	428	335
104	4.12.56	409	328
105	5.12.56	391	287
106	6.12.56	375	284
107	7.12.56	360	281
108	8.12.56	347	260
109	9.12.56	336	254
110	10.12.56	325	248
111	11.12.56	315	232
112	12.12.56	308	242

Gr. 9

LE SÉNÉGAL A BOGHÉ

COURBE DE TARAGE

- Jaugeages effectués en 1956 -



DIOLDE DIABE

Un limnigraphie de durée de révolution 30 jours a été installé par l'U.H.E.A. le 26 mai 1951. Il a été changé par la M.A.S. en 1954 (mouvement de 140 jours). Comme tous les limnigraphes modifiés par la M.A.S., celui-ci a connu de nombreuses périodes de panne. Ceci est dû en particulier au fait que l'infrastructure des mouvements de 30 jours, ne convenant pas aux mouvements de 140 jours beaucoup plus volumineux, a néanmoins été conservée.

Le zéro est à la cote - 0,41 m I.G.N.

52 jaugeages ont été effectués par différents organismes, mais surtout par la M.A.S., de 1952 à 1961. Ils portent exclusivement sur des débits de basses eaux (Tableau XIII).

TABLEAU XIII

Jaugeages à Dioulde-Diabé							
No	Date	H. cm	ꝝ. m ³ /s	No	Date	H. cm	ꝝ. m ³ /s
1	27.3.52	200	41,3	27	10.4.56	181	34,2
2	29.5.52	142	11,0	28	11.4.56	180	33,5
3	16.3.54		29,2	29	12.4.56	179	32,9
4	8.3.55		60,8	30	13.4.56	177	33,7
5	9.3.55	218	53,2	31	14.4.56	176	31,6
6	9.3.55	218	48,7	32	15.4.56	176	30,7
7	3.4.55	218	50,8	33	16.4.56	175	31,8
8	22.3.56	208	30,8	34	17.4.56	174	30,7
9	23.3.56	207	48,1	35	18.4.56	173	29,2
10	24.3.56	207	48,2	36	19.4.56	173	29,8
11	25.3.56	205	45,7	37	20.4.56	172	30,1
12	26.3.56	205	44,0	38	23.4.56	170	28,5
13	27.3.56	203	40,9	39	26.4.56	168	27,0
14	28.3.56	197	42,7	40	27.4.56	166	25,7
15	29.3.56	196	40,9	41	29.4.56	165	24,4
16	30.3.56	194	42,4	42	30.4.56	164	22,9
17	31.3.56	193	40,8	43	2.5.56	163	20,4
18	1.4.56	190	38,2	44	3.5.56	161	24,3
19	2.4.56	190	37,3	45	5.5.56	160	23,8
20	3.4.56	189	38,5	46	7.5.56	159	23,6
21	4.4.56	188	38,9	47	8.5.56	158	23,0
22	5.4.56	187	36,6	48	25.5.56	150	17,2
23	6.4.56	185	37,2	49	13.6.56	145	15,8
24	7.4.56	185	34,8	50	13.3.61	183	31,2
25	8.4.56	184	33,6	51	1.5.61	151	11,8
26	9.4.56	182	34,0	52	15.6.61	129	5,5

SALDE

La station a été installée en 1903, mais les relevés n'ont été à peu près continus qu'à partir de 1926. Auparavant, on dispose seulement de quelques données sporadiques absolument inutilisables. Une nouvelle interruption s'est produite de 1944 à 1950. Depuis 1951, les relevés sont réguliers.

La première indication concernant le zéro de l'échelle figure sur un document S.H.C.N. datant de 1932 : cote du zéro à 2,14 m dans le système M.E.F.S. Ce chiffre, valable pour l'élément du bas, ne l'est pas pour les éléments supérieurs mais les rectifications nécessaires ont été faites sur les relevés. En 1938, un contrôle de niveling donnait 2,93 m pour l'élément inférieur, toujours dans le système M.E.F.S. : les éléments supérieurs étaient décalés de la même manière que précédemment, mais après le niveling de contrôle de 1938, l'échelle a été modifiée de manière que tous les éléments aient leur zéro à 2,93 m M.E.F.S. En 1941, une vérification de la M.A.S. a donné 1,69 m M.E.F.S. pour le zéro de l'échelle. De 1951 à 1954, le zéro a été rétabli à 2,93 m M.E.F.S. En 1954, a été posée l'échelle en lave émaillée qui est encore en service actuellement; son zéro est à la cote 1,32 m I.G.N. (environ 2,00 m M.E.F.S.) et n'a pas varié depuis l'installation.

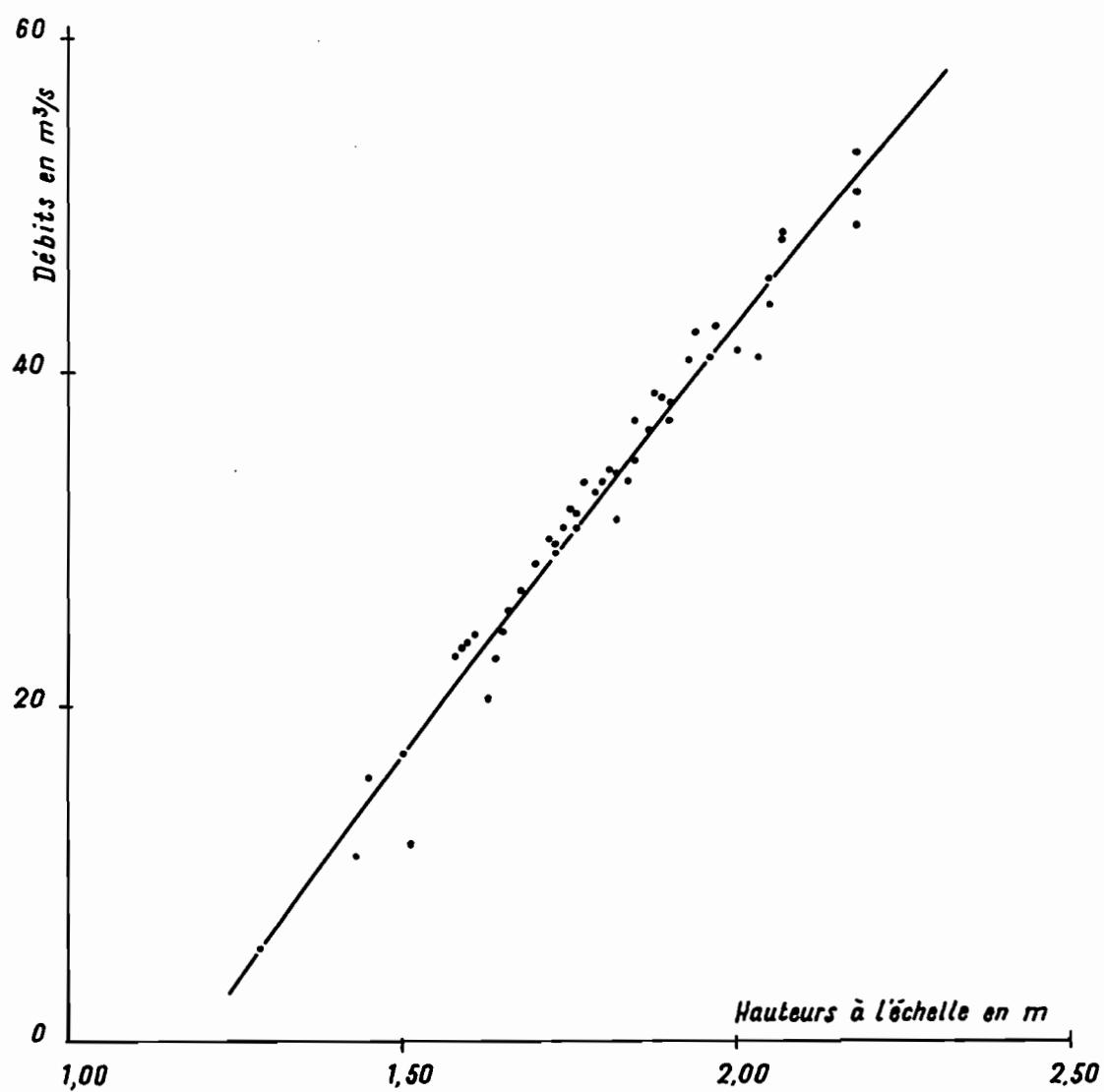
Les relevés existants entre 1938 et 1943 ont été revalorisés en tenant compte des différents rattachements effectués, d'une part, et en utilisant les corrélations avec Diorbivol, d'autre part. Pour la période 1926-1937, la revalorisation est actuellement en cours : elle est basée sur les corrélations avec Kaédi.

Les jaugeages effectués à Saldé ne concernent également que les débits du lit mineur. Outre l'écoulement dans les zones d'inondation, qui ne doit pas être ici très important sauf les années de fortes crues, le débit total du Sénégal comporte aussi les débits transités par le marigot de M'Bagne (oualou mauritanien) et surtout le Doué, du côté sénégalais. Toutefois, la station de Saldé, jumelée avec celle de N'Goui sur le Doué doit permettre de déterminer approximativement les débits dans la vallée en année faible ou moyenne.

Les résultats des 70 jaugeages, dont 62 effectués par la M.A.S. en 1955 et 8 par l'O.R.S.T.O.M., sont réunis dans le tableau XIV.

LE SÉNÉGAL A DIOULDÉ-DIABÉ

COURBE DE TARAGE DES BASSES-EAUX



SÉN. 41 012

TABLEAU XIV

Jaugeages à Salde							
No	Date	H. cm	Q. m ³ /s	No	Date	H. cm	Q. m ³ /s
1	28. 7.55	464	473	36	25.10.55	940	1 109
2	29. 7.55	475	495	37	26.10.55	929	1 055
3	5. 8.55	721	849	38	28.10.55	915	958
4	6. 8.55	730	884	39	30.10.55	893	948
5	8. 8.55	765	1 000	40	31.10.55	887	905
6	10. 8.55	786	1 035	41	2.11.55	870	853
7	12. 8.55	800	1 050	42	3.11.55	857	845
8	13. 8.55	805	1 010	43	5.11.55	840	780
9	15. 8.55	815	1 032	44	7.11.55	820	717
10	17. 8.55	826	1 020	45	9.11.55	800	709
11	19. 8.55	840	1 035	46	12.11.55	760	619
12	21. 8.55	850	1 075	47	13.11.55	750	565
13	23. 8.55	860	1 146	48	15.11.55	726	539
14	27. 8.55	876	1 097	49	17.11.55	700	523
15	30. 8.55	890	1 133	50	19.11.55	672	480
16	1. 9.55	896	1 067	51	21.11.55	645	453
17	4. 9.55	904	1 092	52	23.11.55	619	421
18	7. 9.55	918	1 085	53	25.11.55	593	398
19	9. 9.55	926	1 150	54	27.11.55	566	386
20	11. 9.55	931	1 156	55	29.11.55	540	359
21	14. 9.55	938	1 192	56	1.12.55	516	337
22	17. 9.55	944	1 136	57	3.12.55	490	290
23	20. 9.55	953	1 246	58	5.12.55	470	281
24	23. 9.55	960	1 259	59	7.12.55	440	262
25	25. 9.55	963	1 257	60	9.12.55	420	256
26	26. 9.55	966	1 301	61	11.12.55	400	227
27	28. 9.55	968	1 311	62	15.12.55	384	214
28	29. 9.55	970	1 298	63	30. 4.61	55	12,5
29	2.10.55	972	1 253	64	12. 6.61	24	6,0
30	6.10.55	978	1 344	65	16. 8.61	797	888
31	9.10.55	981	1 327	66	27. 9.61	1008	1 422
32	15.10.55	986	1 325	67	6.11.61	626	430
33	17.10.55	983	1 291	68	15. 2.62	135	54,4
34	19.10.55	978	1 285	69	13. 4.62	64	10,2
35	21.10.55	968	1 220	70	31. 5.62	34	6,1

Les mesures faites par la M.A.S. durant la crue 1955 sont très dispersées : à la décrue, au contraire, la dispersion est faible et la courbe passe exactement par le point de contrôle exécuté par l'O.R.S.T.O.M. Il faudrait reprendre les jaugeages de crue. On notera que, là encore, la loi hauteurs-débits est loin d'être univoque.

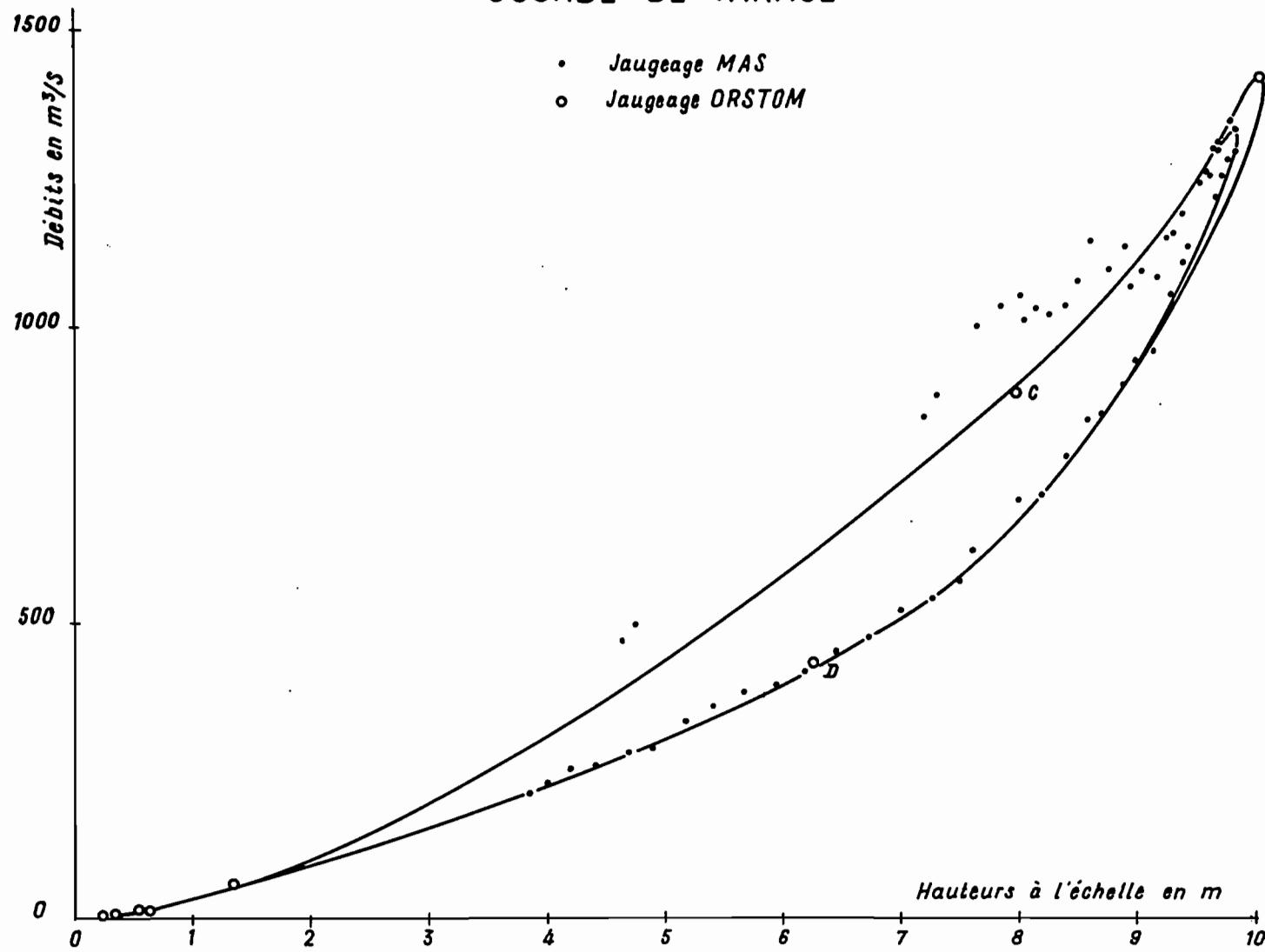
GUEDE sur le DOUE

L'échelle a été posée en 1940 et réinstallée en 1954. En principe le zéro n'a pas varié : - 0,63 I.G.N..

Cependant, l'étude des corrélations avec Podor met en évidence une correction de ± 15 cm pour les années 1940 à 1943. Cette correction a été déterminée par corrélation des maximums sans faire l'étude de l'ensemble des limnigrammes, et appliquée par simple translation de ± 15 cm. La transformation n'est pas effectuée sur les relevés donnés en annexe.

Le tarage de la station est obtenu au moyen de 70 jaugeages dont 64 ont été effectués par la M.A.S. en 1956 et 6 par la mission O.R.S.T.O.M. en 1961 et 1962. La loi hauteurs-débits n'est pas univoque mais l'écart entre la courbe de décrue et la courbe de crue est plus faible en moyenne que pour les stations homologues du Sénégal. D'autre part on observe quelques différences entre les résultats de 1956 et ceux de 1961-1962. Le tarage demanderait à être poursuivi. Les résultats des mesures sont groupés dans le tableau XV.

LE SÉNÉGAL A SALDÉ
COURBE DE TARAGE



JAUGEAGES DU DOUE A GUEDE			
N°	DATE	H. cm	Q. m ³ /s
1	16. 8.56	535	517
2	17. 8.56	545	563
3	18. 8.56	552	582
4	19. 8.56	558	582
5	20. 8.56	566	605
6	21. 8.56	571	601
7	23. 8.56	581	615
8	25. 8.56	591	628
9	26. 8.56	600	659
10	28. 8.56	610	653
11	31. 8.56	621	690
12	3. 9.56	630	717
13	5. 9.56	640	719
14	7. 9.56	648	785
15	11. 9.56	658	790
16	16. 9.56	668	825
17	20. 9.56	678	867
18	22. 9.56	688	896
19	25. 9.56	698	906
20	27. 9.56	708	934
21	29. 9.56	718	965
22	2.10.56	730	973
23	6.10.56	740	963
24	9.10.56	747	953
25	11.10.56	749	944
26	13.10.56	750	933
27	14.10.56	748	926
28	15.10.56	747	953
29	16.10.56	745	952
30	17.10.56	744	942
31	19.10.56	741	938
32	21.10.56	739	935
33	23.10.56	737	935
34	25.10.56	733	919
35	27.10.56	730	890

TABLEAU XV (suite)

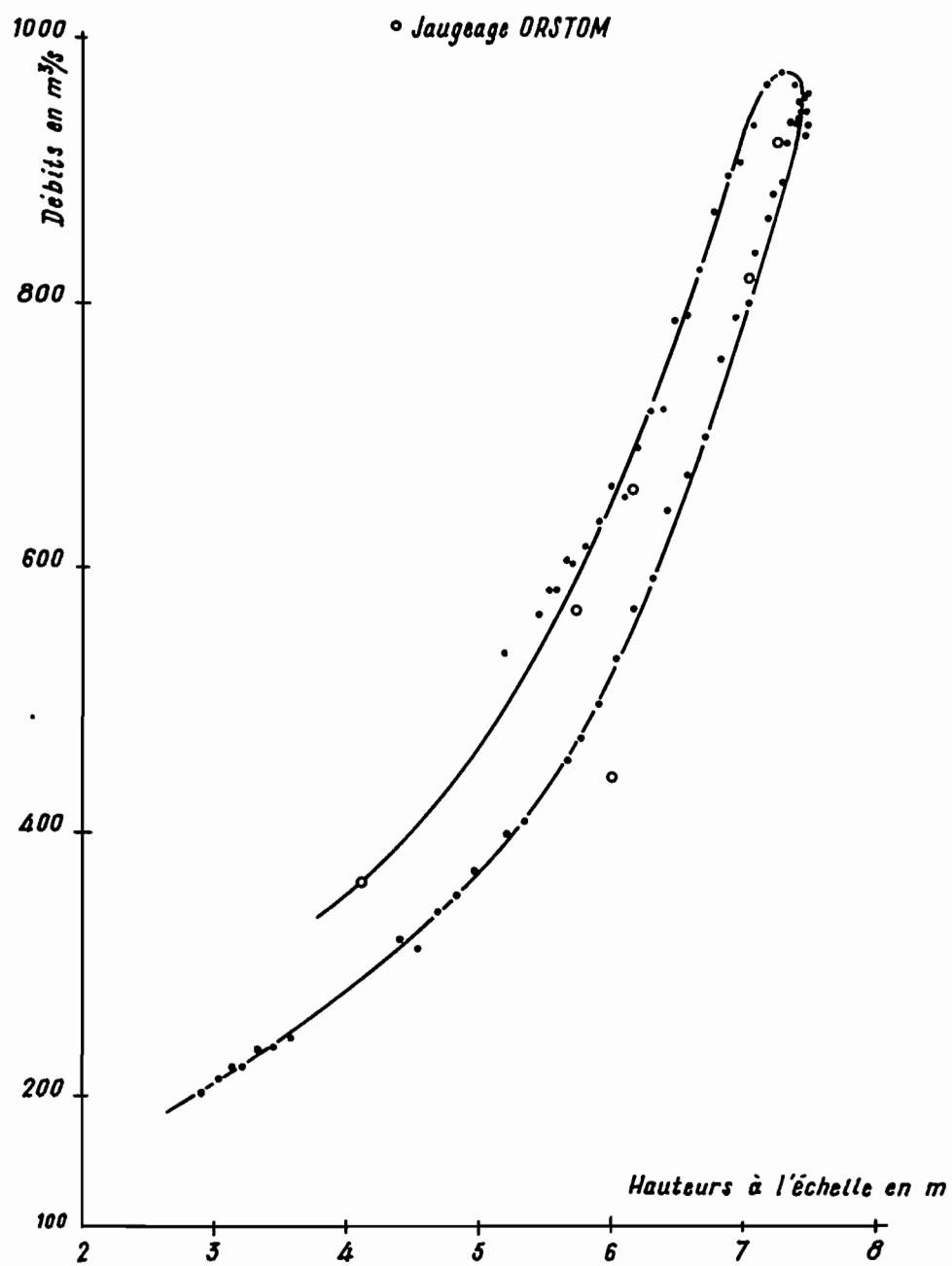
JAUZEAGES DU DOUE A GUEDE			
N°	DATE	H. cm	Q. m ³ /s
36	29.10.56	724	880
37	31.10.56	719	862
38	2.11.56	710	837
39	4.11.56	705	798
40	6.11.56	695	788
41	8.11.56	683	757
42	10.11.56	671	698
43	12.11.56	658	670
44	14.11.56	644	643
45	16.11.56	628	591
46	17.11.56	619	567
47	18.11.56	605	531
48	20.11.56	591	497
49	21.11.56	578	471
50	22.11.56	567	454
51	25.11.56	533	407
52	26.11.56	520	398
53	28.11.56	498	370
54	29.11.56	484	352
55	30.11.56	470	341
56	1.12.56	455	311
57	2.12.56	439	317
58	7.12.56	359	246
59	8.12.56	345	238
60	9.12.56	334	236
61	10.12.56	323	224
62	11.12.56	314	222
63	12.12.56	304	213
64	14.12.56	290	202
65	7. 8.61	574	566
66	18. 8.61	618	656
67	29. 9.61	730	921
68	8.11.61	602	441
69	2. 8.62	412	360
70	12.10.62	704	817

LE DOUÉ A GUÉDÉ

COURBE DE TARAGE

• Jaugeage MAS

◦ Jaugeage D'QRSTOM



MADINA SUR LE DOUE

Un limnigraphie BAR avec échelle de contrôle a été installé à cette station par l'U.H.E.A., le 25 avril 1952. Le zéro est à la cote -0,50 m I.G.N.

Le limnigraphie a été régulièrement exploité en 1952. Après le départ de l'U.H.E.A. les relevés sont sporadiques et les pannes fréquentes. La station a été remise en état en août 1961 et exploitée régulièrement depuis cette date.

Un jaugeage U.H.E.A. et 14 jaugeages M.A.S. ont été effectués, uniquement pour des débits de basses eaux. Les résultats figurent sur le Tableau XVI. Le jaugeage U.H.E.A. semble aberrant; pour le reste, la dispersion est notable. La station pourrait à la rigueur se jumeler avec celle de Diouldé Diabé pour la mesure du débit total dans la vallée, mais il faudrait alors évaluer les débits passant dans les zones inondées de l'Île à MORPHIL, ce qui demanderait des mesures spéciales très délicates.

TABLEAU XVI

JAUGEAGES DU DOUE A MADINA

No	Date	H. cm	Q. m ³ /s
1	15.3.52	273	29,1
2	26.4.55	270	15,0
3	6.5.55	266	14,0
4	24.3.56	294	24,5
5	25.3.56	290	19,5
6	26.3.56	287	21,5
7	28.3.56	286	18,3
8	1.4.56	285	15,3
9	4.4.56	282	15,0
10	5.4.56	278	13,8
11	9.4.56	277	13,3
12	10.4.56	275	11,2
13	12.4.56	273	10,6
14	13.4.56	270	10,6
15	17.4.56	268	4,25

N'GOUI sur le DOUE

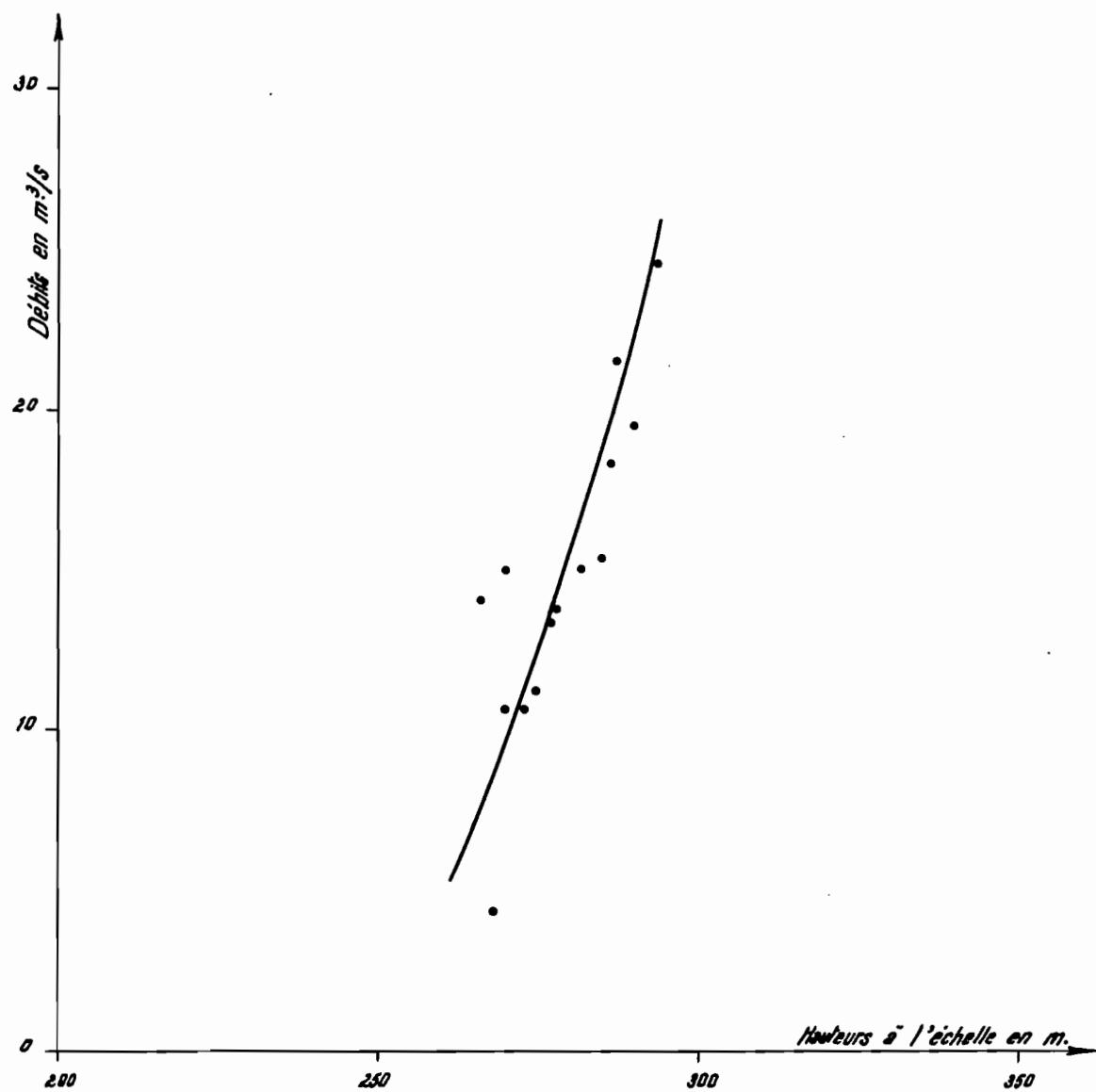
Il existait une ancienne échelle dont on a conservé les relevés de l'année 1936 (M.E.F.S.). Le zéro de cette échelle est inconnu.

La station a été reprise par la M.A.S. en 1955. Le zéro de la nouvelle échelle est à la cote -0,45 m I.G.N. Il coïncide donc avec le zéro de Saint-Louis. Les relevés ont été poursuivis depuis 1955 avec toutefois des lacunes relativement importantes.

Les mesures de débits consistent en 48 jaugeages exécutés par la M.A.S. en 1955 et 3 jaugeages de l'O.R.S.T.O.M. en 1961 (Tableau XVII). D'après la M.A.S., la courbe de tarage serait univoque, ce qui n'est pas impossible mais assez surprenant. Les jaugeages de l'O.R.S.T.O.M. sembleraient au contraire indiquer que la courbe de crue est différente de la courbe de décrue, mais les mesures sont trop peu nombreuses pour être concluantes. La courbe obtenue par la M.A.S. demanderait à être vérifiée par de nouveaux jaugeages à effectuer tant à la crue qu'à la décrue.

LE DOUÉ A MADINA

COURBE DE TARAGE DES BASSES EAUX



SÉN 41.015

TABLEAU XVII
Jaugeages du Doué à N'Goui

No	Date	H. cm	Q. m ³ /s	No	Date	H. cm	Q. m ³ /s
1	13.8.55	988	902	27	29.10.55	1 070	1 355
2	16.8.55	995	993	28	31.10.55	1 059	1 254
3	17.8.55	1 000	1 013	29	1.11.55	1 050	1 194
4	18.8.55	1 005	1 045	30	3.11.55	1 030	1 030
5	19.8.55	1 015	1 115	31	7.11.55	994	943
6	21.8.55	1 020	1 154	32	9.11.55	975	822
7	22.8.55	1 024	1 130	33	10.11.55	963	820
8	29.8.55	1 058	1 380	34	12.11.55	940	670
9	1.9.55	1 066	1 330	35	16.11.55	896	599
10	3.9.55	1 072	1 275	36	18.11.55	868	499
11	15.9.55	1 075	1 400	37	20.11.55	845	467
12	25.9.55	1 128	1 736	38	22.11.55	800	409
13	28.9.55	1 135	1 811	39	24.11.55	789	375
14	1.10.55	1 135	1 740	40	26.11.55	763	332
15	3.10.55	1 135	1 822	41	28.11.55	740	308
16	4.10.55	1 136	1 871	42	30.11.55	710	274
17	11.10.55	1 145	1 965	43	2.12.55	686	270
18	13.10.55	1 148	1 988	44	4.12.55	665	217
19	16.10.55	1 147	1 858	45	6.12.55	640	206
20	17.10.55	1 145	1 935	46	8.12.55	614	189
21	18.10.55	1 143	1 878	47	10.12.55	592	180
22	20.10.55	1 138	1 838	48	14.12.55	546	135
23	22.10.55	1 125	1 871	49	17. 8.61	971	1 218
24	24.10.55	1 114	1 674	50	28. 9.61	1 168	2 432
25	26.10.55	1 100	1 540	51	6.11.61	799	429
26	27.10.55	1 090	1 551	52			

DIOREIVOL

Une première échelle avait été installée en 1914; elle a été lue jusqu'en 1918. Elle n'était pas rattachée et les relevés n'ont pas été exploités.

Une seconde échelle a été posée en 1938 et lue jusqu'en 1942. Son zéro était à la cote 2,28 m M.E.F.S., correspondant à 1,58 m I.G.N. (déterminé par corrélation des maximums entre Kaédi et Diorbivol).

L'échelle actuelle a été installée par la M.A.S. en 1954. Le zéro est à la cote 2,14 m I.G.N.

Cette station, purement limnimétrique, n'a jamais fait l'objet de mesures de débits.

KAEDI

La première échelle a été installée en 1904. La station a été complètement refaite par la M.A.S. en 1954. Quelques années manquent (1905, 1911, 1912, 1914), d'autres sont très incomplètes (de 1915 à 1919). Les relevés existants, souvent douteux, ont été reva- lorisés depuis 1913 par corrélation des maximums, puis courbes de correspondances cy- cliques avec Matam. On note quelques variations du zéro au cours de la période anté- rieure à 1954. Le zéro de l'échelle actuelle (M.A.S. 1954) est à la cote 3,85 m I.G.N.

39 jaugeages ont été effectués par la M.A.S. en 1955. 7 jaugeages de l'O.R.S.T.O.M. exécutés de 1960 à 1962 n'infirment pas ceux de la M.A.S., compte tenu de la dispersion des résultats (Tableau XVIII). Il faut noter toutefois que cet étalonnage est très incomplet et demanderait à être poursuivi.

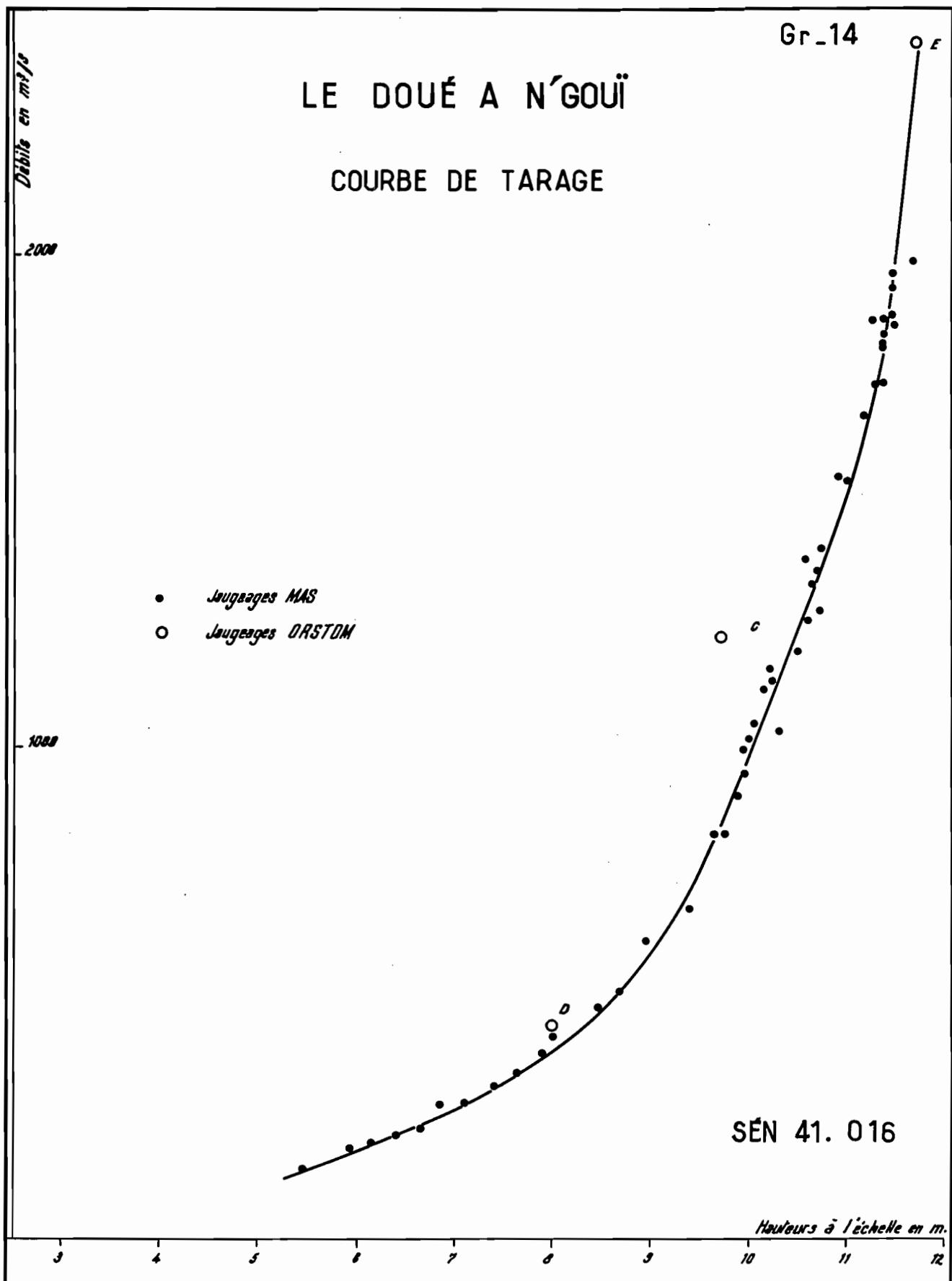


TABLEAU XVIII

JAUGEAGES DU SENEGAL A KAEDI

No	Date	H. cm	Q. m ³ /s	No	Date	H. cm	Q. m ³ /s
1	11.8.55	722	2 090	24	17.10.55	858	2 341
2	13.8.55	730	1 982	25	20.10.55	843	2 106
3	16.8.55	742	2 077	26	22.10.55	828	1 945
4	18.8.55	755	2 074	27	24.10.55	813	1 909
5	22.8.55	775	2 134	28	26.10.55	800	1 740
6	24.8.55	785	2 136	29	28.10.55	765	1 663
7	27.8.55	800	2 254	30	30.10.55	730	1 538
8	29.8.55	804	2 296	31	3.11.55	704	1 361
9	2.9.55	815	2 295	32	5.11.55	690	1 295
10	3.9.55	818	2 345	33	7.11.55	675	1 320
11	7.9.55	829	2 333	34	9.11.55	650	1 261
12	8.9.55	836	2 369	35	11.11.55	620	1 225
13	11.9.55	838	2 365	36	12.11.55	615	1 120
14	13.9.55	839	2 325	37	18.11.55	551	904
15	15.9.55	843	2 390	38	26.11.55	460	830
16	17.9.55	846	2 425	39	10.12.55	335	455
17	19.9.55	850	2 445	40	20. 9.60	750	1 921
18	22.9.55	856	2 502	41	12. 3.61	019	56,2
19	24.9.55	855	2 368	42	30. 4.61	- 048	5,2
20	4.10.55	860	2 357	43	5. 6.61	- 053	3,1
21	7.10.55	865	2 485	44	15. 8.61	704	1 769
22	10.10.55	868	2 455	45	5.11.61	509	767
23	12.10.55	868	2 425	46	13. 2.62	059	74,2

N'Guiglione -

Un limnigraph a été mis en service à cette station, le 18 juin 1951 par l'U.H.E.A. (durée de révolution : 30 jours). L'installation a été modifiée par la M.A.S. en 1954 et l'appareil a été remplacé par un autre de durée de révolution 140 jours, avec les inconvénients qui ont déjà été signalés. Le zéro de ce limnigraph est à la côte 4,07 m I.G.N., mais ce chiffre est peu sûr car le repère I.G.N. le plus proche est situé à plusieurs dizaines de km et le niveling effectué par la M.A.S. n'offre pas les mêmes garanties que celui de l'I.G.N.

Les relevés sont très sporadiques et la station est pratiquement abandonnée. D'autre part, les enregistrements, établis en cotes M.E.F.S., ne correspondent pas au zéro de l'échelle de contrôle. Un niveling en cotes M.E.F.S. a été fait à partir de la borne S.H.O.N. d'Odoro, mais le résultat n'a pas été retrouvé. Il semble que tout ceci soit bien difficile à utiliser. Il serait pourtant intéressant de poursuivre à cette station quelques années d'observations correctes, afin d'établir les corrélations avec les stations voisines.

5 jaugeages ont été effectués à cette station; les niveaux sont donnés en cotes M.E.F.S. (Tableau XIX)

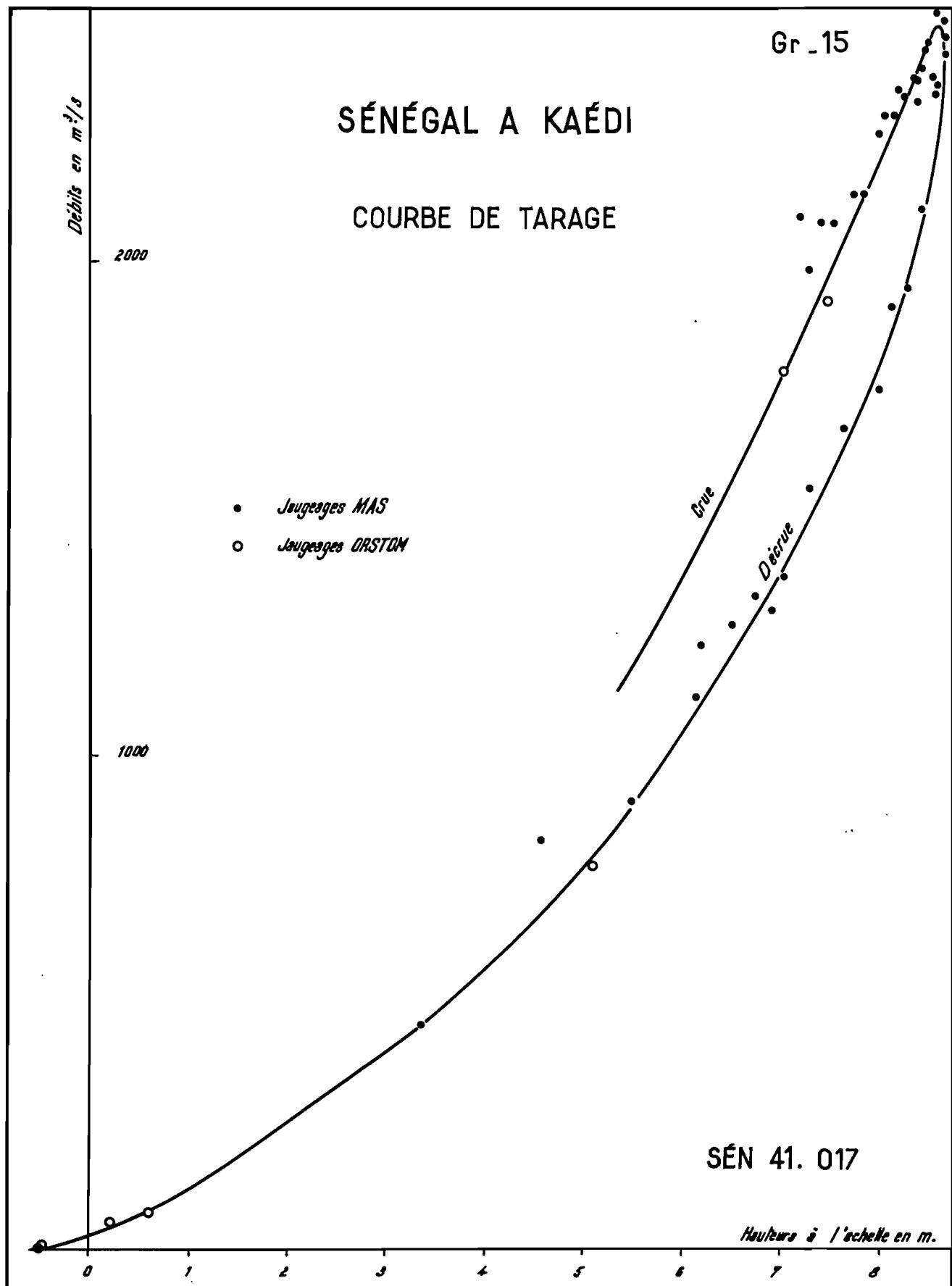
TABLEAU XIX

JAUGEAGES DU SENEGAL A N'GUIGLIONE				
No	Date	H. cm	Q. m ³ /s	Observations
1	7.12.50	902	455	U.H.E.A.
2	11.10.52	1 460	2 547	M.A.S.
3	4.11.52	1 242	1 328	M.A.S.
4	13.11.52	1 108	878	M.A.S.
5	16.12.52	820	336	M.A.S.

Matam -

L'échelle a été installée en 1903. Les différents zéros ont été déterminés par corrélation des maximums. Les décalages entre les différents éléments sont connus, pour la période ancienne, par deux niveling en 1904 et 1906 (Thibault) puis un autre niveling du S.H.O.N. en 1932.

En 1935, l'échelle a été reprise par la M.E.F.S. et le zéro a fait à cette occasion l'objet d'un nouveau rattachement. D'autre part, l'ensemble des données a été traité par la méthode des corrélations cycliques comme pour les autres stations. Tous les relevés sont donnés, depuis 1913, dans le système de l'échelle actuelle installée par la M.A.S. en 1954 (Tableaux de hauteurs corrigées établis par l'O.R.S.T.O.M.). Le zéro de l'échelle M.A.S. est à la cote 6,32 m I.G.N.



Les 26 jaugeages effectués par la M.A.S. en 1954 et les 7 jaugeages de la mission O.R.S.T.O.M. en 1960-61, concernent uniquement les débits du lit mineur. En outre, on signale une mesure de débit sur la digue de Matam-Ouro Sogui, exécutée le 14 septembre 1954 avec un débit de 1040 m³/s pour une cote de 9,37 m à l'échelle de Matam; la digue était submergée. Cette station pourrait être exploitable pour la mesure du débit total du Sénégal, non sans difficultés, mais ces difficultés seraient sans doute moindres que pour les stations dont il a été parlé précédemment. Il faudrait pour cela poursuivre de façon systématique les mesures à la digue et s'efforcer de mesurer les débordements en rive droite.

Les résultats des jaugeages du lit mineur sont donnés sur le Tableau XX. Etalonnage très incomplet, points dispersés.

TABLEAU XX

JAUGEAGES DU SENEGAL A MATAM							
No	date	H. cm	Q. m ³ /s	No	date	H. cm	Q. m ³ /s
1	15. 9.54	950	3 412	18	7.11.55	576	1 392
2	2. 9.55	886	3 375	19	10.11.55	547	1 171
3	5. 9.55	890	3 524	20	13.11.55	517	1 105
4	9. 9.55	892	3 341	21	16.11.55	489	961
5	12. 9.55	892	3 285	22	19.11.55	458	860
6	19. 9.55	910	3 407	23	22.11.55	430	771
7	21. 9.55	909	3 382	24	26.11.55	393	672
8	23. 9.55	906	3 319	25	30.11.55	365	556
9	29. 9.55	906	3 333	26	5.12.55	336	502
10	6.10.55	922	3 490	27	16. 9.60	759	2 604
11	7.10.55	928	3 376	28	11. 3.61	050	44,4
12	8.10.55	925	3 596	29	29. 4.61	005	5,0
13	12.10.55	912	3 205	30	7. 6.61	015	3,7
14	13.10.55	903	3 084	31	25. 9.61	942	(2 890)
15	15.10.55	870	2 881	32	26. 9.61	933	3 200
16	17.10.55	846	2 550	33	4.11.61	428	683
17	18.10.55	828	2 373				

Ouaounde -

La station comporte un limnigraphie avec échelle de contrôle, installé par l'U.H.E.A. le 14 juillet 1952 et modifié par la M.A.S. en 1954. Il existe également une échelle distincte de celle du limnigraphie, qui est relevée par un lecteur depuis 1951.

Le zéro de l'échelle, comme celui du limnigraphie, est à la cote 8,48 m I.G.N.

De juillet 1952 à mai 1953, les limnigrammes étaient gradués en cotes M.E.F.S. De même, les relevés à l'échelle étaient aussi donnés en cotes M.E.F.S. du 28 juin 1951 au 4 juin 1952 : ces relevés sont du reste incomplets. Il existe un profil en travers dressé par l'U.H.E.A. sur lequel figurent 2 bornes cotées en M.E.F.S. ; borne rive gauche 20,867 m M.E.F.S., borne rive droite : 20,367 m M.E.F.S.. Mais le zéro de l'échelle en M.E.F.S. n'est pas donné ; on ne donne pas non plus la différence entre le système M.E.F.S. et le système I.G.N. Il faudrait, pour exploiter les relevés antérieurs à 1954, retrouver les bornes mentionnées sur le profil U.H.E.A. et niveler par rapport à ces bornes le zéro de l'échelle de contrôle qui n'a pas varié.

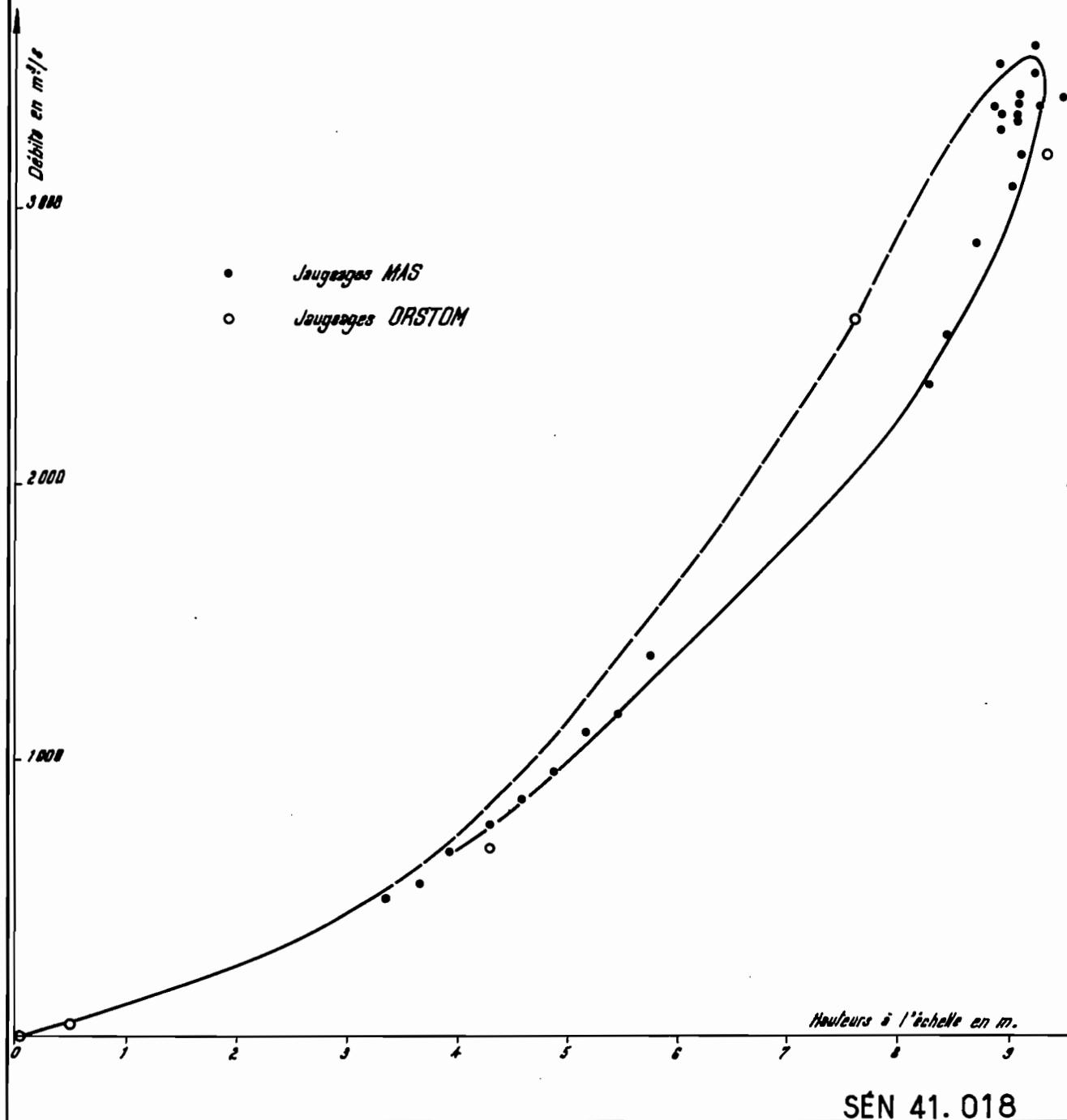
Six jaugeages ont été effectués par l'U.H.E.A. et par la M.A.S. Les hauteurs d'eau sont données en cotes M.E.F.S. (Tableau XXI).

TABLEAU XXI

JAUGEAGES DU SENEGAL A OUAOUNDE			
date	cote MEF.S. m	débits m ³ /s	observations
2.12.50	12,69	458	U.H.E.A.
14.10.52	19,20	2 550	M.A.S.
23.10.52	17,82	1 807	M.A.S.
8.11.52	14,55	629	M.A.S.
14.11.52	13,75	527	M.A.S.
27.12.52	11,55	209	M.A.S.

SÉNÉGAL A MATAM

COURBE DE TARAGE



Bakel -

L'échelle a été installée en 1901 et complètement refaite en 1952. La cote actuelle du zéro, inchangée depuis 1952 est de 11,16 m I.G.N. Les relevés antérieurs ont été revalorisés depuis 1913 par les méthodes qui ont déjà été évoquées. Ce sont les hauteurs ramenées à l'échelle actuelle qui figurent sur les tableaux en annexe.

Les 67 jaugeages effectués par l'U.H.E.A. puis la M.A.S. de 1950 à 1955 et les 12 jaugeages exécutés par l'O.R.S.T.O.M. de 1960 à 1962 donnent dans l'ensemble des résultats assez cohérents bien qu'on observe une dispersion très forte et difficilement explicable pour les mesures effectuées entre les cotes 7,50 m et 10,50 m à l'échelle. D'autre part, rien dans les débits obtenus n'indique de façon significative que la loi hauteur-débit ne soit pas univoque (Tableau XXII).

Les débits indiqués dans le tableau XXII se rapportent à la totalité de l'écoulement passant dans la vallée. Bakel marque pratiquement la limite amont du Ouallo; au-delà les zones d'inondation sont inexistantes ou tout au moins très réduites sur le fleuve principal.

TABLEAU XXII

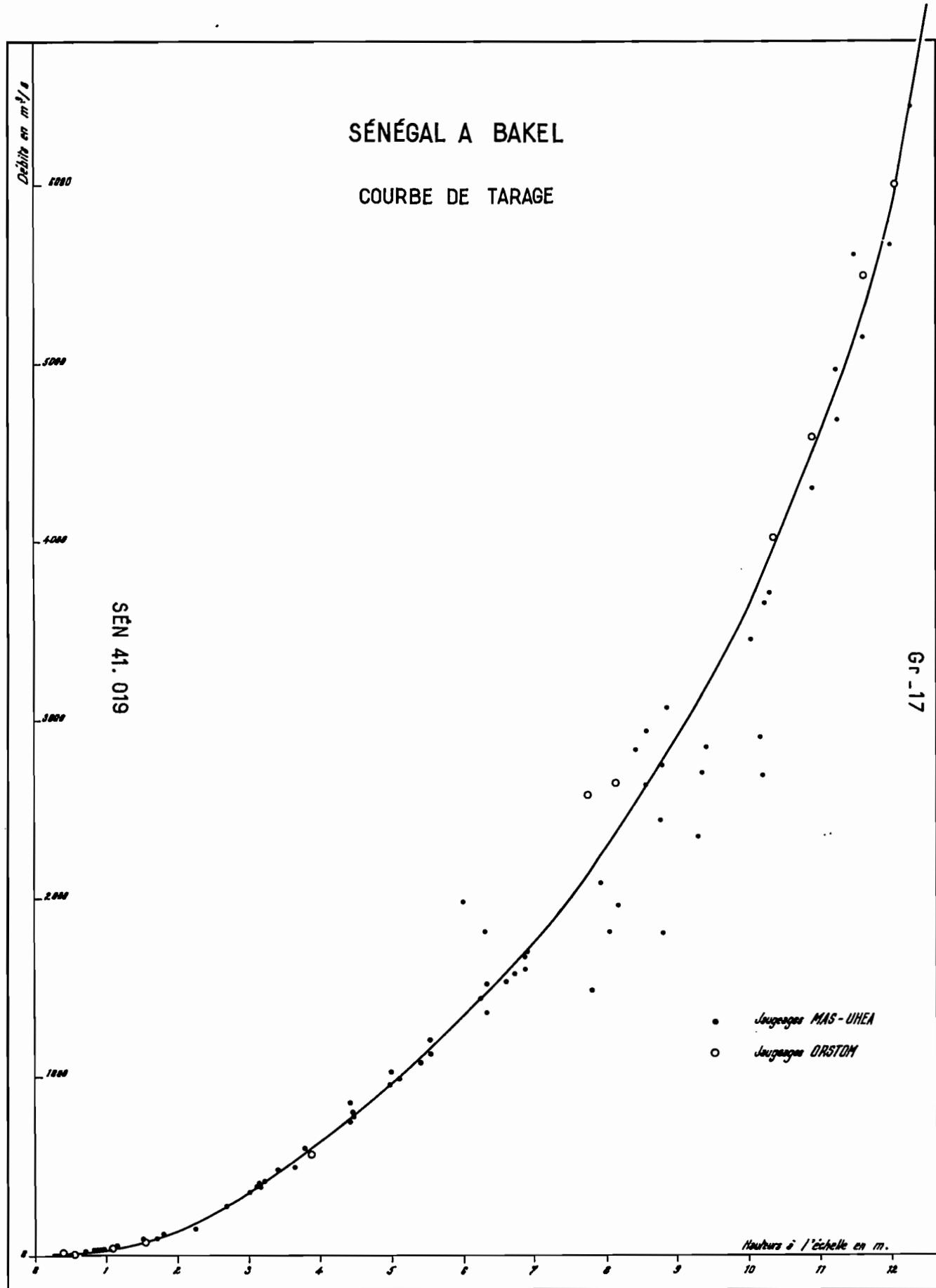
JAUGEAGES DU SENEGAL A BAKEL							
No	date	H. cm.	Q. m ³ /s	No	date	H. cm	Q. m ³ /s
1	4. 7.50	153	86	11	4.11.50	555	1 134
2	6.10.50	1 017	2 688	12	8.11.50	497	1 026
3	15.10.50	1 015	2 903	13	8.11.50	497	963
4	19.10.50	930	2 337	14	29.11.50	339	480
5	21.10.50	876	1 798	15	19.12.50	268	285
6	23.10.50	815	1 960	16	25. 4.51	053	7,08
7	29.10.50	672	1 575	17	27. 6.51	170	97
8	31.10.50	633	1 351	18	23. 7.51	441	860
9	31.10.50	633	1 513	19	23. 7.51	441	753
10	4.11.50	555	1 204	20	10. 8.51	599	1 978

TABLEAU XXII (suite)

No	date	H. cm	Q. m ³ /s	No	date	H. cm	Q. m ³ /s
21	17. 8.51	628	1 804	51	19.11.53	316	379
22	31. 8.51	687	1 657	52	20.11.53	315	400
23	8. 9.51	841	2 829	53	20.11.53	313	380
24	25. 9.51	792	2 078	54	7. 9.54	1 228	6 440
25	28. 9.51	690	1 705	55	9. 9.54	1 198	5 663
26	6.10.51	1 146	5 600	56	11. 9.54	1 124	4 675
27	8.10.51	1 158	5 140	57	12. 9.54	1 088	4 292
28	11.10.51	1 122	4 965	58	14. 9.54	1 030	3 713
29	19.10.51	935	2 700	59	16. 9.54	1 002	3 450
30	23.10.51	877	2 435	60	19. 9.54	940	2 842
31	31.10.51	880	2 741	61	7.10.54	805	1 812
32	12.11.51	689	1 600	62	8.10.54	780	1 482
33	21.11.51	511	987	63	16. 5.55	97	35,3
34	26.11.51	444	772	64	18. 5.55	94	34,95
35	4.12.51	377	597	65	25. 5.55	86	29,0
36	21.12.51	301	348	66	27. 5.55	84	29,3
37	24. 1.52	224	143	67	28. 5.55	85	28,8
38	20. 2.52	177	118	68	12. 9.60	812	2 644
39	25. 3.52	112	47,7	69	10. 3.61	110	37,3
40	28. 4.52	68	14,6	70	27. 4.61	55	6,2
41	28. 8.52	660	1 530	71	10. 6.61	36	1,2
42	29. 8.52	622	1 436	72	13. 8.61	776	2 577
43	5. 9.52	540	1 075	73	17. 9.61	1 204	5 997
44	15. 9.52	885	3 063	74	19. 9.61	1 160	5 487
45	17. 9.52	860	2 936	75	21. 9.61	1 089	4 589
46	28. 9.52	1 022	3 655	76	23. 9.61	1 034	4 023
47	21.10.52	855	2 635	77	2.11.61	388	564
48	7.11.52	443	799	78	5. 2.62	153	72,6
49	14.11.52	363	493	79	27. 3.62	36	1,06
50	18.11.52	320	413				

3.- METHODES UTILISEES POUR LA REVALORISATION DES RELEVES ANCIENS

Lors de son entrée en fonction au sein de la M.A.S., l'U.H.E.A. s'était penchée sur les relevés anciens obtenus aux différentes stations du Sénégal. Cet examen l'avait conduite à rejeter purement et simplement une grande partie de la documentation existante. Il n'était toutefois pas tolérable de perdre ainsi de nombreuses



et irremplaçables années d'observations, sans s'être assuré auparavant qu'il n'y avait absolument rien à faire pour revaloriser ces données, c'est-à-dire les traduire dans le langage des échelles actuelles. Le travail a été confié, entre autres études, à une mission O.R.S.T.O.M. dirigée successivement par M. Touchebeuf, Giscaro et Rochette; ce dernier, encore en place, poursuit actuellement ses travaux.

A vrai dire, le problème était très touffu et de prime abord assez décourageant. Les investigations ont commencé par un inventaire complet des systèmes de nivelle-ment utilisés au cours des ans et des différents rattachements effectués par la Mission Thibault, le S.H.O.N. et la M.E.F.E.S. Cette opération a permis de poser quelques jalons mais s'est avérée nettement insuffisante pour résoudre totalement le problème.

Dans un second stade, Touchebeuf a établi systématiquement les courbes de régression entre les hauteurs maximales atteintes pour différents couples d'échelles. Cette étude mettait en jeu les relevés sûrs obtenus durant la période récente 1959/1960. A partir de ces courbes, il a été possible de définir les maximums des années antérieures en faisant jouer des corrélations doubles ou même triples entre les différents couples d'échelles, de façon à isoler, pour chaque année et successivement en suivant l'ordre chronologique inverse, les échelles ayant subi une variation. On a fini par obtenir ainsi les corrections à apporter aux zéros des différentes échelles pour les différentes périodes. Ce travail a été poursuivi par Giscaro.

Ces corrections, toutefois, ne s'appliquent qu'aux éléments supérieurs des échelles et ne tiennent compte ni des décalages entre éléments, ni des distorsions des graduations dues, comme on l'a vu, à la remise en état des échelles (peinture des graduations) par du personnel non compétent.

Dans un troisième stade, Rochette a établi pour les dix dernières années des graphiques de correspondance portant cette fois sur les cotes simultanées aux différents couples d'échelles. Ces courbes ont été tracées en prenant un point tous

les 5 jours, ce qui donne une précision suffisante; lorsqu'elles sont tracées pour l'année hydrologique entière, elles prennent l'allure de courbes fermées, d'où le nom de corrélations cycliques qui a été donné à ce procédé. Lorsque l'opération a été faite pour un certain nombre d'années, on se trouve en présence, pour chaque couple de stations, d'un faisceau de courbes dont chacune correspond à une crue d'importance donnée. Quelques-uns de ces réseaux sont tracés sur les figures 18 à 24 : en ordonnées on a porté les cotes à la station amont, exprimées en I.G.N., et en abscisses les dénivélees entre station amont et station aval.

Après avoir fait, sur les relevés antérieurs à 1950, les corrections Touchebeuf et transcrit les résultats en cote I.G.N., on fait sur les relevés anciens l'opération qui vient d'être décrite et on compare les résultats obtenus aux réseaux types. Lorsqu'il n'y a pas coïncidence, on fait un recouplement pour détecter la station fautive et on retouche les relevés incriminés. Simultanément, les relevés sont reportés en cotes I.G.N., affectés de la correction Touchebeuf, pour chaque année et pour l'ensemble des stations; ce report sert de guide à l'opérateur. Pour les stations situées à l'amont de Boghé, le procédé est efficace surtout à la décrue; à la crue les résultats sont moins nets. A l'aval de Boghé, le procédé est valable toute l'année. Il est inutile de préciser qu'une telle opération n'est pas entièrement automatique et doit être conduite par un hydrologue chevronné spécialiste de ce genre de problème.

Actuellement, la revalorisation a été conduite jusqu'en 1913, en remontant dans le temps. Il faudra la poursuivre jusque vers 1904.

Ces méthodes, introduites par l'O.R.S.T.O.M. pour la revalorisation des observations anciennes du Sénégal, ont en réalité un champ d'application beaucoup plus vaste. Le fait qu'on ait pu les appliquer avec succès montre que, pour n'importe quel point de la vallée, on peut obtenir de très longues séries de cotes du plan d'eau avec un nombre relativement réduit d'années d'observations directes, celles-ci ne servant plus qu'à établir les réseaux de correspondances. C'est un fait qui peut avoir une très grande importance, par exemple pour l'étude des seuils dans les problèmes concernant la navigation.

Gr-18

Correspondances cycliques PODOR-DAGANA.

6 mètres.

Carte IGN 1/250 000

5

4

3

2

1

0

2 mètres

Déviation entre station aérienne et station terrestre

SEN-41020

Gr. 19

Correspondances cycliques BOGHÉ-PODOR

9 mètres

8

7

6

5

4

3

2

1

0

0

Carte IGN à la station amont.

3 mètres

Dénivelées entre station amont et station aval

SEN. 41021

Gr. 20

Correspondances cycliques SALDE - BOGHE

Cote SEN à la station amont

12 mètres

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Déviation entre station amont et station aval

mètres

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

110

120

130

140

150

160

170

180

190

200

210

220

230

240

250

260

270

280

290

300

310

320

330

340

350

360

370

380

390

400

410

420

430

440

450

460

470

480

490

500

510

520

530

540

550

560

570

580

590

600

610

620

630

640

650

660

670

680

690

700

710

720

730

740

750

760

770

780

790

800

810

820

830

840

850

860

870

880

890

900

910

920

930

940

950

960

970

980

990

1000

1010

1020

1030

1040

1050

1060

1070

1080

1090

1100

1110

1120

1130

1140

1150

1160

1170

1180

1190

1200

1210

1220

1230

1240

1250

1260

1270

1280

1290

1300

1310

1320

1330

1340

1350

1360

1370

1380

1390

1400

1410

1420

1430

1440

1450

1460

1470

1480

1490

1500

1510

1520

1530

1540

1550

1560

1570

1580

1590

1600

1610

1620

1630

1640

1650

1660

1670

1680

1690

1700

1710

1720

1730

1740

1750

1760

1770

1780

1790

1800

1810

1820

1830

1840

1850

1860

1870

1880

1890

1900

1910

1920

1930

1940

1950

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

2030

2040

2050

2060

2070

2080

2090

2100

2110

2120

2130

2140

2150

2160

2170

2180

2190

2200

2210

2220

2230

2240

2250

2260

2270

2280

2290

2300

2310

2320

2330

2340

2350

2360

2370

2380

2390

2400

2410

2420

2430

2440

2450

2460

2470

2480

2490

2500

2510

2520

2530

2540

2550

2560

2570

2580

2590

2600

2610

2620

2630

2640

2650

2660

2670

2680

2690

2700

2710

2720

2730

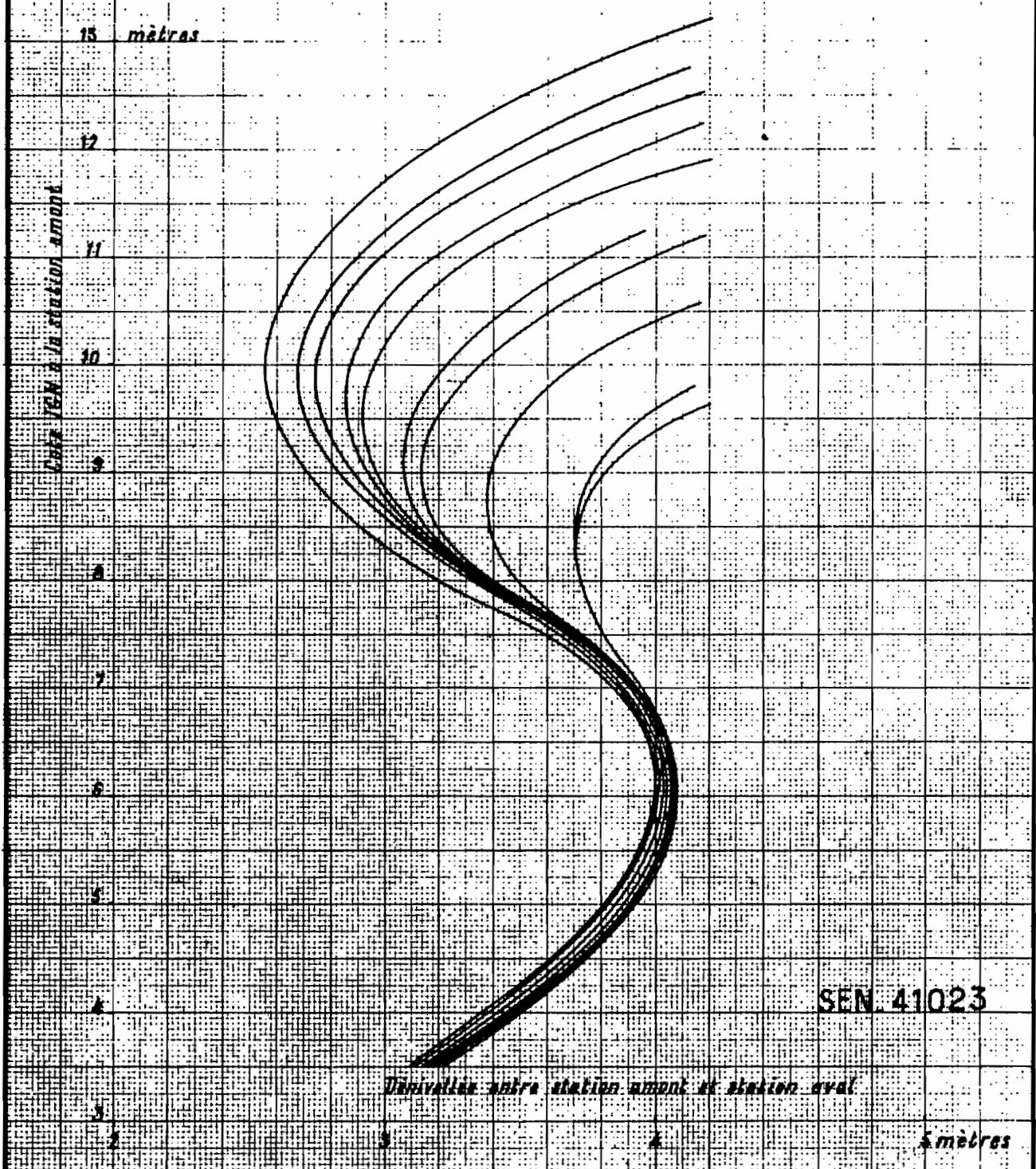
2740

2750

2760

Gr. 21

Correspondances cycliques KAÉDI - BOGHÉ



Gr_22

Correspondances cycliques KAFDI - SAL DE

12 mètres

Cote IEN à la station amont

11

10

9

8

7

6

5

4

3

0

Dénivellée entre station amont et station aval

2 mètres

SEN_41024

Gr. 23

Correspondances cycliques MATAM - KAEDI



Gr. 24

Correspondances cycliques BAKEL-MATAM

22 mètres

Cote IGN à la station amont

20.

19.

18.

17.

16.

15.

14.

13.

12.

11.

3

Dénivelée entre station amont et station aval

4

5

6 mètres

SEN 41026

C H A P I T R E III

INVENTAIRE des CONNAISSANCES ACQUISES : OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES dans la PARTIE SUPERIEURE du BASSIN (SENEGAL en amont de BAKEL et AFFLUENTS)

Les remarques qui ont été formulées pour les échelles de la basse vallée sont également valables pour celles du bassin supérieur. Mais ici, aucune étude critique sérieuse de l'ensemble des relevés n'a encore été entreprise et on ne peut guère fournir que des relevés bruts, avec quelques indications sur ce qu'on sait actuellement des variations d'échelles.

1. SENEGAL :

- KOUNGANI :

Un limnigraphé Bär à durée de rotation 30 jours a été mis en service par l'U.H.E.A. le 3 mai 1951. Il a fonctionné normalement en 1951-52; ensuite, on observe quelques lacunes. Dans l'ensemble, il a cependant mieux marché que les limnigraphes de la basse vallée; sans doute est-ce dû au fait qu'il n'a pas été modifié par la M.A.S.

En 1952, la cote du zéro de l'échelle de contrôle était de 11,65 m I.G.N. Cette échelle a été détruite par la crue de 1958. Rétablie en 1961, son zéro est maintenant à la cote 11,61 m I.G.N.

La station, purement limnigraphique, n'a jamais été étalonnée.

- SEGALA :

Un limnigraphé a été mis en service à cette station en 1951 par l'U.H.E.A. Le zéro n'est pas connu.

Les enregistrements sont corrects pour les années 1951 et 1952. Ensuite, ils sont sporadiques. La station a été abandonnée depuis 1960.

- AMOIBEDI :

Une échelle a été installée en 1909. Depuis la première mise en place, il semble qu'il y ait eu de nombreuses modifications du calage. L'étude critique des relevés est à faire totalement; ceux-ci sont consignés dans les carnets des archives de la M.A.S. dont ils n'avaient jamais été extraits jusqu'à présent.

Un limnigraph a été installé par l'U.H.E.A. en 1951.

Quelques jaugeages effectués par la M.A.S. en 1953 n'ont jamais été dépouillés.

- KAYES :

L'ancienne échelle a été installée en 1904. Son zéro était à la cote 22,537 M.E.F.S. Du moins est-ce là le calage vérifié en 1951, lors de la pose d'une nouvelle échelle en lave émaillée par l'U.H.E.A. Pour les années antérieures, il y aurait lieu de faire les vérifications d'usage, assorties d'une étude critique.

Le zéro de la nouvelle échelle est à la cote 20,275 m I.G.N. correspondant à 20,77 m dans le système M.E.F.S. Les lectures de 1951 correspondent encore à l'ancienne échelle.

La station, purement limnimétrique, n'a jamais été étalonnée.

- FELOU :

Un limnigraph a été mis en service le 20 juin 1950 par l'U.H.E.A. à l'amont des chutes, au village de MAMOUDIA. Son zéro est à la cote 39,054 m I.G.N. Les archives de la M.A.S. contiennent des enregistrements allant du 7 août 1952 à mars 1953. Peut-être, en cherchant bien, en trouverait-on d'autres. Il semble toutefois que l'exploitation de l'appareil ait été très sporadique.

Une échelle inclinée a été posée par la M.A.S. en 1954. La cote de son zéro est de 23,513 m I.G.N. (24,31 m M.E.F.S.) Elle est située à l'aval des chutes et de l'usine hydro-électrique. Les lectures ont été régulièrement poursuivies depuis la mise en service.

Aucun jaugeage n'a été effectué.

- GOUINA :

Quatre échelles anciennes avaient été installées au site de GOUINA :

Echelle 1 :

Mise en service en 1925, elle était située à quelques centaines de mètres en amont des chutes. Elle a disparu sans laisser de traces et on ignore tout de son zéro.

Echelle 2 :

Elle a été posée par la M.E.F.S. en 1935, au pied des chutes de GOUINA, en tête du premier bief aval, sur la rive gauche du fleuve. Elle était constituée de rails verticaux fixés dans des socles en maçonnerie; l'élément inférieur est encore visible mais toute trace de graduation a disparu.

Le zéro est donné à 51,43 m dans le système M.E.F.S mais il est probable que les graduations, peintes sur le rail, ont subi différentes variations.

Echelle 3 :

Elle a été également installée par la M.E.F.S. en 1935. Elle était construite de la même manière que l'échelle 1. L'élément inférieur subsiste, au droit du deuxième bief à l'aval des chutes, sur la rive gauche du fleuve.

Le zéro est donné à 48,44 m M.E.F.S. avec les mêmes réserves que pour l'échelle 2.

Echelle 4 :

Installée par la M.E.F.S. en 1935, elle était située au droit du troisième bief aval, en rive gauche, sensiblement en face de l'actuel limnigraphie aval. Le zéro était à la cote 48,43 m M.E.F.S., mais, là encore, il y a possibilité de décalages au cours des années d'observations.

Les lectures à ces différentes échelles ont été poursuivies, en principe, de 1925 à 1943 pour l'échelle 1 et de 1935 à 1943 pour les autres, avec de nombreuses lacunes. En fait, certaines ont été reprises par l'U.H.E.A. en 1950 et lues à nouveau pendant quelque temps. On verra que ces relevés ne sont pas indispensables à l'étude hydrologique du site, mais ils peuvent servir de contrôle, par différentes corrélations multiples, pour la revalorisation des relevés anciens de Galougo dont il sera parlé ultérieurement.

L'échelle 3 avait été remise en service par l'U.H.E.A. et les lectures ont été poursuivies jusqu'en avril 1956, date à laquelle la M.A.S. a installé sur le deuxième bief en aval des chutes, au droit du campement et à l'aval de l'échelle 3, une échelle en lave émaillée considérée depuis comme l'échelle principale de Gouina. Elle est suivie régulièrement depuis le 19 avril 1956 : les relevés sont corrects. Son zéro est à la cote 47,677 m I.G.N. correspondant à 48,40 m M.E.F.S.

Par ailleurs, un limnigraphie, dit Gouina amont, a été installé en avril 1950 par l'U.H.E.A. à 1500 m environ à l'amont des chutes sur la rive gauche du fleuve. Le zéro de l'échelle de contrôle était à la cote 62,630 m I.G.N. soit 63,349 m M.E.F.S.; au passage de l'expert, en novembre 1962, cette échelle était détachée de la tour en treillis métallique du limnigraphie qui lui servait de support; le limnigraphie n'était du reste pas en fonctionnement. En cas de remise en service, il faudrait remettre l'échelle de contrôle en place et procéder à un nouveau nivelingement.

Un deuxième limnigraphie, dit Gouina aval, a été installé en août 1950 par l'U.H.E.A. en rive droite, à l'aval des rapides succédant à la chute de Gouina (troisième bief). Le zéro de l'échelle de contrôle est à la cote 47,366 m I.G.N. soit 48,09 m M.E.F.S.

Le limnigraphie amont a été taré par l'U.H.E.A. de 1950 à 1952 au moyen de 60 jaugeages (tableau XXIII). La station de jaugeage était située à 1040 m en amont du limnigraphie, par mesure de sécurité à cause de la proximité des chutes. Une échelle auxiliaire était sans doute installée à la section de mesures, et on aurait établi une correspondance entre cette échelle et les indications du limnigraphie. En fait, il semble plus simple de lire directement les cotes indiquées sur les enregistrements du limnigraphie aux dates et heures des jaugeages. C'est du reste ce qui semble avoir été fait en pratique, ainsi qu'a pu le vérifier l'expert. Les cotes figurant sur le tableau XXIII se rapportent bien à l'échelle de contrôle du limnigraphie.

TABLEAU XIII

JAUGEAGES du SENEGAL à GOUINA

N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)	N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	30/10/50	333	1150	31	5/ 9/51	406	2060
2	2/11/50	314	995	32	6/ 9/ 51	410	2130
3	4/11/50	303	890	33	29/ 9/51	406	1830
4	6/11/50	294	830	34	3/10/51	520	3700
5	9/11/50	282	735	35	4/10/51	602	5080
6	13/11/50	264	605	36	17/10/51	411	2130
7	21/11/50	238	435	37	21/10/51	403	2015
8	5/12/50	206	310	38	28/10/51	436	2305
9	13/12/50	194	290	39	29/10/51	437	2280
10	11/ 1/51	163	140	40	31/10/51	379	1825
11	23/ 1/51	152	108	41	2/11/51	372	1610
12	22/ 2/51	129	57	42	11/11/51	355	1400
13	19/ 3/51	108	28	43	13/11/51	337	1210
14	15/ 7/51	252	510	44	15/11/51	328	1070
15	19/ 7/51	292	758	45	18/11/51	309	900
16	22/ 7/51	281	631	46	23/11/51	281	671
17	25/ 7/51	256	505	47	27/11/51	264	556
18	2/ 8/51	254	495	48	30/11/51	254	495
19	4/ 8/51	319	956	49	3/12/51	245	458
20	6/ 8/51	338	1185	50	8/12/51	233	421
21	9/ 8/51	363	1495	51	13/12/51	221	360
22	10/ 8/51	350	1265	52	20/12/51	211	314
23	14/ 8/51	364	1470	53	31/12/51	195	243
24	18/ 8/51	337	1195	54	21/ 1/52	175	185
25	20/ 8/51	385	1730	55	19/ 2/52	150	105
26	21/ 8/51	415	2160	56	24/ 3/52	121	52
27	23/ 8/51	379	1645	57	30/ 4/52	87	11
28	25/ 8/51	368	1495	58	24/ 5/52	68	6,5
29	30/ 8/51	360	1470	59	4/ 6/52	86	10
30	4/ 9/51	391	1865	60	24/ 6/52	120	51

La courbe de tarage se présente sous un jour favorable; on notera simplement que les débits les plus élevés (3700 et 5080 m³/s) ont été calculés à partir de mesures de surface. L'utilisation de la formule de Strickler pour l'extrapolation au-delà de 4,20 m confirme les chiffres obtenus.

Dans l'ensemble, la station de Gouina, avec ses multiples échelles plus ou moins bien observées, ne semble pas des meilleures pour l'étude du régime hydrologique en ce point du fleuve. Les hydrologues spécialistes qui se sont déjà penchés sur cette question sont de cet avis et préconisent d'utiliser plutôt la station de Galougo. Les apports intermédiaires, entre Galougo et Gouina, sont parfaitement négligeables.

- GALOUGO :

L'ancienne échelle a été posée en 1904. On connaît au moins un changement de zéro en 1929 et elle n'aurait pas subi de modifications de 1937 à 1951. On retrouve, dans les archives, des résultats de nivellements effectués en 1932 et 1938.

En 1932, ce qui semble être la division 4,65 m de l'échelle était coté 80,227 m dans le système S.H.O.N. Il faut, ici, retrancher 1,97 m pour avoir la cote M.E.F.S., soit 78,26 m et 73,61 m M.E.F.S. pour le zéro. Le même zéro a été trouvé en 1938. Mais on ne sait rien sur la valeur des graduations au-dessus et au-dessous de la cote 4,65 m. D'autre part, en 1951, un niveling U.H.E.A. donnait le zéro à 70,97 m M.E.F.S. Il paraît impossible qu'il y ait eu de telles variations de l'échelle et on peut se demander si les différents topographes parlaient le même langage.

Les relevés antérieurs à 1951 doivent donc faire l'objet d'une étude critique approfondie avant d'être utilisés. L'expert pense qu'il ne doit pas être impossible d'en revaloriser une bonne partie.

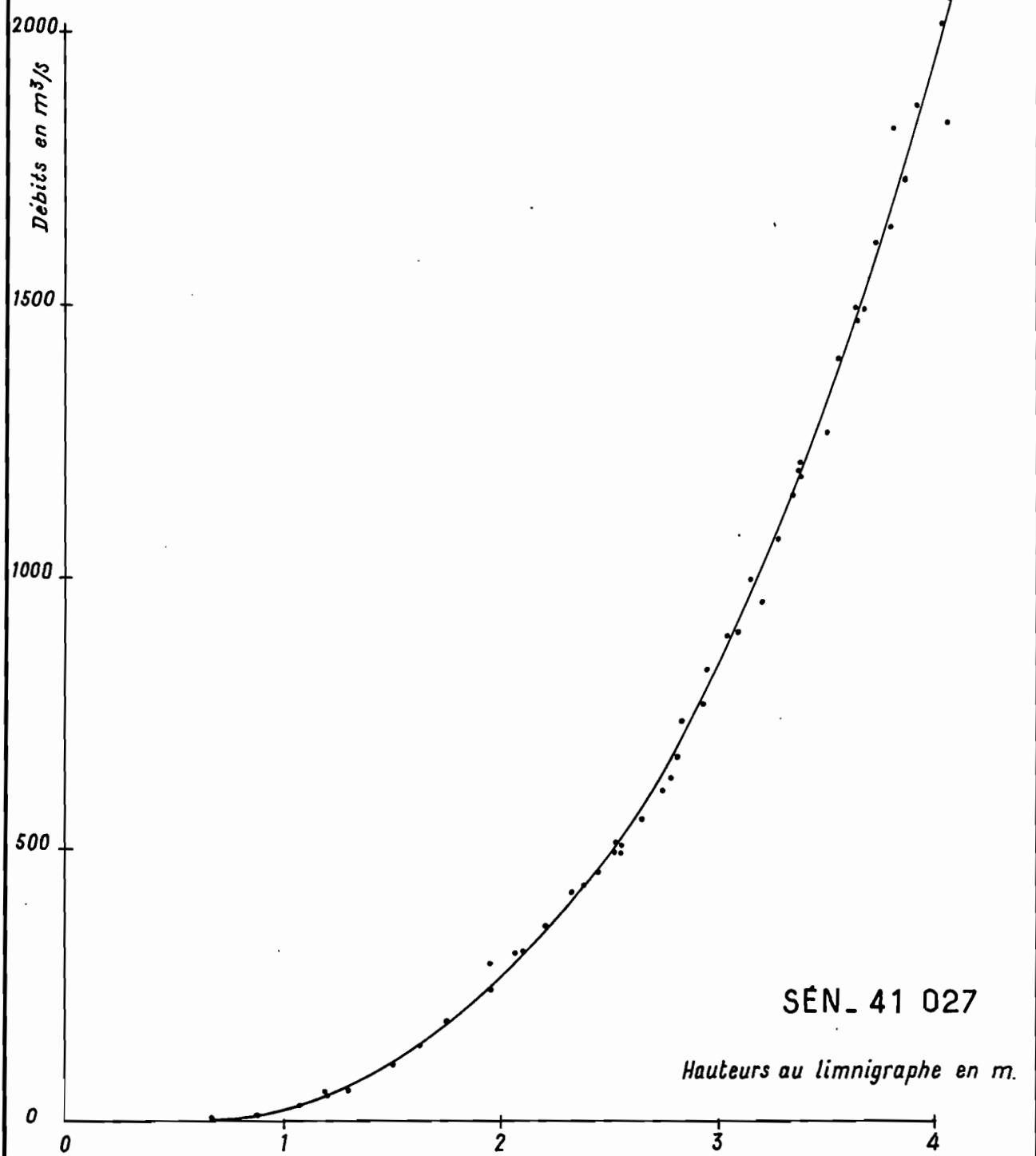
En Mai 1951, une échelle en lave émaillée a été installée par l'U.H.E.A. Elle a été suivie à peu près régulièrement. Son zéro est à la cote 69,236 I.G.N. (70,05 M.E.F.S.).

La corrélation entre les hauteurs à l'échelle U.H.E.A. et celles qui sont enregistrées par le limnigraphie de Gouina amont est excellente, ce qui a permis de déduire des jaugeages à Gouina une courbe de tarage de l'échelle de Galougo. Les relevés à Galougo depuis 1951 pouvant être considérés comme valables, il est naturel que l'on ait préféré se baser sur cette station pour l'étude du régime du fleuve à Gouina. Pour les relevés antérieurs à 1951, il sera sans doute plus facile

Gr. 25

LE SÉNÉGAL A GOUÏNA

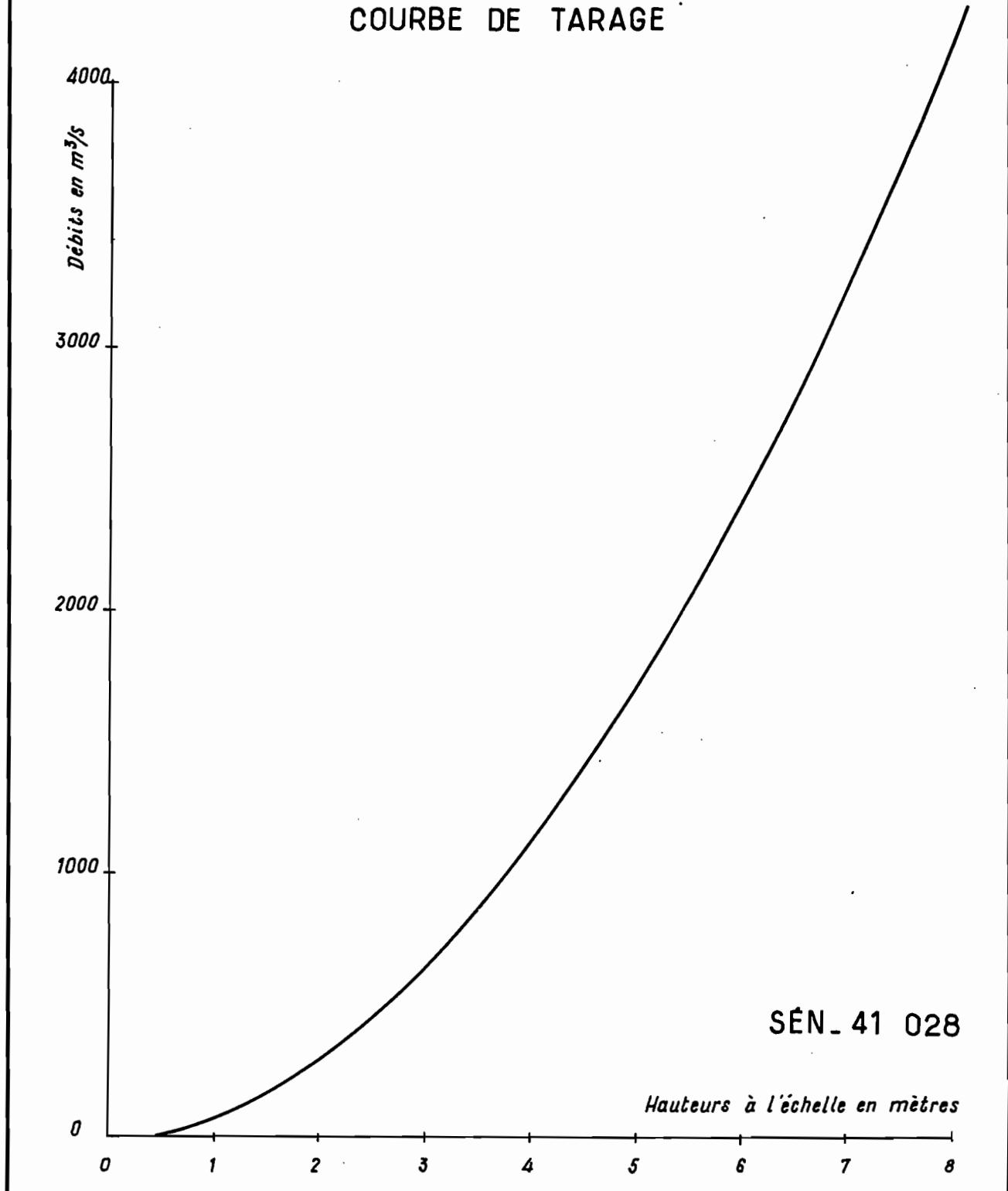
COURBE DE TARAGE



Gr. 26

LE SÉNÉGAL A GALOUGO

COURBE DE TARAGE



également d'exploiter ceux de Galougo que ceux de Gouina. Lorsqu'il existe des lacunes à Galougo, elles pourront être comblées par les relevés de Gouina s'ils existent.

Neuf jaugeages ont été faits à la station même de Galougo par l'U.H.E.A., mais il est signalé que le matériel était défectueux et on ne doit pas en tenir compte.

BAROULE :

L'échelle a été installée en 1902. La première indication que l'on trouve au sujet de son zéro date de 1932 : la cote est donnée dans le système S.H.O.N. : 92,23 m et correspondrait à 90,26 m M.E.F.S. En 1936, un nouveau niveling donnait : 90,20 m M.E.F.S. Ces chiffres restent à vérifier dans les carnets de niveling qui existent sans doute encore dans les archives de la M.A.S.

Le 1er juin 1952, une nouvelle échelle, en lave émaillée, a été mise en place par l'U.H.E.A. : son zéro, nivolé en 1955, est à la cote 88,83 m I.G.N. (89,70 m M.E.F.S.).

Aucun jaugeage n'a été effectué à cette station.

2. RIVANCHES-MERES et AFFLUENTS du SÉNÉGAL :

- Station de KIDJEA sur la FALEME :

La première échelle a été installée en 1930, probablement par le Chemin de Fer Dakar-Niger (D.N.). Elle était installée sur la première et la deuxième pile du pont du chemin de fer, côté aval. Son zéro était à la cote 21,71 m M.E.F.S. et non 20,71 m comme il est indiqué par erreur sur la plupart des documents. Il est possible que ce zéro ait varié au cours de l'exploitation de l'échelle mais il était déjà donné avec cette cote en 1936.

Une nouvelle échelle a été posée par l'U.H.E.A. en 1952, alors que les lectures sur l'ancienne échelle étaient interrompues depuis 1947, à 20 m environ à l'aval du pont (éléments en lave émaillée inclinés à 45 degrés). Son zéro est à la cote 19,605 m I.G.N. (20,50 m M.E.F.S.). Il est donc théoriquement possible de raccorder les deux échelles au niveling. On peut toutefois se demander si l'influence du remous des piles sur lesquelles était posée l'échelle ancienne n'a pas une influence sensible sur la correspondance, tout au moins pour les forts débits. C'est un problème qui peut être résolu facilement en replaçant une échelle provisoire

à l'emplacement de l'ancienne, parfaitement repéré sur des documents qui existent encore à la M.A.S. (1), et en faisant des lectures simultanées pendant la durée d'un hivernage.

Un limnigraphie Bär de durée de rotation 30 jours a été également installé par l'U.H.E.A. Son zéro est le même que celui de l'échelle en lave émaillée; son fonctionnement laisse à désirer.

La section de jaugeage utilisée par l'U.H.E.A. et la M.A.S. était située à 800 m environ à l'amont de l'échelle. 45 jaugeages ont été effectués par ces organismes de 1950 à 1954 et un jaugeage par l'ONSTOM en 1962 (Tableau XXIV). Les résultats sont très dispersés, surtout dans la partie moyenne de la courbe et il faut de toute évidence poursuivre le tarage avec des moyens appropriés. Tel qu'il est, le tarage actuel, appliqué aux relevés postérieurs à 1951, donne une idée des débits de la Falémé à Kidira.

(1) Note M.E.F.S. du 14 Août 1938.

TABLEAU XIV
JAUGEAGES de la FALÈME à KEDJIA

N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)	N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	8/10/50	537	654	24	22/ 9/52	713	1074
2	9/10/50	517	599	25	23/ 9/52	728	1107
3	25/10/50	368	354	26	23/ 9/52	762	1320
4	22/ 8/51	482	611	27	24/ 9/52	791	1336
5	23/ 8/51	582	799	28	25/ 9/52	718	905
6	29/ 9/51	394	377	29	26/ 9/52	865	1581
7	30/ 9/51	430	477	30	27/ 9/52	946	2085
8	14/10/51	775	1113	31	20/10/52	626	777
9	15/10/51	715	1008	32	18/11/52	209	198
10	16/10/51	682	1072	33	22/ 9/54	554	495
11	3/11/51	477	515	34	22/ 9/54	585	565
12	1/ 4/52	71	273	35	23/ 9/54	575	663
13	10/ 8/52	337	276	36	23/ 9/54	575	638
14	11/ 8/52	352	356	37	24/ 9/54	590	673
15	1/ 9/52	286	188	38	24/ 9/54	600	604
16	6/ 9/52	335	245	39	24/ 9/54	605	740
17	9/ 9/52	387	329	40	25/ 9/54	634	810
18	10/ 9/52	448	457	41	25/ 9/54	638	850
19	15/ 9/52	469	525	42	25/ 9/54	640	820
20	16/ 9/52	547	733	43	25/ 9/54	635	788
21	19/ 9/52	513	628	44	26/ 9/54	632	729
22	20/ 9/52	586	710	45	28/ 9/54	545	481
23	21/ 9/52	670	948	46	7/ 2/62	86	6,8

Station de Gourbassi sur la Falémé

Une première échelle en lave émaillée a été mise en service le 4 mars 1954 par la M.A.S. Elle est située en rive droite, 100 m environ à l'aval du limnigraphes et du campement de la M.A.S. Elle n'a pas été nivélée. Un limnigraphes a été installé à la même époque.

En mars 1957, une seconde échelle, destinée à remplacer la première, a été implantée en rive droite, au droit du campement de la M.A.S., quelques mètres à l'aval du limnigraphes, soit 100 m environ à l'amont du premier emplacement. Le zéro a été calé de manière à avoir la même cote (0,40 m) aux deux échelles le jour de l'installation de la seconde. On signale un décalage probable de 6 cm de l'élément du bas en avril 1959. L'échelle n'a pas été rattachée à un repère fixe.

La correspondance des deux échelles n'a pas été établie pour toute la gamme des hauteurs, comme il eût été souhaitable, au moment de la mise en service de la seconde échelle, les lectures à la première ayant été interrompues aussitôt. On peut toutefois penser, étant donné la régularité des profils en long et en travers, que la coïncidence des cotes est à peu près conservée pour tous les niveaux du plan d'eau.

Les limnigrammes peuvent être éventuellement utilisés pour combler les quelques lacunes existant dans les relevés d'échelles. Le calage de ces limnigrammes était fait d'après les lectures aux échelles.

La station est tarée par 130 jaugeages effectués par la M.A.S. en 1957. Le tarage est à peu près satisfaisant mais devra être poursuivi pour les très basses eaux (Tableau XXV).

Gr. 27

LA FALÉMÉ A KIDIRA

COURBE DE TARAGE

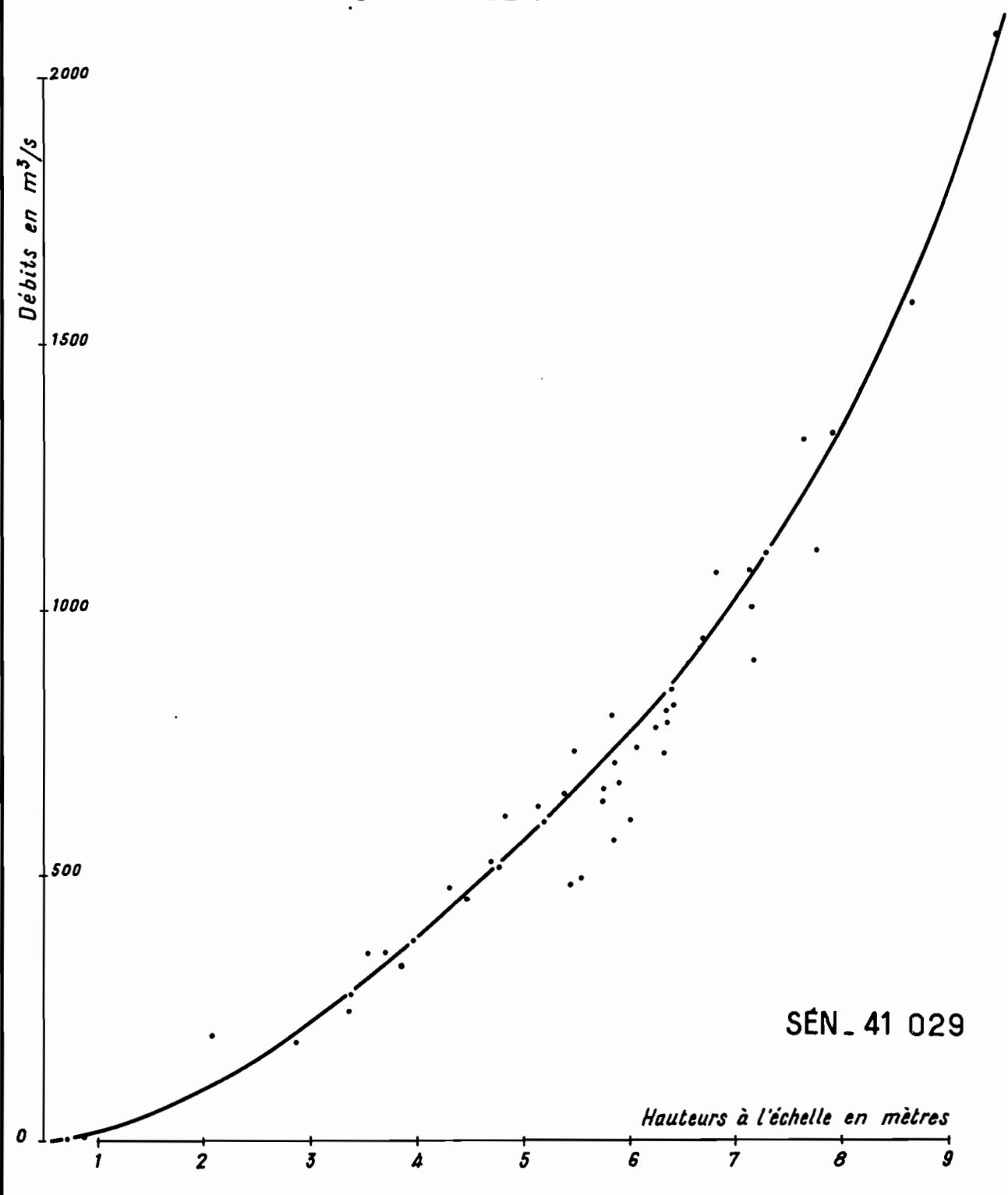


TABLEAU XXV

Jaugeages de la Falémé à Gourbassi

No	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)	No	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	18/ 6/57	174	98	31	13/ 7/57	215	147
2	18/ 6/57	191	131	32	13/ 7/57	210	152
3	19/ 6/57	216	160	33	14/ 7/57	230	169
4	19/ 6/57	210	156	34	14/ 7/57	220	148
5	19/ 6/57	200	134	35	15/ 7/57	194	113
6	20/ 6/57	192	111	36	15/ 7/57	185	103
7	20/ 6/57	190	108	37	17/ 7/57	184	110
8	21/ 6/57	169	92	38	17/ 7/57	180	106
9	21/ 6/57	167	36	39	18/ 7/57	175	105
10	22/ 6/57	150	71	40	18/ 7/57	175	100
11	22/ 6/57	145	71	41	21/ 7/57	266	221
12	24/ 6/57	139	47	42	21/ 7/57	274	240
13	25/ 6/57	131	49	43	21/ 7/57	280	220
14	26/ 6/57	131	51	44	21/ 7/57	284	208
15	27/ 6/57	130	46	45	22/ 7/57	225	150
16	28/ 6/57	118	42	46	22/ 7/57	215	148
17	29/ 6/57	108	26	47	31/ 7/57	265	228
18	2/ 7/57	90	22	48	31/ 7/57	265	225
19	3/ 7/57	108	35	49	1/ 8/57	257	211
20	5/ 7/57	166	95	50	1/ 8/57	250	189
21	5/ 7/57	170	103	51	2/ 8/57	289	278
22	6/ 7/57	175	100	52	2/ 8/57	290	275
23	7/ 7/57	192	124	53	3/ 8/57	323	340
24	8/ 7/57	179	104	54	3/ 8/57	327	332
25	10/ 7/57	230	179	55	4/ 8/57	370	459
26	10/ 7/57	235	185	56	4/ 8/57	377	470
27	11/ 7/57	253	197	57	4/ 8/57	383	497
28	11/ 7/57	245	192	58	4/ 8/57	391	525
29	12/ 7/57	225	153	59	4/ 8/57	405	545
30	12/ 7/57	220	158	60	4/ 8/57	410	557

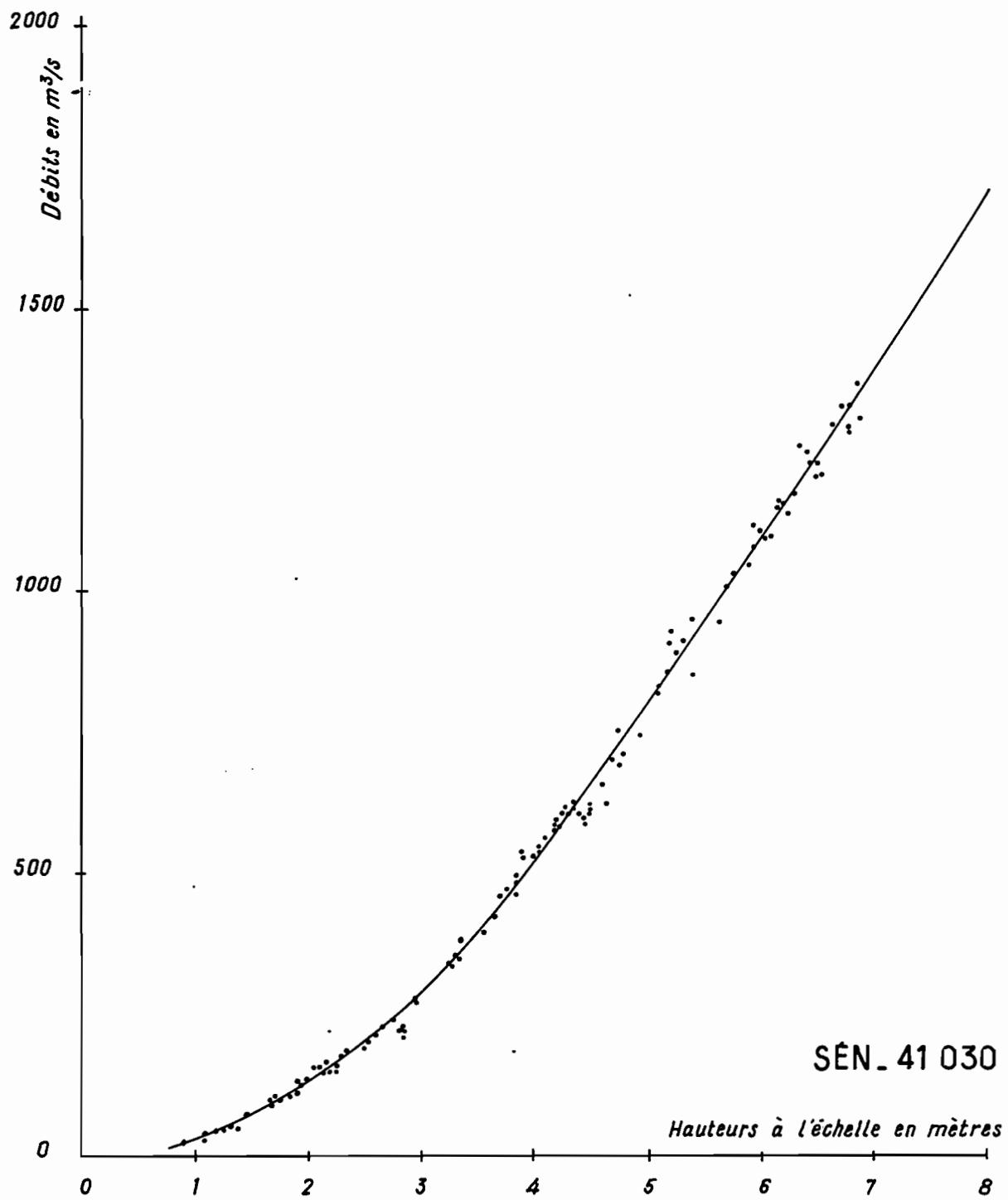
TABLEAU XXV

(Suite)

No	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)	No	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
61	5/ 8/57	430	600	96	20/ 8/57	525	890
62	5/ 8/57	435	612	97	21/ 8/57	521	925
63	6/ 8/57	441	585	98	21/ 8/57	520	905
64	6/ 8/57	441	597	99	22/ 8/57	533	855
65	7/ 8/57	450	610	100	24/ 8/57	495	742
66	7/ 8/57	452	620	101	28/ 8/57	384	483
67	8/ 8/57	420	583	102	2/ 9/57	373	450
68	8/ 8/57	428	617	103	3/ 9/57	390	534
69	9/ 8/57	436	622	104	3/ 9/57	400	527
70	10/ 8/57	420	595	105	4/ 9/57	420	577
71	12/ 8/57	336	380	106	4/ 9/57	425	602
72	13/ 8/57	388	535	107	4/ 9/57	440	603
73	13/ 8/57	403	532	108	5/ 9/57	475	690
74	13/ 8/57	420	592	109	5/ 9/57	479	711
75	14/ 8/57	460	655	110	6/ 9/57	450	603
76	14/ 8/57	463	619	111	11/ 9/57	594	1113
77	14/ 8/57	470	700	112	11/ 9/57	630	1170
78	14/ 8/57	473	750	113	12/ 9/57	610	1094
79	15/ 8/57	509	815	114	14/ 9/57	635	1255
80	15/ 8/57	512	831	115	14/ 9/57	641	1243
81	15/ 8/57	527	890	116	14/ 9/57	645	1224
82	15/ 8/57	532	910	117	14/ 9/57	651	1225
83	15/ 8/57	540	947	118	14/ 9/57	665	1293
84	16/ 8/57	600	1105	119	14/ 9/57	672	1325
85	16/ 8/57	605	1090	120	14/ 9/57	680	1327
86	17/ 8/57	625	1135	121	14/ 9/57	687	1366
87	17/ 8/57	620	1152	122	15/ 9/57	689	1301
88	17/ 8/57	618	1155	123	15/ 9/57	680	1290
89	17/ 8/57	615	1145	124	16/ 9/57	654	1200
90	18/ 8/57	594	1075	125	16/ 9/57	650	1199
91	18/ 8/57	590	1045	126	25/ 9/57	385	462
92	18/ 8/57	577	1030	127	26/ 9/57	365	420
93	19/ 8/57	570	1006	128	27/ 9/57	353	395
94	19/ 8/57	565	944	129	28/ 9/57	333	350
95	20/ 8/57	539	850	130	30/ 9/57	330	355

LA FALÉMÉ A GOURBASSI

COURBE DE TARAGE



Station de Fadougou sur la Falémé

Une première échelle avait été posée sur la rive gauche de la Falémé par la Société des Mines de la Falémé-Gambie, en 1945. Elle était rattachée à une borne située au droit de l'échelle sur la rive droite et cotée 123 m, on ne sait pas dans quel système. Le zéro, dans ce système, était à la cote 114,65 m. Les relevés antérieurs à 1952, relatifs à cette échelle, n'ont pas été retrouvés. Elle a été remise en service par Maurice, lors de son passage en 1952.

Le 14 avril 1954, une nouvelle échelle a été mise en service par la M.A.S. Son zéro est à la cote 119,03 m I.G.N. Elle est située sur la rive droite de la rivière, en face des anciennes installations de la Falémé-Gambie.

La nouvelle échelle est calée 23 cm plus haut que l'ancienne. Il suffirait donc, en principe, d'enlever 23 cm aux relevés anciens pour qu'ils correspondent à l'échelle actuelle, mais cela n'est pas confirmé par le jaugeage fait par Maurice le 30 janvier 1952, qui donnait 32,6 m³/s pour une cote de 0,41 m. Pour une cote de 0,19 m à la nouvelle échelle, correspondant à 0,41 m à l'ancienne, le débit donné par le barème actuel serait de 1,8 m³/s. On fera bien pour l'instant, de ne pas tenir compte des relevés antérieurs à 1954.

La station est tarée au moyen de 140 jaugeages effectués par la M.A.S. en 1956. Les résultats sont assez dispersés. De plus, un jaugeage d'étiage a été fait le 28 mars 1957 (Tableau XXVI).

TABLEAU XXVI

Jaugeages de la Falémé à Fadougou							
N°	Date	H. cm	Q. m ³ /s	N°	Date	H. cm	Q. m ³ /s
1	5/ 7/56	106	55	43	10/ 8/56	441	505
2	7/ 7/56	116	76	44	10/ 8/56	448	530
3	11/ 7/56	140	73	45	10/ 8/56	472	528
4	15/ 7/56	176	102	46	10/ 8/56	476	531
5	15/ 7/56	194	142	47	11/ 8/56	577	713
6	16/ 7/56	180	102	48	11/ 8/56	580	682
7	17/ 7/56	220	154	49	11/ 8/56	555	635
8	17/ 7/56	232	175	50	11/ 8/56	545	620
9	17/ 7/56	242	189	51	13/ 8/56	512	591
10	18/ 7/56	232	157	52	13/ 8/56	501	580
11	18/ 7/56	255	196	53	13/ 8/56	496	585
12	19/ 7/56	308	240	54	14/ 8/56	535	641
13	19/ 7/56	329	287	55	14/ 8/56	540	635
14	20/ 7/56	285	213	56	15/ 8/56	550	715
15	20/ 7/56	280	210	57	15/ 8/56	562	681
16	21/ 7/56	235	219	58	15/ 8/56	580	714
17	31/ 7/56	344	369	59	15/ 8/56	522	745
18	31/ 7/56	351	373	60	20/ 8/56	415	441
19	1/ 8/56	345	350	61	21/ 8/56	370	404
20	2/ 8/56	344	319	62	21/ 8/56	377	379
21	2/ 8/56	329	320	63	21/ 8/56	360	319
22	2/ 8/56	320	303	64	22/ 8/56	330	303
23	3/ 8/56	391	405	65	23/ 8/56	380	422
24	3/ 8/56	401	412	66	23/ 8/56	390	420
25	5/ 8/56	298	223	67	24/ 8/56	423	485
26	5/ 8/56	286	234	68	25/ 8/56	360	383
27	6/ 8/56	255	186	69	25/ 8/56	350	380
28	6/ 8/56	250	170	70	26/ 8/56	455	533
29	6/ 8/56	258	211	71	26/ 8/56	470	553
30	7/ 8/56	303	284	72	26/ 8/56	480	566
31	7/ 8/56	308	314	73	26/ 8/56	490	591
32	7/ 8/56	313	280	74	26/ 8/56	520	693
33	7/ 8/56	378	427	75	26/ 8/56	530	641
34	7/ 8/56	393	430	76	26/ 8/56	540	698
35	7/ 8/56	400	405	77	26/ 8/56	550	678
36	7/ 8/56	406	437	78	26/ 8/56	555	702
37	7/ 8/56	412	410	79	26/ 8/56	561	701
38	7/ 8/56	418	439	80	27/ 8/56	565	735
39	8/ 8/56	412	445	81	27/ 8/56	571	739
40	9/ 8/56	412	448	82	27/ 8/56	600	794
41	9/ 8/56	414	480	83	27/ 8/56	610	799
42	10/ 8/56	425	519	84	27/ 8/56	612	812

TABLEAU XXVI (suite)

Jaugeages de la Falémé à Fadougou (suite)							
N°	Date	H. cm	Q. m ³ /s	N°	Date	H. cm	Q. m ³ /s
85	27/ 8/56	624	837	113	12/ 9/56	640	863
86	27/ 8/56	636	831	114	12/ 9/56	630	796
87	28/ 8/56	620	832	115	12/ 9/56	620	755
88	28/ 8/56	630	856	116	13/ 9/56	550	699
89	28/ 8/56	670	957	117	16/ 9/56	267	205
90	28/ 8/56	680	925	118	20/ 9/56	236	152
91	28/ 8/56	681	1 065	119	22/ 9/56	230	145
92	28/ 8/56	690	1 010	120	27/ 9/56	202	126
93	29/ 8/56	730	1 060	121	28/ 9/56	198	131
94	29/ 8/56	725	1 035	122	29/ 9/56	193	116
95	29/ 8/56	723	1 050	123	30/ 9/56	192	114
96	29/ 8/56	700	925	124	31/ 9/56	189	108
97	30/ 8/56	690	941	125	1/11/56	188	101
98	30/ 8/56	690	986	126	2/11/56	184	103
99	31/ 8/56	676	955	127	2/11/56	182	95
100	31/ 8/56	671	888	128	4/11/56	180	106
101	1/ 9/56	691	1 000	129	5/11/56	178	98
102	1/ 9/56	698	1 005	130	5/11/56	172	90
103	1/ 9/56	710	1 025	131	6/11/56	170	88
104	1/ 9/56	715	978	132	6/11/56	169	86
105	1/ 9/56	721	1 060	133	8/11/56	172	94
106	2/ 9/56	758	1 175	134	12/11/56	163	81
107	2/ 9/56	755	1 085	135	15/11/56	160	90
108	2/ 9/56	750	1 050	136	19/11/56	148	70
109	10/ 9/56	660	868	137	20/11/56	145	69
110	10/ 9/56	670	956	138	24/11/56	137	60
111	11/ 9/56	692	1 015	139	26/11/56	135	74
112	11/ 9/56	692	980	140	28/11/56	132	60
				141	28/ 3/57	034	5

- Station de Mahina sur le Bafing

Une première échelle a été mise en service probablement en 1904. On signale un nivelllement du zéro effectué par la M.E.F.S. en 1936 : cote à 90,965 M.E.F.S. Ce zéro était le même en 1952.

L'échelle était constituée par une règle en bois fixée sur la cinquième pile du pont du D.N., côté aval. Il n'est pas impossible que le zéro se soit conservé au cours de l'exploitation mais, de toute façon, il est indispensable de procéder à une enquête, au moins pour les relevés antérieurs à 1936.

Une seconde échelle a été installée par la M.A.S. en 1954. Elle est située en rive gauche, un peu en amont du pont. Son zéro est à la cote 90,017 m I.G.N. (90,372 M.E.F.S.), soit 60 cm environ plus bas que celui de l'échelle ancienne. Comme pour Kidira, il se peut qu'il y ait eu influence du remous de la pile sur les lectures anciennes; c'est un point qui resterait à contrôler de la même manière que pour Kidira.

Dix-neuf jaugeages ont été effectués par l'U.H.E.A. en 1951. Ils avaient été rapportés, on ne sait pas trop pourquoi, aux lectures du limnigraphie de Déguétré; on trouvait ainsi que les résultats étaient très dispersés et on mettait cela sur le compte de l'influence du remous du Bakoy dont le confluent se situe 7 km en aval de la station. L'expert a pris soin de rechercher les cotes lues à l'ancienne échelle, seule existante en 1951, pour les dates correspondant à l'exécution des mesures. Les débits mesurés avec les cotes correspondantes de l'ancienne échelle, qu'on appellera cotes à l'échelle M.E.F.S., sont portés sur le tableau XXVII. La courbe de tarage ainsi obtenue est une des meilleures qui puisse être tracée pour l'ensemble du bassin : à part un point aberrant (jaugeage n° 3) et un débit s'écartant de 10 % de la courbe (jaugeage n° 4), la dispersion des résultats est très faible : non seulement rien n'indique une influence du remous du Bakoy, mais la section choisie est particulièrement favorable aux mesures de débit.

Gr. 29

LA FALEMÉ A FADOUGOU

COURBE DE TARAGE

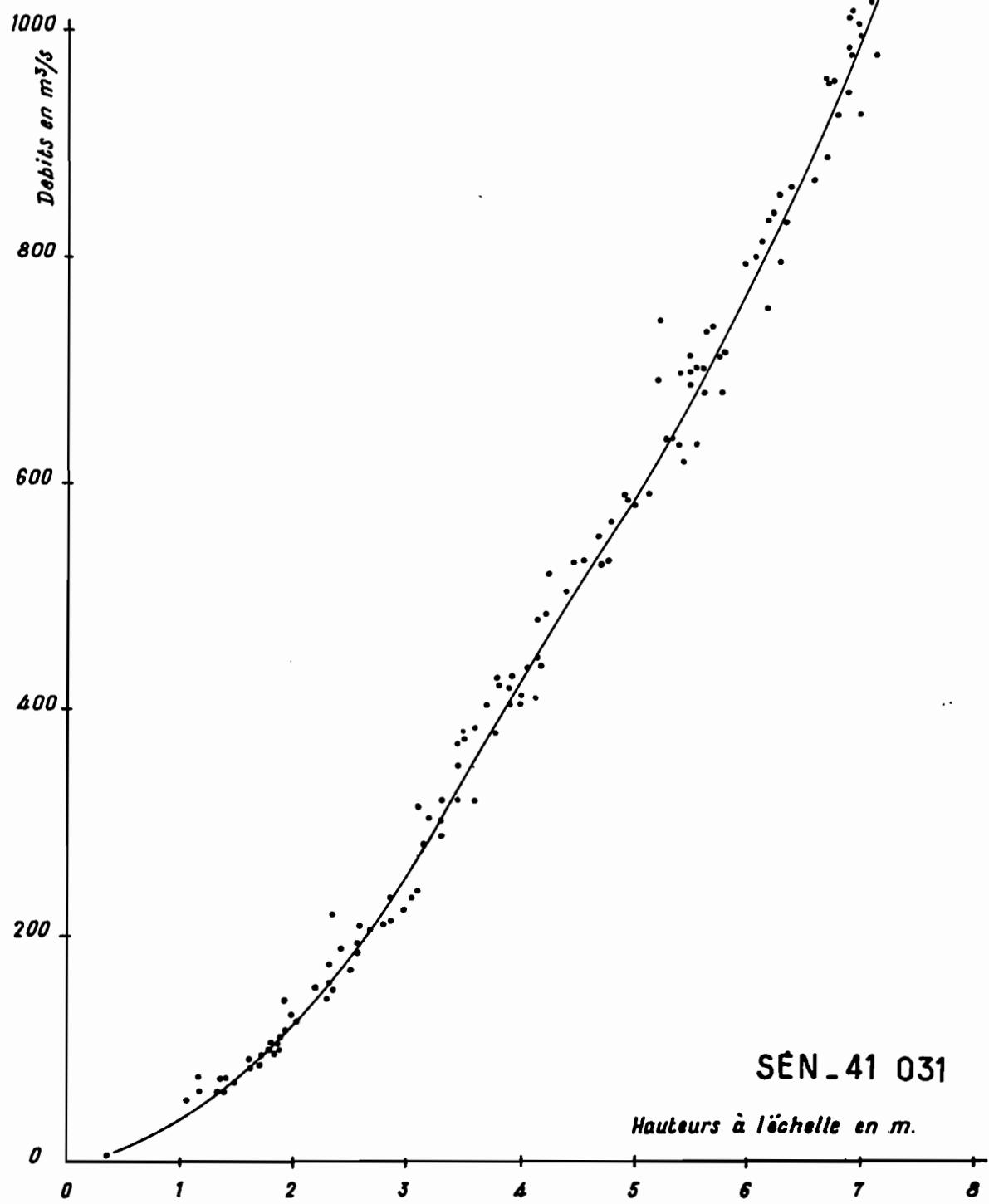


TABLEAU XXVII

Jaugeages du Bafing à Mahina
(Hauteurs à l'échelle M.E.F.S.)

N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)	N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	26/ 7/51	100	502	11	8/10/51	285	2238
2	29/ 7/51	90	415	12	10/10/51	260	1936
3	3/ 8/51	160	598	13	26/10/51	230	1638
4	4/ 9/51	212	1316	14	29/10/51	240	1756
5	7/ 9/51	240	1715	15	9/11/51	210	1451
6	22/ 9/51	215	1509	16	14/11/51	160	941
7	1/10/51	250	1838	17	22/11/51	120	613
8	3/10/51	385	3580	18	29/11/51	100	457
9	5/10/51	417	4150	19	15/12/51	65	266
10	7/10/51	320	2580				

- Station de Déguéré sur le Bafing

Un limnigraphie a été installé par l'U.H.E.A. le 2 juin 1951. Le zéro de l'échelle de contrôle est à la cote 93,93 m I.G.N. (94,84 m M.E.F.S.).

Les enregistrements sont plutôt sporadiques, mais il existe quelques années complètes.

Aucun jaugeage n'a été fait à cette station.

- Station de Dibia sur le Bafing

Un limnigraphie Bär et une échelle lue à peu près régulièrement par un observateur ont été installés par la M.A.S. en 1956, à l'aval du Bafing Ko.

Le zéro n'a pas été rattaché.

Aucun jaugeage n'a été fait à cette station.

- Station de Makana sur le Bafing

Une échelle a été installée en 1954 et les lectures ont débuté en juillet 1955.

Le zéro n'a pas été rattaché.

Aucun jaugeage n'a été fait à cette station.

- Station de Dakka-Saïdou sur le Bafing

Une première échelle a été installée le 5 février 1952.

Une seconde échelle a été mise en service le 1er mars 1954. Son zéro est à la cote 307,421 m I.G.N., soit à - 5,338 m par rapport au repère I.G.N. de Dakka-Saïdou.

L'échelle de 1952 était calée 34 cm plus haut que celle de 1954.

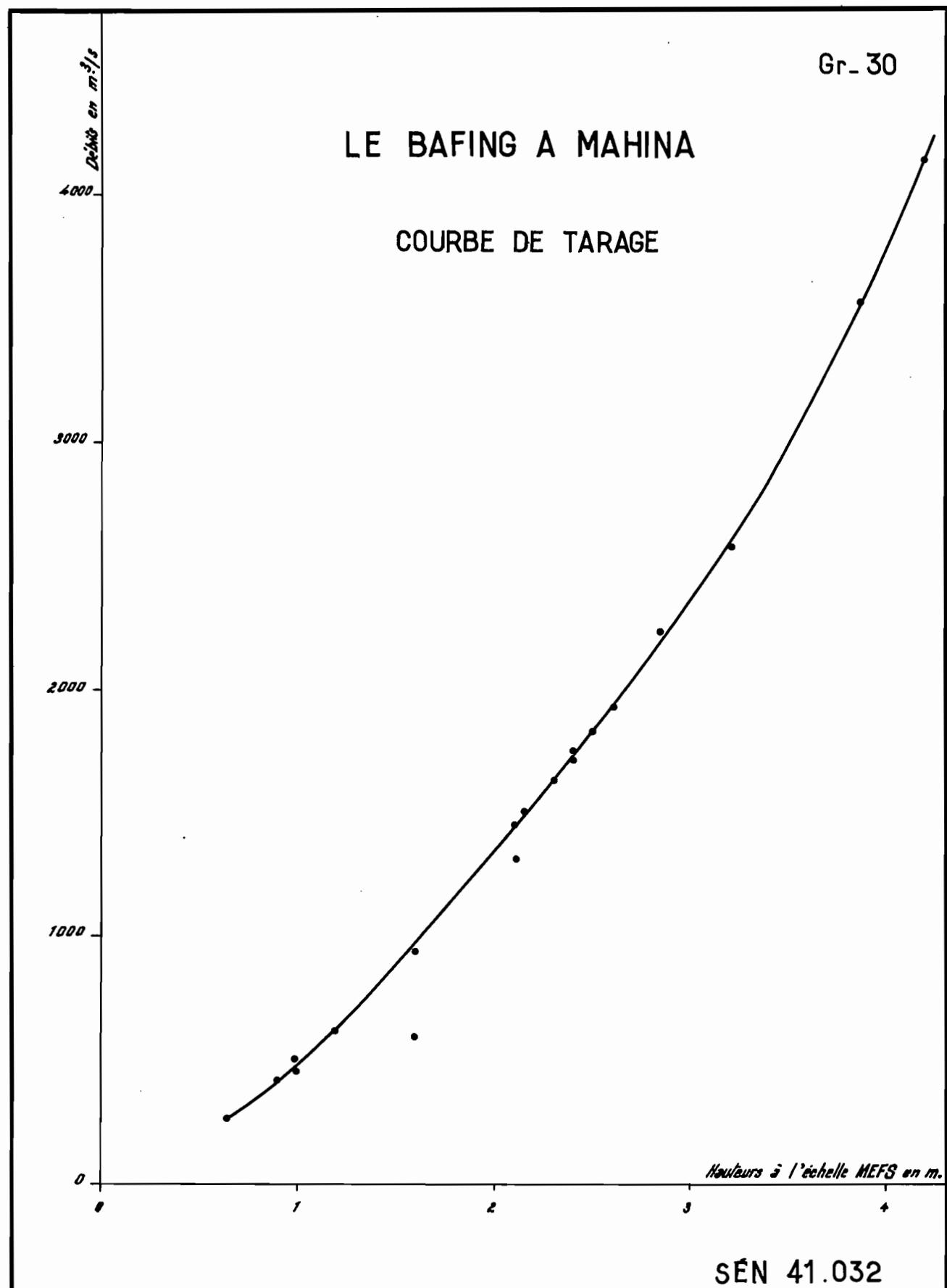
En 1955, la station a été complétée par l'installation d'un limnigraphie.

En 1955 également, la M.A.S. a effectué 36 jaugeages qui donneraient une courbe de tarage acceptable malgré une certaine dispersion des résultats pour les mesures de moyennes eaux. On peut toutefois craindre des erreurs systématiques pour ces jaugeages car il est signalé que le moulinet utilisé n'était pas en parfait état.

Gr. 30

LE BAFING A MAHINA

COURBE DE TARAGE



SEN 41.032

TABLEAU XXVIII

JAUGEAGES DU BAFING A DAKKA-SAÏDOU

No	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)	No	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	27/ 4/55	70	34,6	19	3/ 9/55	420	994
2	29/ 4/55	73	43,5	20	5/ 9/55	398	831
3	2/ 5/55	72	36,0	21	11/ 9/55	451	965
4	25/ 7/55	280	455	22	12/ 9/55	453	946
5	27/ 7/55	348	646	23	15/ 9/55	416	856
6	28/ 7/55	478	1098	24	10/10/55	391	797
7	29/ 7/55	651	2117	25	15/10/55	330	653
8	2/ 8/55	602	1570	26	16/10/55	321	666
9	3/ 8/55	584	1602	27	18/10/55	305	527
10	6/ 8/55	553	1378	28	26/10/55	290	489
11	8/ 8/55	448	1024	29	2/11/55	285	469
12	9/ 8/55	422	931	30	8/11/55	264	427
13	10/ 8/55	403	838	31	10/11/55	250	394
14	18/ 8/55	507	1161	32	12/11/55	234	367
15	23/ 8/55	475	1089	33	14/11/55	220	318
16	25/ 8/55	488	1112	34	17/11/55	203	279
17	27/ 8/55	463	1028	35	20/11/55	190	250
18	2/ 9/55	444	957	36	26/11/55	171	221

- Station de Falabori sur le Bafing

C'est la seule station guinéenne qui ait jamais existé dans le bassin du Sénégal. Elle a été installée en 1955 et on possède des relevés pour 1955 et 1956. Il est probable qu'elle a été abandonnée par la suite.

Le zéro n'a pas été nivéié, ni rattaché à un repère fixe. Aucun jaugeage n'a été effectué.

- Station de Kalé sur le Bakoy

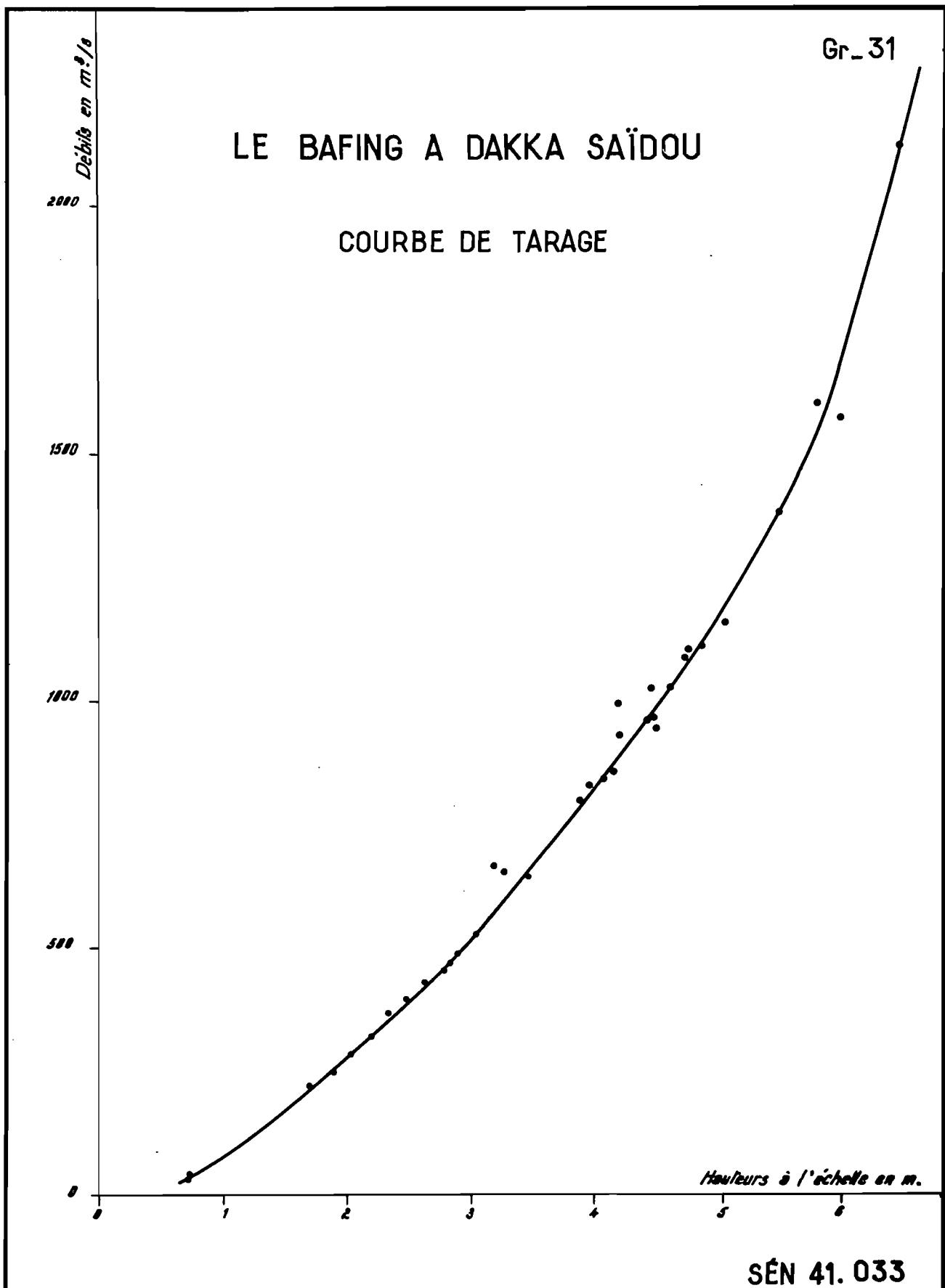
Un limnigraph a été installé en amont des gorges de Kalé en 1951. La cote du zéro de l'échelle de contrôle est de 101,902 m I.G.N., soit 102,86 m M.E.F.S.

La section de jaugeage utilisée par l'U.H.E.A. est située 18 km à l'aval de Kalé, 6 km à l'amont du confluent du Bafing. 34 jaugeages ont été effectués en 1951 par cette société. Les résultats sont assez dispersés et l'étalonnage doit être poursuivi pour les hautes eaux et les très basses eaux.

TABLEAU XXIX

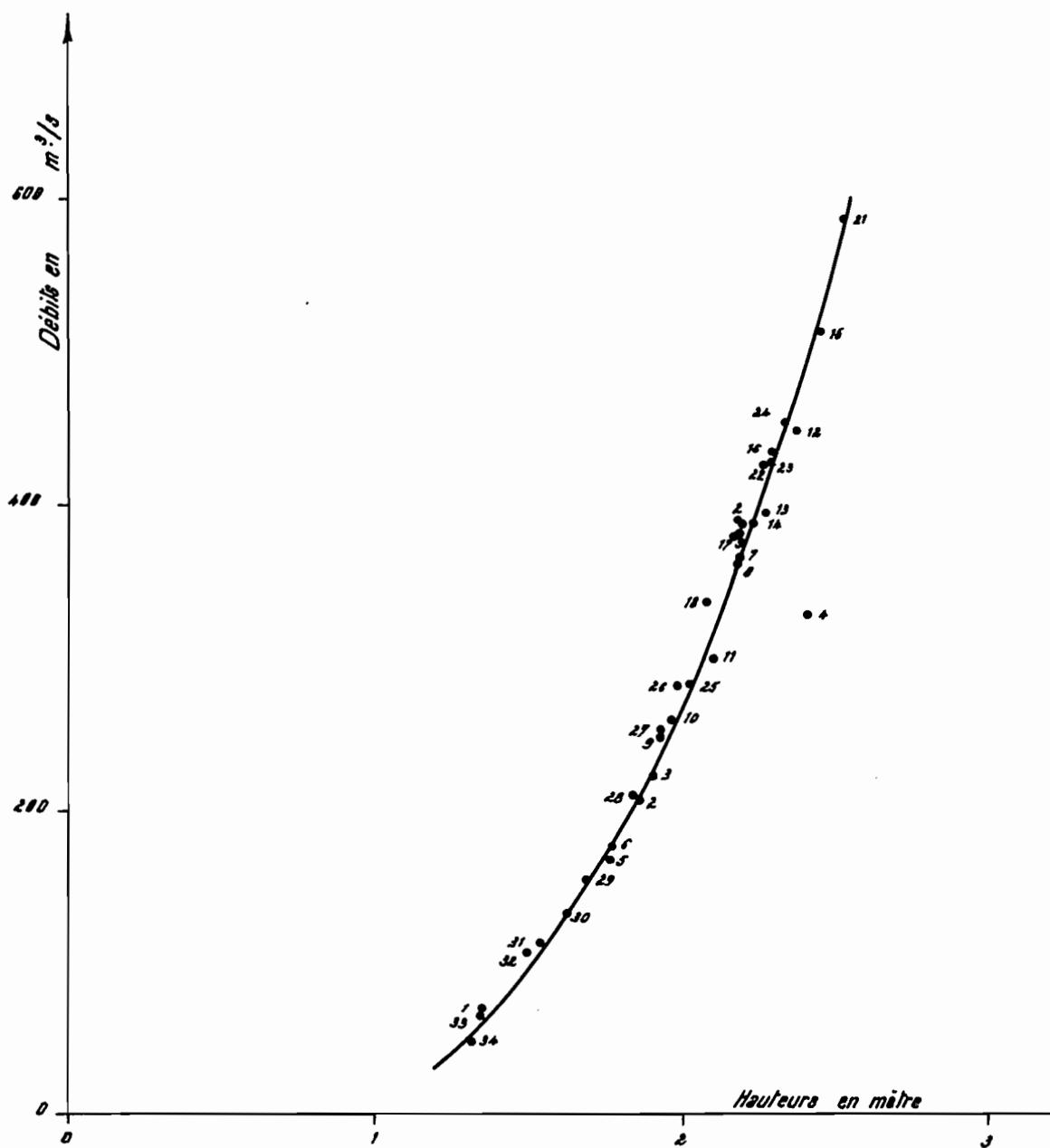
JAUGEAGES DU BAKOY A KALE

N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)	N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	1/8/51	134	69	18	27/ 9/51	207	338
2	6/8/51	185	207	19	29/ 9/51	218	383
3	9/8/51	190	225	20	30/ 9/51	218	389
4	10/8/51	240	332	21	2/10/51	252	590
5	15/8/51	176	169	22	9/10/51	224	428
6	17/8/51	177	178	23	11/10/51	228	430
7	21/8/51	218	366	24	15/10/51	233	456
8	22/8/51	218	362	25	6/11/51	201	282
9	24/8/51	192	249	26	8/11/51	198	283
10	25/8/51	196	261	27	10/11/51	193	254
11	30/8/51	210	302	28	16/11/51	183	209
12	6/9/51	236	450	29	21/11/51	168	157
13	13/9/51	226	397	30	24/11/51	161	133
14	14/9/51	222	390	31	28/11/51	153	114
15	20/9/51	244	515	32	30/11/51	149	107
16	21/9/51	229	437	33	10/12/51	133	64
17	23/9/51	216	382	34	16/12/51	130	49



LE BAKOY A KALÉ

COURBE DE TARAGE



SÉN 41 034

- Station de Dioubéba sur le Bakoy

Une échelle avait été installée en 1904. Elle a été lue de 1904 à 1946 (relevés existants à la M.A.S.). Aucun jaugeage n'a été effectué à cette station et le zéro de l'échelle n'a jamais été rattaché à un repère fixe.

- Station de Qualia sur le Bakoy

Une échelle en lave émaillée a été installée en 1954. Son zéro est à la cote 108,12 m I.G.H.

La station est étalonnée par 62 jaugeages effectués par la M.A.S. en 1954 et 1956. A part quelques points aberrants, dont le jaugeage 33 du 1er septembre 1956, la dispersion des points de mesure reste dans des limites raisonnables.

TABLEAU XXX

JAUGEAGES DU BAKOY A QUALIA

N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)	N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	16/10/54	331	310	11	28/10/54	258	205
2	18/10/54	319	285	12	29/10/54	251	194
3	19/10/54	312	278	13	8/11/54	217	139
4	20/10/54	303	212	14	10/11/54	211	127
5	20/10/54	305	244	15	15/11/54	193	105
6	21/10/54	299	243	16	10/ 8/56	262	218
7	22/10/54	292	262	17	11/ 8/56	253	210
8	23/10/54	287	235	18	12/ 8/56	260	222
9	25/10/54	274	216	19	13/ 8/56	345	377
10	26/10/54	270	208	20	14/ 8/56	371	439

TABLEAU XXX

(Suite)

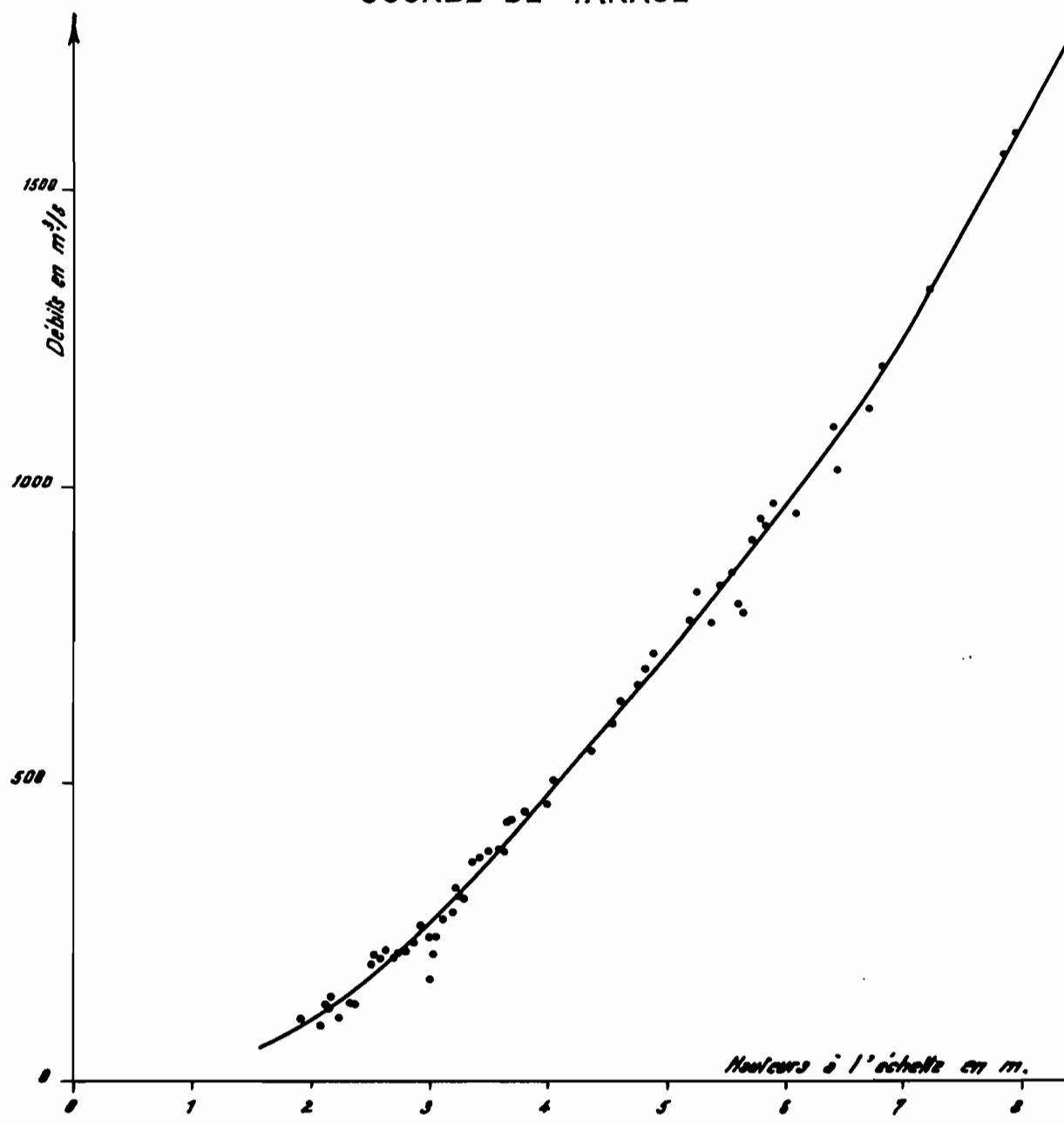
N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)	N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
21	14/ 8/56	399	470	42	27/ 9/56	572	911
22	16/ 8/56	456	597	43	28/ 9/56	554	854
23	18/ 8/56	364	389	44	28/ 9/56	545	834
24	18/ 8/56	358	387	45	29/ 9/56	525	824
25	19/ 8/56	438	552	46	30/ 9/56	518	775
26	20/ 8/56	350	386	47	4/10/56	490	718
27	23/ 8/56	561	803	48	14/10/56	482	692
28	26/ 8/56	565	785	49	14/10/56	476	667
29	28/ 8/56	538	771	50	15/10/56	462	638
30	29/ 8/56	610	954	51	18/10/56	405	503
31	30/ 8/56	646	1027	52	19/10/56	382	455
32	31/ 8/56	723	1330	53	20/10/56	368	435
33	1/ 9/56	992	1696	54	22/10/56	335	372
34	2/ 9/56	796	1592	55	23/10/56	328	312
35	3/ 9/56	672	1130	56	24/10/56	321	325
36	7/ 9/56	784	1561	57	26/10/56	298	167 ?
37	9/ 9/56	686	1203	58	3/11/56	238	131
38	11/ 9/56	642	1100	59	4/11/56	233	133
39	15/ 9/56	585	936	60	5/11/56	226	104
40	19/ 9/56	591	973	61	9/11/56	214	121
41	23/ 9/56	580	947	62	10/11/56	208	96

- Station de Toukoto sur le Bakoy

Une ancienne échelle a été installée en 1904. Son zéro aurait été à la cote 161,81 m I.G.N., mais il est probable que sa position a varié au cours de l'exploitation. Il serait nécessaire d'entreprendre une étude critique des relevés.

LE BAFING A OUALIA

COURBE DE TARAGE



SÉN 41 035

L'échelle actuelle fonctionne depuis 1954. Son zéro est à la cote 160,300 m I.G.N.

28 jaugeages ont été effectués par la M.A.S. en 1955. Les résultats sont très dispersés et l'etalonnage serait à reprendre.

TABLEAU XXXI

JAUGEAGES DU BAKOY A TOUKOTO

N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)	N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	1/ 9/55	185	405	15	17/ 9/55	219	382
2	2/ 9/55	198	456	16	18/ 9/55	210	363
3	3/ 9/55	193	423	17	19/ 9/55	190	356
4	4/ 9/55	195	366	18	20/ 9/55	178	343
5	5/ 9/55	188	334	19	21/ 9/55	180	367
6	6/ 9/55	192	349	20	22/ 9/55	183	384
7	7/ 9/55	185	319	21	23/ 9/55	190	375
8	8/ 9/55	190	462	22	24/ 9/55	170	332
9	9/ 9/55	193	427	23	5/10/55	162	354
10	11/ 9/55	215	590	24	12/10/55	142	256
11	12/ 9/55	223	530	25	26/10/55	119	149
12	13/ 9/55	221	542	26	12/11/55	100	84 ?
13	15/ 9/55	218	488	27	6/12/55	82	45
14	16/ 9/55	210	413	28	20/12/55	74	39

- Station de Djismoko sur le Bakoy

Cette station a été exploitée par la M.E.F.S. qui y a effectué 150 jaugeages. Il ne subsiste rien des relevés qui, du reste, ont dû être poursuivis durant une très courte période.

- Station de Siramakana sur le Baoulé

Une échelle a été installée par la M.A.S. en 1954. Les relevés ont été interrompus le 28 janvier 1959, mais cette station serait à reprendre. Le zéro de l'échelle 1954 est à la cote 157,03 m I.G.N.

Aucun jaugeage n'a été effectué à cette station.

- Station de Faréna sur le Baoulé

L'échelle, posée par la M.E.F.S. à une date inconnue, est actuellement abandonnée. Son zéro était donné à 193,46 m.M.E.F.S. (1937). Des relevés, il ne semble avoir subsisté qu'une courbe des hauteurs pour l'année 1938 et les hauteurs qui figurent, en 1937, en face des jaugeages M.E.F.S. Il est possible, cependant, qu'il existe d'autres renseignements dans les archives.

Faréna clôt la liste des postes d'observations hydrologiques qui existent ou ont existé dans la partie réellement active du bassin du Sénégal. Il existe d'autres stations établies à titre définitif ou temporaire pour des études particulières ou sur des branches du réseau hydrographique tout à fait secondaires pour le régime du fleuve. On en parlera ultérieurement.

On a rassemblé sur le tableau XXXII les principales indications concernant les stations citées, ainsi que les surfaces des bassins versants contrôlés par elles. On a déjà signalé la difficulté qu'on rencontre à définir le contour du bassin dans les zones sahéliennes et subdésertiques où l'aréisme et l'endoréisme rendent illusoire la prise en compte de la limite topographique. Il ne faut donc pas s'étonner de trouver parfois des valeurs de superficies très différentes suivant l'auteur qui les a adoptées.

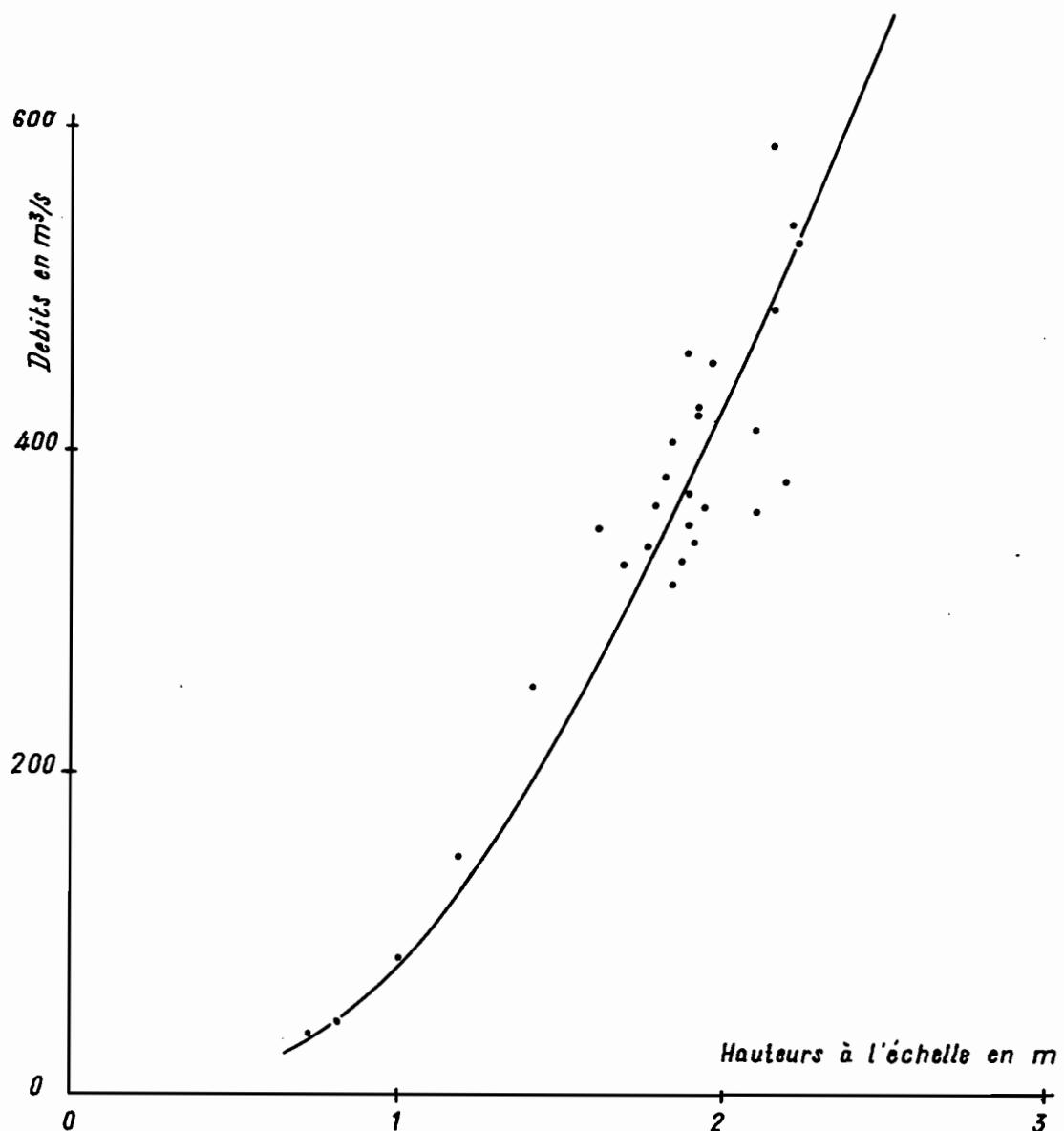
Enfin, sur le tableau XXXIII, on a fait la récapitulation des relevés existant aux différentes stations limnimétriques. Cette liste ne comprend pas les limnigraphes dont les enregistrements ne sont pas, en général, dépouillés et pour lesquels un recensement des documents existants n'a pas encore été fait. Un trait complet en face d'une année déterminée indique que les relevés à la station sont complets ou tout au moins suffisants pour être utilisables. Un trait incomplet signifie que les relevés sont incomplets au point d'être pratiquement inutilisables, par exemple s'il manque plusieurs mois de hautes eaux.

La carte II donne la situation des différentes stations.

Gr_34

LE BAKOY A TOUKOTO

COURBE DE TARAGE



SEN_41 036

TABLEAU XXXII

Réseau actif du SÉNÉGAL

Liste des stations hydrométriques existant ou ayant existé

J : station de jaugeages

Cours d'eau	Station	Surface du bassin versant km ²	Composition de la station (actuelle pour les stations encore en service)	Cote du zéro de l'échelle ou du limnigraphes act. en service ou le dernier en service
Sénégal	Saint-Louis		Marégraphe du Pont Faidherbe Marégraphe de Gondiol	- 0,455 m I.G.N.
Sénégal	Rosso		Echelle J	- 0,227 m I.G.N.
Sénégal	Richard Toll		Echelle	- 0,40 m I.G.N.
Lac de Guiers			Limnigraph	- 0,48 m I.G.N.
Lac R'Kiz			Limnigraph	- 0,455 m I.G.N.
Sénégal	Dagana	282 700	Echelle J	- 0,44 m I.G.N.
Sénégal	Podor	280 200	Echelle J	- 0,44 m I.G.N.
Sénégal	Sérépoli		Limnigraph	- 0,21 m M.E.F.
Sénégal	Boghé	277 200	Echelle J	- 0,57 m I.G.N.
Sénégal	Diouldé-Diabé	274 200	Limnigraph J	- 0,41 m I.G.N.
Sénégal	Saldé		Echelle J	1,32 m I.G.N.
Doué	Guédé		Echelle J	- 0,63 m I.G.N.
Doué	Madina		Limnigraph J	- 0,50 m I.G.N.
Doué	N'Goui		Echelle J	- 0,45 m I.G.N.
Sénégal	Diorbivol		Echelle	2,14 m I.G.N.
Sénégal	Kaédi	267 400	Echelle J	3,85 m I.G.N.
Sénégal	N'Guiglione	246 800	Limnigraph J	4,07 m I.G.N.
Sénégal	Matam	244 300	Echelle J	6,32 m I.G.N.
Sénégal	Ouaoundé	236 600	Limnigraph Echelle J	8,48 m I.G.N. 8,48 m I.G.N.
Sénégal	Bakel	232 200	Echelle J	11,16 m I.G.N.
Sénégal	Koungani		Limnigraph	11,61 m I.G.N.
Sénégal	Segala	200 700	Limnigraph	
Sénégal	Ambibedi	170 700	Echelle Limnigraph	

TABLEAU XXXII (suite)

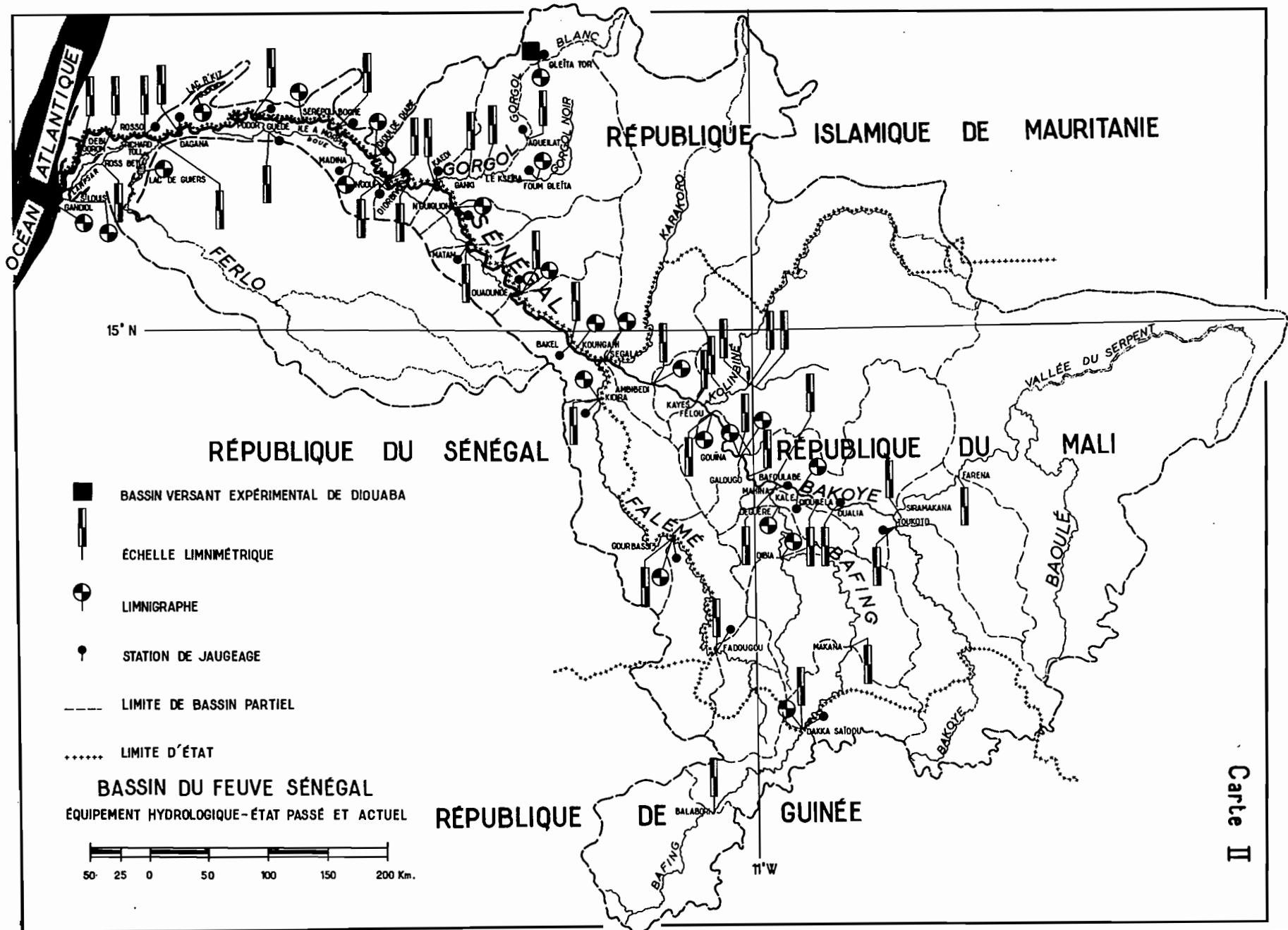
Cours d'eau	Station	Surface du bassin versant km ²	Composition de la station (actuelle pour les stations encore en service)	Côte du zéro de l'échelle du limnigraphie act. en service où le dernier en service
Sénégal	Kayes	168 900	Echelle	20,275 m I.G.N.
Sénégal	Félou	129 900	Limnigraphie	39,054 m I.G.N.
			Echelle	23,513 m I.G.N.
Sénégal	Gouïna	127 000	Limnig. amort J	62,630 m I.G.N.
			Echelle princip.	47,677 m I.G.N.
			Limnig. aval	47,366 m I.G.N.
Sénégal	Galougo	126 900	Echelle	69,236 m I.G.N.
Sénégal	Bafoulabé	123 800	Echelle	88,83 m I.G.N.
Falémé	Kidira	28 200	Echelle J	19,605 m I.G.N.
			Limnigraphie	19,605 m I.G.N.
Falémé	Gourbassi	15 800	Echelle J	
			Limnigraphie	
Falémé	Fadougou	5 700	Echelle J	119,03 m I.G.N.
Bafing	Mahina	37 800	Echelle J	90,017 m I.G.N.
Bafing	Déguéré	35 800	Limnigraphie	93,93 m I.G.N.
Bafing	Dibia	33 000	Limnigraphie	
Bafing	Makana	21 700	Echelle	
Bafing	Dakka Saïdou	15 500	Echelle J	307,421 m I.G.N.
			Limnigraphie	
Bafing	Balabori	11 400	Echelle	
Bakoy	Kalé	85 400	Limnigraphie J	101,902 m I.G.N.
Bakoy	Dioubéba		Echelle	
Bakoy	Oualia	84 400	Echelle J	108,12 m I.G.N.
Bakoy	Toukoto	16 000	Echelle J	160,300 m I.G.N.
Bakoy	Djismoko		Echelle J	
Baoulé	Siramakana	58 400	Echelle	157,03 m I.G.N.
Baoulé	Faréna	50 000	Echelle	193,46 m M.E.F.S.

Tableau XXXIII

**Liste des relevés existants jusqu'en 1961 aux différentes échelles
du SÉNÉGAL et de ses affluents.**

St Louis	1901	
Rosso	1902	
Richard Toll	1903	
Dagana	1904	
Podor	1905	
Boghé	1906	
Saldé	1907	
Guédé	1908	
N'Goui	1909	
Diorbivol	1910	
Kaédi	1911	
Matam	1912	
Ouaoundé	1913	
Bakel	1914	
Ambibédi	1915	
Kayes	1916	
Felou aval	1917	
Gouïna	1918	
Galougo	1919	
Bafoulabé	1920	
Kidira	1921	
Gourbassi	1922	
Fadougou	1923	
Mahina	1924	
Dibia	1925	
Makana	1926	
Dakka Saïdou	1927	
Balabori	1928	
Dioubéba	1929	
Oualia	1930	
Toukoto	1931	
Siramakana	1932	
	1933	
	1934	
	1935	
	1936	
	1937	
	1938	
	1939	
	1940	
	1941	
	1942	
	1943	
	1944	
	1945	
	1946	
	1947	
	1948	
	1949	
	1950	
	1951	
	1952	
	1953	
	1954	
	1955	
	1956	
	1957	
	1958	
	1959	
	1960	

— Relevés très incomplets



Carte II

CHAPITRE IV

APERCU SUR LE REGIME DU SENEGAL

Bakel est considéré comme la station-clef pour l'étude du régime du bassin du Sénégal. On comprend parfaitement ce choix qui s'est imposé avec une telle évidence que nul n'a songé à le contester. A Bakel, la presque totalité des apports qui transiteront jusqu'à Saint-Louis se sont déjà déversés dans le lit du fleuve. De plus, les crues n'ont pas été encore déformées par un lit compliqué dans lequel les zones d'épandage amortissent considérablement les débits de pointe et consomment, par évaporation, une partie importante des apports. A l'amont de Bakel, l'évolution des débits est véritablement un problème hydrologique; à l'aval de Bakel, elle procède davantage de l'hydraulique fluviale. 1/ Enfin, Bakel est la dernière station, vers l'aval, à laquelle on puisse mesurer effectivement les débits totaux de la vallée sans mettre en oeuvre des procédés particuliers toujours onéreux et compliqués; l'inondation y est pratiquement inexistante, la loi hauteurs-débits peut y être considérée comme univoque.

Juste avant la zone deltaïque, la station de Dagana clot ce qu'il est convenu d'appeler la vallée ou basse-vallée. Peu après cette station, se posent les problèmes spécifiques du delta qui relèvent, eux aussi, de techniques spéciales. On a déjà signalé qu'à Dagana les débits mesurés représentent sensiblement la totalité des débits du fleuve. Mais ces débits ne sont pas connus avec la même précision qu'à Bakel et la loi hauteurs-débits est loin d'être univoque.

L'étude complète du régime du Sénégal, effectuée avec l'ensemble des données actuellement existantes, sort des limites de ce rapport. Cette étude, qui n'a pas encore été faite, demandera au moins un an à un bureau d'études spécialisé; elle devrait être entreprise incessamment par l'O.R.S.T.O.M. dans le cadre d'une "Monographie du fleuve Sénégal".

En attendant, on devra se contenter d'exposer quelques conclusions concernant le régime à Bakel, la comparaison des apports observés à Bakel et à Dagana, et de donner quelques chiffres concernant les débits des affluents, sans esquisser la moindre interprétation.

1/ Bien que, ainsi qu'on le verra, les apports à l'aval de Bakel ne soient peut-être pas aussi faibles qu'on pourrait le croire à priori.

1. REGIME DU SENEGAL A BAKEL

La saison des pluies débute au mois de mai avec quelques averses insuffisantes pour se traduire par une augmentation notable du débit à Bakel. La montée des eaux commence en juin et se poursuit en moyenne jusqu'au cours de la première quinzaine de septembre, donnant lieu à plusieurs pointes souvent assez individualisées. Durant la période des observations, actuellement mises à jour depuis 1913, le maximum annuel le plus précoce s'est produit le 7 août 1927 et le plus tardif s'est produit le 11 octobre 1952. Il s'agit là de dates extrêmes mais, dans 60 % des cas, la date du maximum se situe entre le 1er et le 20 septembre et, dans 35 % des cas, entre le 11 et le 20 septembre. La crue du Sénégal à Bakel est donc très en avance sur celle du Niger à Koulikoro, bien que le bassin contrôlé par cette station soit seulement de 120 000 km², contre 232 000 km² environ pour Bakel. En effet, à Koulikoro, le maximum ne se produit jamais en août et sa période d'arrivée la plus fréquente se situe entre le 21 et le 30 septembre; la fréquence d'apparition durant la première décade d'octobre est de plus de 30 % alors qu'elle est inférieure à 5 % pour Bakel. Il est à noter que ces deux stations jouent des rôles analogues, chacune pour son fleuve respectif.

La décroissance des débits après le maximum est assez rapide et, de septembre à janvier, les débits mensuels moyens interannuels tombent de 3465 m³/s à 129 m³/s. Les basses eaux et les étiages sont assez mal connus, tant à cause de la difficulté des mesures directes de ces débits que par suite de la carence des lectures d'échelle en basses eaux jusqu'à une période relativement récente (1951).

Le tableau XXXIV donne les débits moyens mensuels à Bakel année par année, ainsi que les valeurs interannuelles de ces paramètres, calculées sur la période. Les modules annuels qui figurent sur la droite du tableau sont estimés, lorsque l'année est incomplète, en adoptant pour les mois manquants des valeurs raisonnables tenant compte grossièrement de la loi de tarissement;

TABLEAU XXXIV

Sénégal à Bakel

Débits moyens mensuels et annuels (m³/s)

ANNEE	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	MODULE	VOLUMES TRANSITES EN 10 ⁹ m ³	
1913-14			497	902	1131	877	335	(110)					(340)	10,7	
1914-15				(1300)	1423	1035	275	(110)					(410)	12,9	
1915-16		(90)	636	1896	2442	1260	263	48					(560)	17,7	
1916-17			(726)	1782	3223	1664	333	(110)					(670)	21,1	
1917-18			250	2012	3218	1132	295	(110)					(600)	18,9	
1918-19			(140)	686	3072	4628	2307	608 (300)					(1010)	31,9	
1919-20			(140)	404	1704	2261	1026	356 (210)					(530)	16,7	
1920-21			(540)	2535	4245	1311	596	(240)					(820)	25,9	
1921-22			396	1201	2100	736	251	(125)					(420)	13,2	
1922-23			402	3213	6746	2778	778	316	158				(1220)	38,5	
1923-24		(90)	628	1808	3764	1463	741	272	138				(750)	23,7	
1924-25			(243)	1421	4172	5602	2607	806	384				(1300)	41,0	
1925-26			101	397	2280	3273	2506	765	309	167	120	76	(835)	26,3	
1926-27			(130)	507	1607	1741	973	721	238	(100)			(510)	16,1	
1927-28			(120)	777	2800	4745	2743	878	372	184	99	(50)	(1070)	33,7	
1928-29			(100)	458	3296	5046	1874	825	326	173	97	(60)	(1025)	32,3	
1929-30			(350)	992	3244	4857	1510	543	249	(130)			(1000)	31,5	
1930-31			(170)	649	2621	3462	1929	605	252	118	67	(30)	(825)	26,0	
1931-32			(170)	940	1755	2715	2119	537	243	164	124	94	(70)	(745)	23,5
1932-33			(130)	780	2780	3181	1369	445	227	132	(80)		(770)	24,3	
1933-34			(153)	1087	3302	3572	1056	384	182	(115)			(830)	26,2	
1934-35		(20)	270	2334	3496	1318	416	159	77	(40)			(680)	21,4	
1935-36			(120)	896	4269	4971	2487	630	254	137	(78)	50	27	(1160)	36,6

TABLEAU XXXIV (Suite)

ANNEE	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	MODULE	VOLUMES TRANSITES EN 10 ⁹ m ³	
1936-37		(85)	598	4593	5825	2261	707	334	172	105	62	(25)	(1230)	38,8	
1937-38		397	1748	3108	1339	504	205	106	(70)	(630)			19,9		
1938-39		479	1826	3961	1870	800	247	106	46	21	8,2	(785)	24,8		
1939-40	2,3	28	362	1935	2089	1377	414	160	85	(40)	(545)		17,2		
1940-41		(50)	210	1316	1343	1254	528	169	89	53	36	21	(420)	13,2	
1941-42		339	1158	2115	740	240	109	62	37	23	15	(405)		12,8	
1942-43		385	1896	1715	539	262	116	62	28	13	(5)	(425)		13,4	
1943-44		366	1867	2951	1801	443	169	78	41	22	9,5	(650)		20,5	
1944-45		225	814	1444	661	336	124	64	(30)	(310)			9,8		
1945-46		388	3260	4738	1909	458	175	96	63	41	(25)	(935)		29,5	
1946-47		362	2524	3024	1816	579	237	102	54	18	(730)			23,0	
1947-48		343	1860	3363	1487	388	123	53	28	12	4	(640)		20,2	
1948-49	43	712	2041	2919	1104	495	178	88	52	28	8	(640)		20,2	
1949-50		377	2272	2123	947	232	93	(65)				(515)		16,2	
1950-51		(3)	540	2908	5899	3078	779	304	154	87	44	13	(1150)		36,3
1951-52	4	57	387	1418	2333	3627	1455	423	213	125	64	27	847		26,7
1952-53	5	22	524	1384	2421	3126	596	246	134	71	37	17	720		22,7
1953-54	3	101	788	1544	2926	1235	464	219	140	81	41	13	631		19,9
1954-55	12	253	963	3969	4419	1655	681	400	197	116	68	42	1069		33,7
1955-56	32	207	602	3563	4004	2631	770	347	203	119	69	34	1051		33,1
1956-57	13	40	495	2210	5237	2158	634	285	163	99	60	24	953		30,1
1957-58	8	215	608	2668	4227	2902	955	351	196	118	67	32	1032		32,5
1958-59	18	175	568	3985	4028	1916	785	444	237	139	84	40	1039		32,8
1959-60	19	164	583	2434	4047	1242	489	223	127	76	42	17	788		24,9
1960-61	5	82	789	1790	2508	1300	504	213	120	75	41	16	623		19,6
1961-62	4	102	781	2924	5195	1360	457	207	121				(940)		29,6
Moyenne	10	122	573	2363	3465	1703	558	230	129	77	46	22	771		24,3

en effet, les lacunes affectent toujours les périodes de tarissement ou de basses eaux. Les erreurs sur les modules découlant de cette opération sont assez faibles, en général inférieures aux erreurs dues au tarage et à la revalorisation des relevés anciens. Par contre, les moyennes mensuelles interannuelles sont calculées à partir des chiffres existants; les résultats ne seraient pas améliorés si l'on tenait compte des débits de basses eaux reconstitués. Le module moyen interannuel calculé à partir des débits mensuels interannuels par moyenne arithmétique pondérée est de 778 m³/s. La moyenne des modules reconstitués est de 771 m³/s. Ces deux moyennes ne sont pas significativement différentes.

Le classement des modules et leur report sur un graphique gausso-linéaire (fréquences en abscisses gaussiques) montrent que la répartition statistique de ces modules peut être considérée comme normale avec une moyenne de 771 m³/s et un écart-type de 256 m³/s.

L'irrégularité interannuelle peut se définir par le coefficient de variation, égal ici à 0,33, ou par le coefficient K_3 qui est égal au rapport du module décennal humide au module décennal sec, soit ici : $\frac{1099}{443} = 2,49$. Ces chiffres sont bien supérieurs à ceux du Niger à Koulikoro pour lequel le coefficient de variation n'est que de 0,27 et $K_3 = 1,89$. Le fait est d'autant plus marqué que l'irrégularité interannuelle a plutôt tendance à décroître lorsque la superficie du bassin augmente. On peut en conclure que les eaux du Sénégal seront plus difficiles à utiliser que celle du Niger et que les réserves d'accumulation nécessaires pour une régularisation totale du fleuve devront être très importantes. Les techniciens qui se sont penchés sur l'exploitation d'un éventuel barrage à Gouina se sont déjà heurtés à cette difficulté au point qu'ils avaient renoncé à faire de la régularisation interannuelle. Le problème n'est pas insoluble, mais il est indispensable pour le résoudre de faire appel à d'autres réserves que celle de Gouina.

Sur le tableau XXXV on a classé les débits maximaux annuels observés à Békel depuis 1913, par ordre décroissant. Les fréquences empiriques qui figurent dans la troisième colonne sont prises égales à $n - 1/2$, N étant le nombre total de crues annuelles observées et n le rang de la crue considérée dans le classement dégressif. Le report des données du tableau XXXV sur un graphique en abscisses gaussiques pour les fréquences et en ordonnées linéaires pour les valeurs des débits, suggère une distribution normale dont les paramètres, calculés d'après l'échantillon seraient :

Moyenne	:	4909 m ³ /s
Ecart-Type	:	1724 m ³ /s

La droite de Gauss correspondante est tracée sur le graphique 35. Dans cette étude rapide, la validité de l'ajustement n'a pas été testée, mais l'écart qui est observé entre les points expérimentaux et la courbe n'est guère supérieur, dans la presque totalité des cas, aux erreurs d'estimation que l'on peut faire sur les valeurs des débits elles-mêmes. De toute manière, aucune dissymétrie n'apparaît dans la distribution des crues.

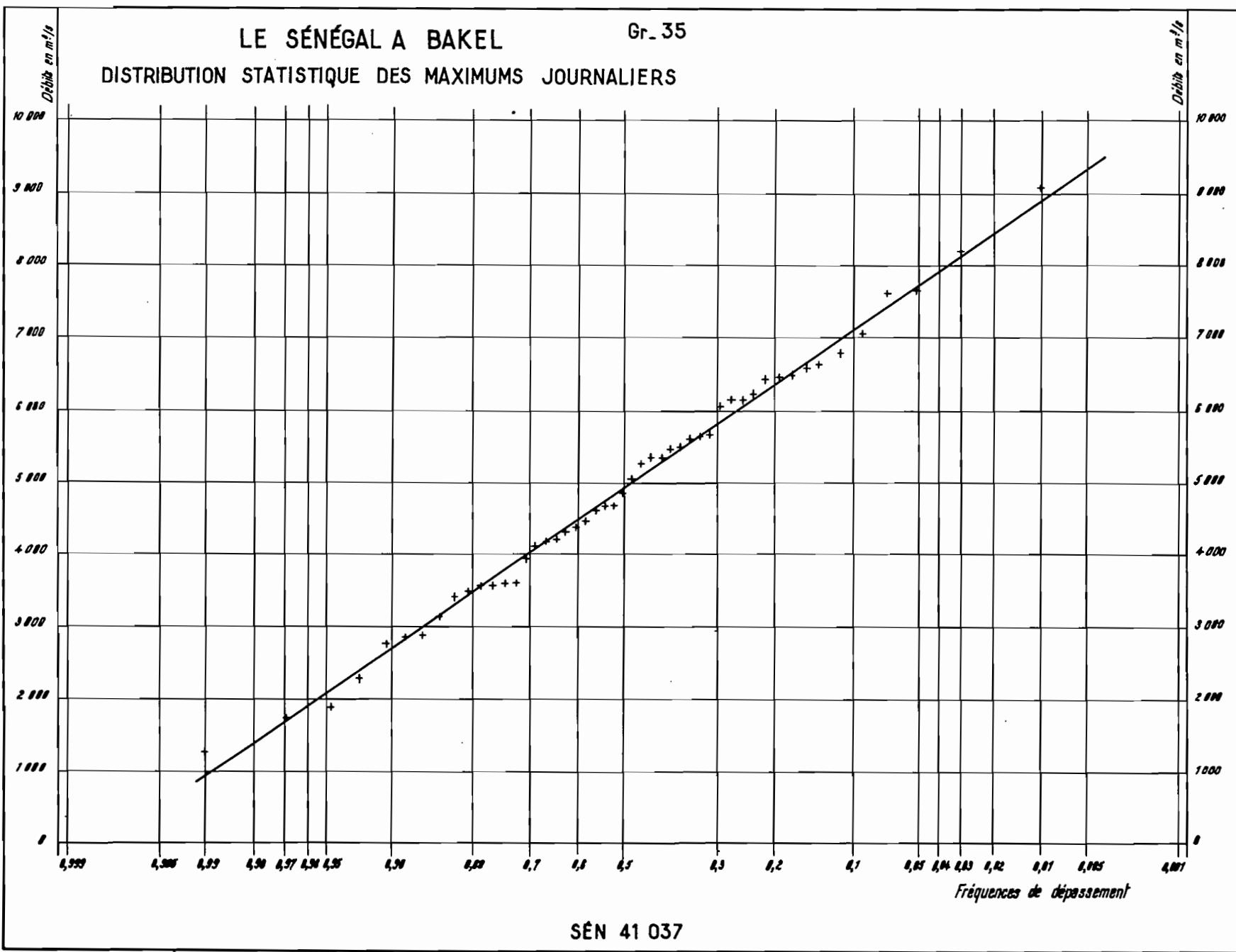
TABLEAU XXXV

CRUES CLASSEES DU SENEGAL A BAKEL

N°	FREQUENCE	DEBIT m ³ /s	N°	FREQUENCE	DEBIT m ³ /s
1	0,0102	9070	26	0,5204	4700
2	0,0306	8170	27	0,5408	4670
3	0,0510	7630	28	0,5612	4610
4	0,0714	7600	29	0,5816	4460
5	0,0918	7030	30	0,6020	4360
6	0,1122	6780	31	0,6224	4300
7	0,1327	6610	32	0,6428	4200
8	0,1531	6570	33	0,6633	4180
9	0,1735	6480	34	0,6837	4100
10	0,1939	6460	35	0,7041	3930
11	0,2143	6420	36	0,7245	3590
12	0,2347	6220	37	0,7449	3590
13	0,2551	6140	38	0,7653	3560
14	0,2755	6140	39	0,7857	3550
15	0,2959	6050	40	0,8061	3480
16	0,3163	5660	41	0,8265	3400
17	0,3367	5630	42	0,8469	3140
18	0,3571	5600	43	0,8673	2890
19	0,3776	5490	44	0,8878	2850
20	0,3980	5460	45	0,9082	2760
21	0,4184	5340	46	0,9286	2290
22	0,4388	5340	47	0,9490	1885
23	0,4592	5260	48	0,9694	1740
24	0,4796	5060	49	0,9898	1265
25	0,5000	4850			

LE SÉNÉGAL A BAKEL
DISTRIBUTION STATISTIQUE DES MAXIMUMS JOURNALIERS

Gr. 35



SEN 41 037

Au cours de nombreuses études sur la distribution des crues en régime tropical que l'expert a effectuées lui-même, il a remarqué que pour des bassins ayant une superficie ne dépassant pas 150.000 ou 200.000 km², la distribution des maximums est nettement dissymétrique avec, en graphique gausso-linéaire, une concavité tournée vers l'ordonnée (débits). On peut alors appliquer avec succès des schémas statistiques tels que la loi de Gibrat Gauss, la loi de Pearson III ou celle de Goodrich; c'est en particulier le cas du Niger à Koulikoro. Au contraire, lorsque le bassin est très grand, et surtout s'il comporte de vastes zones d'inondations, la concavité de la courbe de répartition, tracée de la même manière, est tournée vers l'axe des fréquences. Il est fort probable que cette variation se fasse de façon continue et qu'en un point donné du fleuve la courbe de répartition se présente comme une droite. Il faut bien noter que, si la répartition des modules des bassins tropicaux est également normale, la plupart du temps, cela s'explique du point de vue théorique comme une conséquence du théorème central limite, alors que cette explication ne vaut pas pour les pointes de crues. La normalité de la distribution des crues à Bakel est donc une pure coïncidence, non justifiée par la nature physique du phénomène.

On aurait, d'après les paramètres calculés pour Bakel, les valeurs caractéristiques suivantes :

- Crue médiane (dite aussi annuelle) 4.910 m³/s (arrondie à 10 m³/s)
- Crue décennale 7.100 m³/s (arrondie à 50 m³/s)
- Crue centenaire 8.900 m³/s (arrondie à 100 m³/s)

2. Quelques données sur le régime du Sénégal à Dagana

Le tarage de l'échelle de Dagana est plus imprécis que celui de Bakel, par suite de la traduction cyclique imposée par une relation hauteurs-débits non univoque. Cette relation n'est probablement pas tout à fait la même, en décrue, pour les différentes années mais, avec les mesures disponibles actuellement, il n'est guère possible de déterminer finement la loi de variation de cette courbe de décrue. C'est pourquoi il a été jugé préférable, en attendant une étude plus approfondie du phénomène, d'adopter une courbe unique de décrue. Le raccordement entre la crue, qui semble donner lieu à une courbe bien définie, et la décrue se fait par une courbe tracée chaque année en se basant sur la forme des courbes décrites réellement lors des campagnes de jaugeages. D'autre part, le tracé des courbes est assez mal défini pour les très hautes eaux.

L'utilisation de Dagana comme station hydrométrique est en outre gênée par le phénomène de la marée qui se fait sentir de façon prohibitive à partir d'un débit d'environ $500 \text{ m}^3/\text{s}$, de sorte qu'une grande partie des relevés de basses eaux sont inutilisables. Les débits correspondants ont été estimés de façon à pouvoir calculer les débits moyens annuels mais les chiffres n'ont en eux-mêmes aucune valeur et ne figurent pas sur le tableau XXXVI sur lequel sont consignés les débits moyens mensuels et annuels. Ce tableau montre qu'en moyenne les apports seraient les mêmes à Dagana qu'à Bakel, plus forts à Dagana les années de faible crue, plus faibles au contraire à cette même station les années de forte crue. Ceci impliquerait que les pertes par évapo-transpiration entre Bakel et Dagana sont en moyenne compensées par les apports directs dans le bief, provenant soit des précipitations sur la vallée, soit du Gorgol et des affluents de moindre importance qui se jettent dans le Sénégal entre Bakel et Dagana. Le fait que les débits à Dagana soient plus forts qu'à Bakel les années de faible crue, alors qu'ils sont plus faibles les années de forte crue, s'expliquerait par la moindre importance des inondations dans le premier cas; les apports du Gorgol et des autres affluents interviendraient alors comme un facteur aléatoire tendant à introduire dans la corrélation modules Bakel - modules Dagana une dispersion plus importante que celle qui pourrait être observée en l'absence de ces apports. En moyenne, cette dispersion ne peut évidemment se traduire que par un gain pour Dagana.

Il serait toutefois prématué de conclure à ce sujet, tant qu'on ne sera pas sûr des débits avancés pour Dagana. Il n'est pas impossible en effet que la méthode adoptée pour les conversions hauteurs - débits se traduise par une surestimation systématique des débits à Dagana.

Les maximums journaliers annuels subissent quant à eux une très forte diminution qui s'explique aisément par le puissant laminage affectant la crue lors de son passage dans les champs d'inondation et dans le lit mineur même du Sénégal, entre Bakel et Dagana. C'est ainsi que la crue médiane, qui est de l'ordre de $5000 \text{ m}^3/\text{s}$ à Bakel, est à peine supérieure à $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ à Dagana.

Les crues du Sénégal à Dagana sont données sur le tableau XXXVII et la figure 36 donne une idée de leur répartition statistique.

TABLEAU XXXVI

Sénégal à Dagana

Débits moyens mensuels et annuels (m³/s)

ANNEE	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MODULE ANNUEL
1913-14			535	802	1208	940	550						450
1914-15				1057	1400	1187	521						495
1915-16			512	1064	1809	1770	634						579
1916-17			593	1315	1961	2988	1188						748
1917-18			490	1105	2140	2384	882						698
1918-19			550	1393	2161	2982	2083	519					915
1919-20			561	1219	1890	1749	654						620
1920-21			571	1123	2096	2511	1209						741
1921-22			560	888	1762	1442	455						536
1922-23			557	1249	2273	3715	2810	925					1081
1923-24			655	1320	1987	2351	1421						804
1924-25			844	1630	2389	3271	2333	671					1045
1925-26			512	1244	2021	2401	1945	518					822
1926-27				1213	1618	1375	522						558
1927-28			601	1325	2112	2851	2647	881					965
1928-29			573	1243	2260	3041	2261	655					951
1929-30			786	1415	2272	2850	1844						929
1930-31			649	1229	2213	2531	1695						860
1931-32			638	2869	1780	2176	1410						876
1932-33			689	1622	2284	2566	1261						851
1933-34			860	1815	2508	2801	1179						900
1934-35				1259	2223	2673	1485						810
1935-36			734	1499	2409	3343	2549	681					1040
1936-37			619	1479	2732	3925	2811	804					1155
1937-38			518	1104	1973	2264	1215						713
1938-39			771	1211	1981	2477	2012	595					856
1939-40			554	1080	1920	1983	932						644
1940-41				928	1499	1275	796						506
1941-42				849	1602	1396	470						478
1942-43			437	1070	1783	1067							452
1943-44			524	1151	1981	2265	1277						688
1944-45				735	1378	1079	469						398
1945-46				1220	2103	2922	1873						817
1946-47				1227	2036	2369	1592						742
1947-48				1094	1912	2099	775						603
1948-49			611	1095	1894	1841	828						664
1949-50				1131	1988	1683	529						576
1950-51			530	1268	2257	3595	2714	916					1048

TABLEAU XXXVI (suite)

Sénégal à Dagana

Débits moyens mensuels et annuels (m³/s)

ANNEE	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MODULE ANNUEL
1951-52			473	1012	1779	2241	2474	1354					882
1952-53			533	1098	1676	2197	2147	600					777
1953-54				1271	1813	2005	969						697
1954-55			775	1657	2377	2963	1856						1005
1955-56			646	1630	2313	3079	2569	853					1030
1956-57			493	1223	2106	3129	2405	669					934
1957-58			678	1315	2168	2871	2681	1036					1003
1958-59			681	1412	2379	3310	2307	753					1011
1959-60			635	1119	2024	2548	1415	417					769
1960-61			683	1328	1901	2014	1032	415					705
1961-62			627	1545	2244	2973	1645	430					880
Moyennes			560	1269	2012	2397	1503	509					780

TABLEAU XXXVII

Crues du Sénégal à Dagana

ANNEE	DEBITS m ³ /s	ANNEE	DEBITS m ³ /s
1913	1 250	1938	2 570
1914	1 400	1939	2 100
1915	1 970	1940	1 580
1916	2 340	1941	1 790
1917	2 490	1942	1 850
1918	3 180	1943	2 420
1919	2 020	1944	1 480
1920	2 610	1945	3 100
1921	1 930	1946	2 420
1922	4 060	1947	2 190
1923	2 440	1948	2 040
1924	3 490	1949	2 100
1925	2 470	1950	3 870
1926	1 740	1951	2 530
1927	3 090	1952	2 420
1928	3 240	1953	2 130
1929	3 010	1954	3 210
1930	2 610	1955	3 240
1931	2 270	1956	3 480
1932	2 800	1957	3 140
1933	2 960	1958	3 450
1934	2 800	1959	2 680
1935	3 660	1960	2 130
1936	4 150	1961	3 240
1937	2 330		

3. Quelques données sur le régime du Sénégal à Galougo

Dans cet aperçu, on se contentera de donner quelques résultats concernant les relevés les plus sûrs, effectués depuis 1955. C'est évidemment beaucoup trop juste pour étudier un projet, mais pour le dégrossissement des possibilités hydrauliques de Gouina, on pourra faire les corrections d'hydraulique qui s'imposent en se basant sur les résultats de Bakel. Le tableau XXXIX contient les débits mensuels et annuels calculés à Galougo.

Tableau XXXIX

Débits mensuels et annuels à Galougo

ANNEE	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	MODULE
1954-55								184	128	68	47		
1955-56	53	217	668	2960	3183	1798	636	316	185	119	72	32	855
1956-57	15	79	463	2315	3284	1728	506	253	149	96	(50)	22	750
1957-58	10	206	544	2631	3179	2472	766	317	182	113	64	30	880
1958-59	23	185	519	3994	2949	1566	674	372	210	127	80	36	900
1959-60	34	203	467	2117	2888	926	396	195	120	76	37	15	623
1960-61	8	105	853			411	187	111	74	37	13		

Une première idée de la régression est donnée graphiquement sur la figure 37. Si on désigne par Y un module à Galougo et par X un module à Bakel, exprimés en m^3/s , on trouve très grossièrement la relation de régression :

$$Y = 1,04 X - 205$$

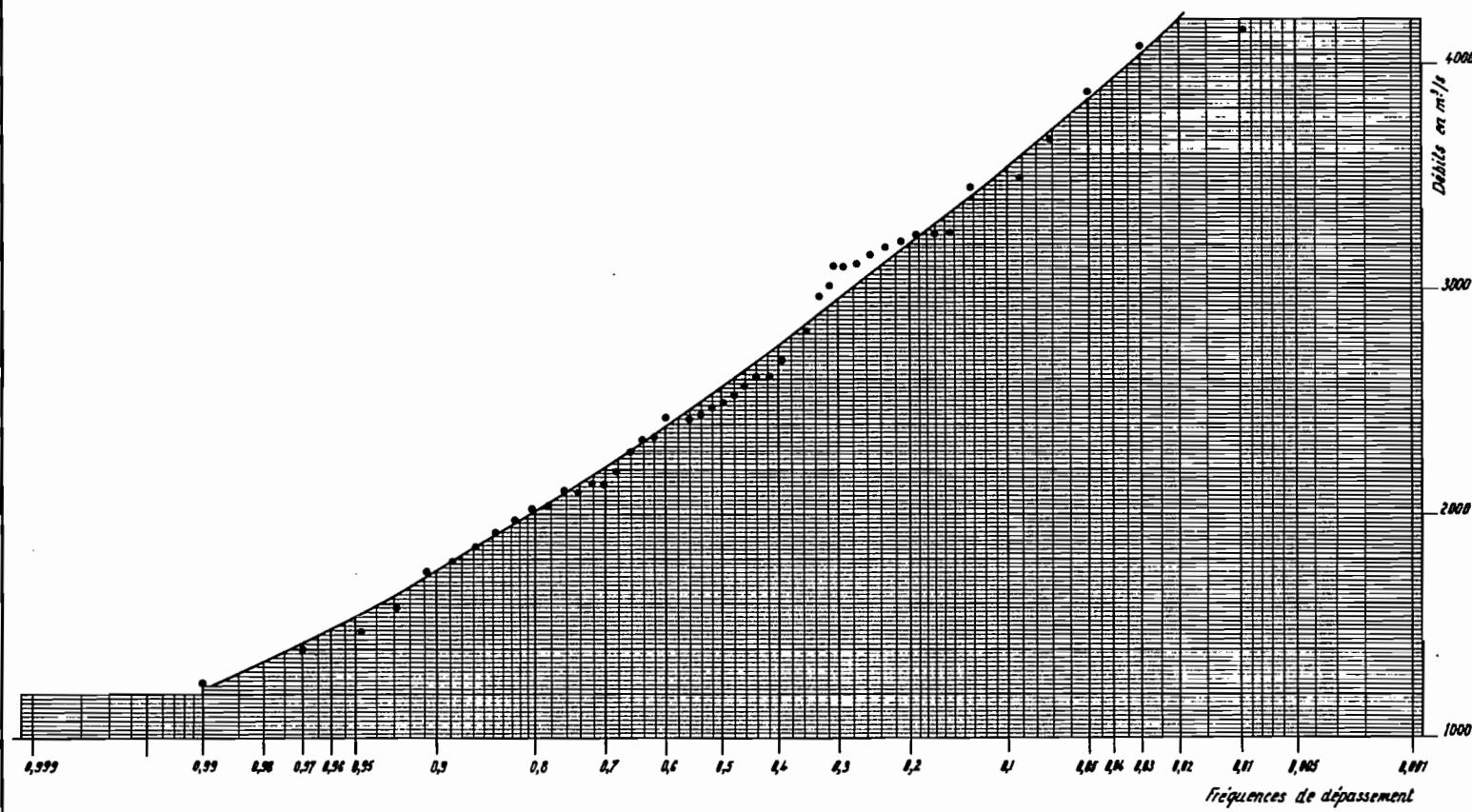
En supposant la corrélation très serrée (coefficient de corrélation voisin de 1), l'écart type du module à Galougo serait de l'ordre de $265 m^3/s$ et sa moyenne voisine de $600 m^3/s$. Encore une fois, il s'agit de valeurs tout à fait provisoires de ces paramètres dont l'estimation peut être considérablement améliorée par une étude approfondie des données actuellement disponibles.

La crue la plus forte à Galougo durant la période indiquée plus haut a été observée en 1958. Le débit n'est pas connu exactement, non seulement parce que l'étalonnage de la station s'arrête bien au-dessous de la cote atteinte, mais aussi parce que la hauteur du plan d'eau a dépassé le sommet de l'échelle ($11,00 m$).

Gr. 36

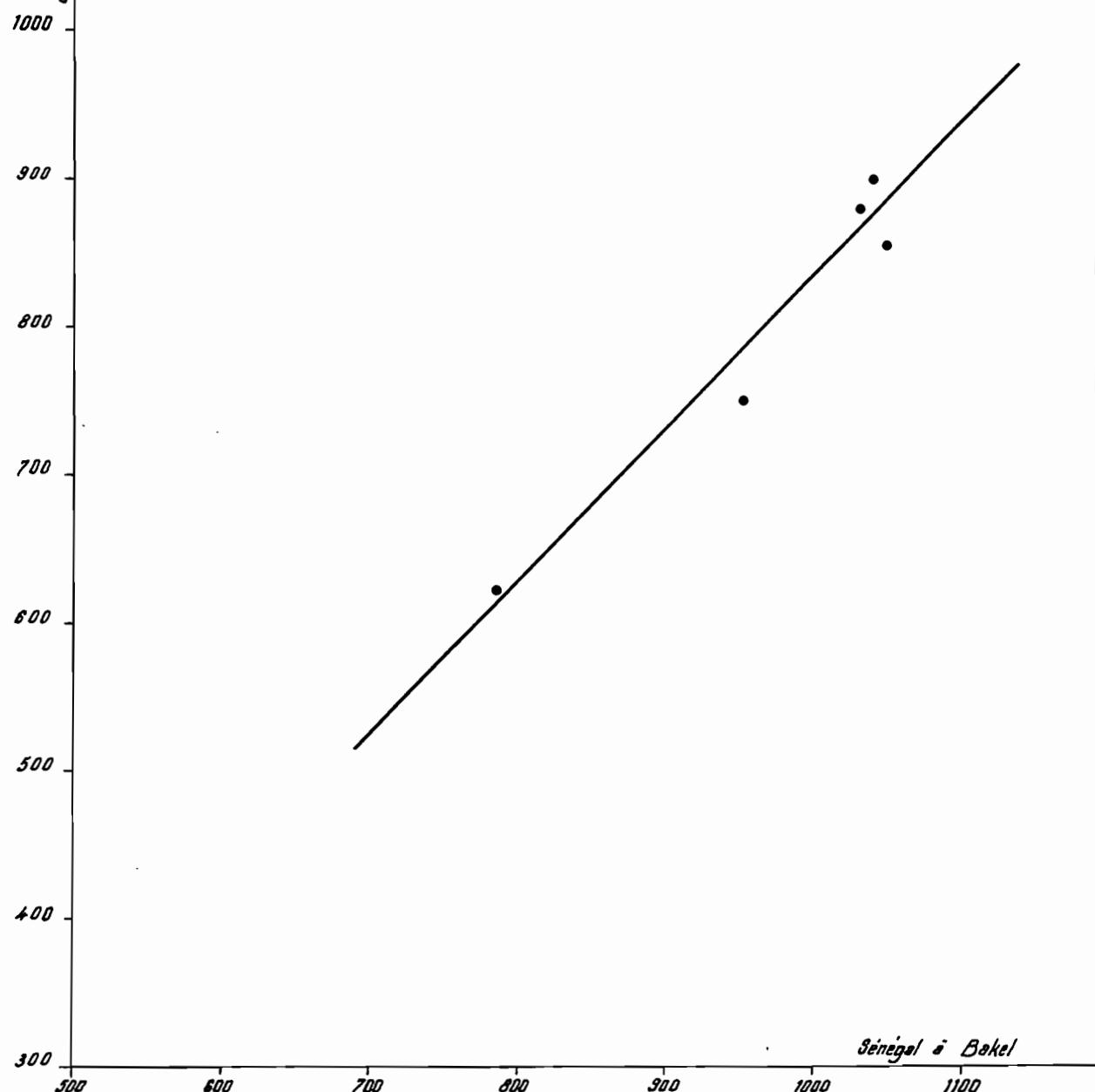
LE SÉNÉGAL A DAGANA

DISTRIBUTION STATISTIQUE DES MAXIMUMS JOURNALIERS



SEN. 41 038

CORRÉLATION DES MODULES
ENTRE BAKEL ET GALOUGO



SEN 41.039

Il sera intéressant de réévaluer cette crue à partir de Gouina. Le débit maximal a dû atteindre entre 7500 et 8000 m³/s. Cette crue correspond à une crue très forte également à Bakel : avec 8170 m³/s, celle-ci se situe en deuxième position sur la liste des crues classées depuis 50 ans. Il faut s'attendre à ce que le débit de pointe à Galougo puisse atteindre et même dépasser très exceptionnellement 9000 m³/s. Pour le projet de Gouina, l'intérêt se porte du reste moins sur la valeur des débits de pointes que sur l'ensemble de l'hydrogramme de crue, par suite du laminage considérable qu'on peut espérer dans la retenue.

4. Quelques données sur le régime de la Falémé

On donne dans les tableaux XL à XLII les débits moyens mensuels déduits des observations à Kidira, Gourbassy et Fadougou.

Tableau XL

Débits moyens mensuels (m³/s) à Kidira

ANNÉES	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1952-53	0	0	133	403	776	1215			12,6	(5,8)	2,0	0,75
1953-54	0	3,36	138	348	762	203	60	17				
1954-55	91		257	1142	1259	284	134	80	45	28	18	10
1955-56	6	54	191	1247	1015	578	140	70	44	28	19	11
1956-57	4	17	148	605	1902	380	111	57	30	23	14	7
1957-58	2	57	138	741	1179	522	144	67	29	19	8,4	(2)
1958-59	(2)	42	130	1043	779	357	135	73	33	20	13,1	(2,9)
1959-60	(0)	16	79	893	1124	242	79	34	18	15	6	(0)
1960-61	(0)	(7,6)	194	549	620	(240)	77	41	23	14,5	(5,7)	(0)
Moyenne	(1,8)	(32)	156	775	1046	(447)	110	55	29	(19)	(10,8)	(4,2)

Tableau XLI

Débits moyens mensuels (m³/s) à Gourbassy

ANNEES	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1954-55	(0)	(53)	296	1023	854	265	126	55	27	(13)	(5)	(0)
1955-56	(0)	(19)	(170)	1007	(872)	394	119	52	(28)	(14)	(5)	(0)
1956-57			117	651	1092	340	91	39	(22)	(10)	(5)	(0)
1957-58	(0)	(38)	118	634	693	423	120	48	(24)	(10)	(5)	(0)
1958-59	(3,7)	(17)	134	886	622	349	138	68	32	(15)	(5)	(0)
1959-60	(0)	(11)	137	596	808	228						
1960-61	(0)	(38)	(534)	1067	187	57		32	(19)	(10)	(0)	
1961-62	(0)	(26)	117	597	921							
Moyenne	0,52	(29)	(156)	(741)	(866)	312	109	49	(25)	(12)	(4,16)	(0)

Tableau XLII

Débits moyens mensuels (m³/s) à Fadougou

ANNEE	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1952-53	(0)	(4)	(170)	200	368	384	91	22	(4)	(0)	(0)	(0)
1953-54	(0)	17	119	400		141	54	34	26	12	(4)	(0)
1954-55	(5,1)	60	258				86		(34)	14	(9,3)	(5,0)
1955-56	(6,2)	(10)	161	676	504	236	97	44	35	19	9,6	(3,9)
1956-57	(2)	(12,4)	120	546	612	228	78	44	25	14	7,5	(3,7)
1957-58	(1)	(26,6)	105	481	344	279	89	47	27	(15)	8,6	(4,0)
1958-59	(3,2)	21	104	652	410	211	110	61	61	(30)	(5)	(0)
1959-60	(2,9)	17	118	475	527	171	67	38	23	14	7,8	(2,6)
1960-61									17	(9,6)		
1961-62												
Moyenne	(2,6)	(21)	(144)	490	461	236	84	41	(28)	(14)	(6,5)	(2,4)

Le débit le plus fort observé à Gourbassy est de 1960 m³/s le 9 septembre 1961. On ne possède pas les relevés à Kidira et à Fadougou correspondant à cette date. Une autre crue importante a été observée en août 1954 à Fadougou de débit du 18 août est de 1880 m³/s mais les relevés antérieurs à cette date manquent, de même que les relevés postérieurs au 31 août. La même année, on avait 1825 m³/s à Gourbassy le 2 septembre, et 3130 m³/s à Kidira le 4 septembre. Pour l'établissement de projets il faudrait compter au moins sur 4000 m³/s à Kidira et 2500 à 3000 m³/s pour Gourbassy et Fadougou. Ici encore les chiffres pourront être précisés après étude critique des données existantes.

CHAPITRE V

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA POURSUITE DES ETUDES DANS LES DOMAINES FAISANT L'OBJET DES CHAPITRES I, II ET III

1. PLUVIOMÉTRIE

Un hydrologue ne trouvera jamais qu'un réseau pluviométrique est totalement satisfaisant. Il l'est rarement dans les pays très développés; il est évident que la situation ne peut pas être meilleure dans les pays en voie de développement. Il faut toutefois noter que la répartition spatiale de la pluie est moins irrégulière dans les zones tropicales continentales que dans les zones tempérées, sauf dans le cas d'un relief particulièrement accentué. A information égale, on a donc besoin d'une densité beaucoup plus faible de pluviomètres.

On a avancé, pour l'établissement ou la réorganisation d'un réseau pluviométrique, des critères basés sur la valeur économique des observations ou sur la densité de la population (Langbein). Ces critères, d'ailleurs difficiles à mettre en œuvre lorsque l'information déjà acquise est sommaire, ne semblent guère convenir lorsque les études à prévoir ont justement pour but d'accélérer rapidement le développement du pays et de faire face à un accroissement rapide de sa population.

Dans le cas du bassin du Sénégal, qui comporte de vastes zones à faible densité de population dans lesquelles il est difficile de trouver des gens suffisamment lettrés pour faire office de lecteurs, il faut d'abord voir ce qu'il est possible de faire à brève échéance. On peut être assuré qu'après avoir épuisé les possibilités, on ne se trouvera pas en face d'un réseau suréquipé.

a) REPUBLIQUE DU SENEGAL

Dans la vallée du Sénégal, la densité des postes pluviométriques est très faible eu égard à la densité de la population. Du point de vue purement hydrologique, cette carence n'a guère d'importance car la pluviométrie propre à la vallée, vu les limites dans lesquelles elle est comprise, n'a qu'une influence négligeable sur le régime du fleuve. Il en va tout autrement pour les agronomes et même pour les études routières. Il serait bon de renforcer dans la mesure du possible le réseau existant. Parmi les villages susceptibles de fournir un lecteur, au tout au moins

d'héberger un observateur étranger, on peut citer : Guédé, Baki, Kaskas, N'Goui, Ouaoundé. Ceci n'est qu'indicatif, comme toutes les propositions qui seront faites par la suite; il s'agit surtout de fournir des éléments permettant de chiffrer les dépenses à envisager dans l'avenir. Le passage à la réalisation demandera évidemment un examen plus détaillé des possibilités.

Dans la partie sénégalaise du bassin de la Falémé, l'étude de la pluviométrie intéresse directement l'hydrologue et, là encore, le réseau doit pouvoir faire l'objet d'une raisonnable extension. Des villages tels que Missira ou Saroudia, Balakonkc, Kossanto, Tonkouto, Dalafi, Tomboura, Kcussane etc, pourraient vraisemblablement accueillir des lecteurs.

Pour l'ensemble du Sénégal, si l'on exclut le Ferlo, il faudrait prévoir la création de 4 postes pluviométriques dans la vallée du fleuve et de 5 dans le bassin de la Falémé. Il serait bon également d'envisager l'installation de 2 pluviographes à mouvement journalier. L'exploitation de ces différentes stations devrait être conférée au Service météorologique, quitte à envisager une indemnisation totale ou partielle de ce service au cas où ses crédits normaux ne lui permettraient pas de supporter les dépenses supplémentaires ainsi occasionnées.

b) REPUBLIQUE DE MAURITANIE

Dans la vallée on peut prévoir la création de 3 ou 4 postes pluviométriques supplémentaires. Mais la contribution de cet état sera importante surtout pour l'étude du Gorgol et du Korakoro. Dans ces deux bassins, le réseau pluviométrique régulier est pratiquement inexistant et on ne voit pas comment on pourrait l'améliorer, à moins évidemment de consentir à des dépenses d'exploitation excessives ou de s'orienter vers des stations automatiques dont l'entretien poserait de sérieux problèmes. Dans une première phase, il semble raisonnable de s'en tenir à un réseau de totalisateurs qui seront mis en place au début de la saison des pluies et relevés à la fin. Un tel réseau doit être très bien protégé par des moyens de camouflage efficace si l'on veut que les appareils ne soient pas détériorés par les nomades. Son exploitation ne peut guère être confiée au Service météorologique ordinaire, mais devra être assurée par les hydrologues sous une forme administrative à préciser. On comptera une vingtaine d'appareils pour les deux bassins.

c) REPUBLIQUE DU MALI

Le Mali est intéressé par le fleuve du confluent de la Falémé à Bafoulabé, par le bassin rive droite de la Falémé, par la plus grande partie du Bafing, la presque totalité du Bakoye, la totalité du Baoulé, y compris la Vallée au Serpent et le bassin de la Kolimbiné. Il faut ajouter, en rive droite du Bakoye, les bassins de la Kouaga et du Darouma qui n'ont fait encore l'objet d'aucune étude hydrologique.

Au sud de la ligne formée par le Sénégal, le Bakoye et le Baoulé, il doit être assez aisé de renforcer le réseau pluviométrique par un certain nombre de stations dont l'exploitation pourrait être confiée au service météorologique du Mali. L'expert pense qu'une quinzaine de postes pluviométriques supplémentaires, répartis dans cette région de la manière la plus homogène possible, représenterait un effort suffisant pour l'établissement de bilans assez précis. Au nord de cette ligne, le problème sera plus difficile, mais soluble : la densité des villages y est nettement supérieure à celle qu'on peut constater dans le bassin du Gorgol ou du Korakoro. L'expert pense qu'on doit pouvoir y exploiter régulièrement une dizaine de stations en plus des quelques postes pluviométriques actuellement existants.

Il faudra également prévoir l'installation de 5 pluviographes journaliers.

d) REPUBLIQUE DE GUINEE

À l'échelle du bassin total, les précipitations en territoire guinéen jouent un rôle important mais non primordial. Par contre, la connaissance de ces précipitations est essentielle surtout pour le haut Bafing et le haut Bakoye. Du point de vue des disponibilités en observateurs, il sera difficile d'améliorer le réseau actuel. Il faudrait toutefois, dans la mesure du possible, créer 3 stations pluviométriques nouvelles dans le Bafing, et 2 dans le bassin du Bakoye.

Les propositions qui viennent d'être énumérées se rapportent au réseau général régulièrement structuré et observé de façon permanente en dehors de toute considération d'application directe. Les observations déjà disponibles présentent un intérêt capital, même si le réseau de stations n'est pas très serré; le facteur temps est en effet irremplaçable, quelque savants que soient les procédés d'interprétation. Pour les stations plus récentes ou à venir, on peut, au bout d'un

minimum de 10 ans d'observations, établir avec les postes anciens des corrélations qui permettront d'homogénéiser l'ensemble du réseau, valorisant ainsi les données les plus récentes de façon à pouvoir les introduire dans les calculs de moyennes.

2. AUTRES DONNEES CLIMATIQUES

Dans toutes les études de projets qui ont déjà été effectuées dans le bassin du Sénégal, un point embarrassant pour la prévision de l'exploitation des retenues est l'estimation de l'évaporation. Certes des chiffres ont déjà été avancés, mais ils sont tous basés sur des mesures au Piche, appareil peu adapté à ce genre de phénomène. En dehors de ces mesures, aucune étude systématique de l'évaporation n'a été tentée dans le bassin du Sénégal. Un comité technique international ne pourrait pas passer ce problème sous silence.

Pour les études concernant l'évaporation, l'expert conseille la création d'au moins deux stations évaporométriques de base comportant la mesure du phénomène direct et de tous ses facteurs conditionnels habituellement reconnus. De telles stations seraient équipées :

- d'un bac carré enterré de 1 m de côté et 60 cm de profondeur
- d'un bac carré de même construction que le premier mais installé en surface
- d'un bac rond de classe A pour se rattacher à ce qui tend à devenir une norme internationale
- de l'équipement pour mesurer la température et l'humidité : thermomètres, thermographie, psychomètre à aspiration, hydrographie
- d'une herse néphoscopique
- d'un baromètre enregistreur
- d'un atmomètre du type dit Black Bellani
- d'un héliographe
- d'un actinomètre à thermopile avec enregistreur et intégrateur
- d'un anémomètre totalisateur.

L'équipement de ces stations pourrait être complété pour l'étude du bilan hydrique des sols.

Il faudrait que l'une d'elles soit installée dans la vallée, dans un centre suffisamment important, doté d'un terrain d'aviation : on peut penser à Podor, Kaédi ou Matam. Les mêmes impératifs sont valables pour la seconde station qui doit en outre être située dans des conditions géographiques nettement différentes de la

première : l'expert la verrait volontiers installée à Kita où, s'il n'existe qu'un terrain de secours, on peut accéder en toutes saisons par le chemin de fer.

L'aménagement de deux stations principales constitue un programme minimal. Il serait préférable d'installer une troisième station représentative des zones sahéliennes du bassin en dehors de l'influence de la vallée : Niort du Sahel qui dispose d'un service aérien régulier serait tout indiqué. Dans les prévisions, on tiendra compte de trois stations principales.

Le rôle de ces stations principales ne se conçoit que dans le cadre d'un réseau plus complet comportant un certain nombre de stations secondaires à équipement plus réduit : bac carré enterré (l'expert le préfère au bac de Classe A), mesure de la température de l'eau et de l'air, de l'humidité, du vent (anémomètre totalisateur). Dans ces stations secondaires on se contentera pour l'étude du rayonnement d'un héliographe donnant la durée d'insolation. Elles peuvent être tenues par un agent moins spécialisé que pour les stations principales. On peut fixer leur nombre à une dizaine.

Dans chaque station d'évaporation, principale ou secondaire, on peut prévoir l'installation d'un pluviographe et d'un pluviomètre, sauf si ces appareils existent à proximité dans une station climatologique du réseau météorologique normal. De toutes manières, il est indispensable de disposer de pluviomètres dont les collectolettes soient calées à la même hauteur que les rebords des bacs pour lesquels ils doivent servir de correcteurs de pluie.

Le réseau d'évaporation ne doit pas être confié au service météorologique, du moins dans l'état actuel des choses, mais être exploité directement par l'organisme d'hydrologie sous la forme administrative qui sera choisie.

Ce réseau régulier, tel qu'il vient d'être décrit, est destiné à étudier les caractéristiques générales du phénomène évaporation en dehors de toute préoccupation immédiate concernant un quelconque aménagement. Pour les études particulières concernant tel ou tel aménagement, une station d'évaporation du type principal ou du type secondaire, suivant la nature des renseignements désirés, devra être installée de façon convenable à proximité du site choisi; elle ne sera observée que pendant une durée limitée et l'interprétation des résultats sera grandement facilitée par les résultats déjà obtenus sur le réseau de base.

3. STATIONS HYDROLOGIQUES

La poursuite des études hydrologiques sur le bassin du Sénégal doit comporter d'abord, et en toute priorité, une exploitation exhaustive des observations déjà existantes. On a vu que, si cette exploitation est réalisée presque en totalité pour les stations limnimétriques de la basse vallée, c'est-à-dire entre Saint Louis et Bakel, il n'en est pas du tout de même pour le haut bassin et les affluents. D'autre part, très peu des limnigrammes existant dans les archives ont été dépouillés.

Il serait souhaitable que ce travail de mise au point fût fait avant la mise en place d'un organisme international éventuel afin que ce dernier ait, dès son installation, la voie libre pour aller de l'avant. De telles études ont déjà fait l'objet de contrats bilatéraux et cette formule devrait être poursuivie jusqu'à la mise en ordre définitive des archives. L'issue normale en serait l'établissement d'une monographie du Sénégal, ouvrage de base faisant le point des connaissances acquises critiquées par des hydrologues avertis parfaitement au courant des questions concernant le bassin du fleuve; cette présentation serait assortie d'une interprétation déjà poussée de toutes les données disponibles. Un tel ouvrage devrait être entrepris sous la responsabilité d'un organisme d'études hydrologiques de réputation internationale, habitué depuis de longues années aux méthodes de l'hydrologie tropicale.

Il faudra ensuite procéder à la réorganisation du réseau. Dans la vallée, le réseau régulier actuellement en service est suffisant. Il sera toutefois bon de revoir la question des limnigraphes et de ne maintenir en service que les appareils strictement indispensables, c'est-à-dire pour lesquels l'absence de tout village proche rend impossible la lecture régulière d'une échelle. Les contrôles devront être renforcés et il sera nécessaire de créer deux brigades permanentes chargées de l'entretien des stations, du contrôle des lecteurs et des mesures de débits. Une de ces brigades opérerait entre Saint Louis et Ouaoundé, et pourrait être basée à Kaédi. Le secteur de la seconde brigade s'étendrait de Bakel à Bafoulabé et elle pourrait être basée à Hayes.

Sur certains affluents, le réseau devra être renforcé. Les trois stations de la Falémé seront maintenues avec un contrôle plus serré des lecteurs d'échelles. La station de Kidira fera l'objet d'un réétalonnage complet et sérieux. Sur le Bafing, le réseau régulier actuel peut être considéré comme suffisant dans la partie malienne de son bassin, sous réserve d'un contrôle efficace de chaque station dont il faudra

par ailleurs assurer ou poursuivre l'étalonnage. Dans la partie guinéenne du bassin, il faudra reprendre la station de Falabori, installer une station à la route Timbo-Dabola, et deux autres respectivement sur le Téné et la Kicma.

Sur le Bakoy, une station installée à Fangala permettra de contrôler les apports à l'aval du confluent de la Baoulé. L'ancienne station de Dioubéba peut être remplacée définitivement par la station actuelle de Kalé: il ne sera pas nécessaire de la restaurer. À l'amont de Toukoto, on installera une station sur la piste Kita-Katabantankoto et une autre sur la piste Kita-Galé. Ces stations ne seront pas faciles à exploiter et on pourrait envisager de n'en conserver qu'une si les difficultés d'exploitation s'avéraient vraiment trop grandes. Il faudrait enfin installer 2 stations sur le haut bassin, en territoire guinéen; là encore, l'exploitation n'en sera pas aisée et leur emplacement devra faire l'objet d'une prospection soignée.

Sur le Baoulé, un emplacement de station s'impose; c'est celui du village de Baoulé desservi depuis Bamako à la fois par la piste et le chemin de fer. Plus à l'aval, il faudra sans doute se reporter à l'endroit où la piste Kolokani-Torodo longe le Baoulé pour planter une station exploitable régulièrement. On pourra toutefois examiner de plus près la possibilité d'une station intermédiaire. On tâchera aussi de restaurer la station de Faréna, sans se cacher que son exploitation régulière sera difficile. Enfin, sur le Badinn-Ko, affluent rive gauche du Baoulé, il sera sans doute aisé d'installer une station, au droit de la piste Kita-Bamako, accessible à partir de Kita.

Ce programme n'a rien de définitif et sera sans doute modifié quand on passera à la réalisation après une prospection plus détaillée que l'examen rapide auquel l'expert a dû forcément se limiter.

Outre ce réseau régulier destiné à une observation permanente ou tout au moins d'assez longue durée pour la totalité des stations, des études particulières seront entreprises chaque fois qu'un aménagement sera envisagé. Le rôle du réseau de base est de fournir un canevas solide d'observations de longue durée destinées à permettre l'établissement de corrélations avec les observations effectuées aux stations provisoires implantées pour chaque cas particulier; il sera ainsi possible de valider des études sporadiques très limitées dans le temps et dont la durée risquerait d'être totalement insuffisante pour évaluer avec une approximation acceptable les caractéristiques du régime dont la connaissance est indispensable pour le calcul des ouvrages.

L'étude de l'écoulement dans les cours d'eau alimentés par un bassin d'assez grande superficie doit être complétée par celle d'un réseau de petits bassins. Mais il n'est alors plus question d'installer un réseau permanent qui devrait être très touffu et dont l'exploitation serait extrêmement onéreuse. On procédera par bassins échantillons dits aussi bassins expérimentaux. Le but de ces bassins de taille restreinte est non seulement de fournir des renseignements immédiats sur le régime du cours d'eau étudié, mais de permettre l'analyse du ruissellement et l'étude du mécanisme par lequel une averse tombant sur le bassin se transforme en écoulement dans le cours d'eau. L'équipement d'un bassin échantillon comporte une station de jaugeage avec limnigraphes et un réseau de pluviomètres et de pluviographes.

Pour tirer de ces bassins le maximum de renseignements avec le minimum de frais, il est recommandé de les exploiter par groupes de plusieurs bassins (3 ou 4) imbriqués les uns dans les autres et de superficies différentes, par exemple 5, 25 et 100 km². L'équipement total d'un groupe comporte trois (ou quatre) stations de jaugeage avec limnigraphes, 15 à 20 pluviomètres et 5 ou 6 pluviographes. L'exploitation des résultats se fait habituellement par la méthode de l'hydrogramme unitaire.

Les études sur un groupe de bassins échantillons durent en principe trois ans. Pour une bonne utilisation du personnel très spécialisé chargé des études sur le terrain, il n'est pas question de lancer tous les petits bassins que l'on veut étudier la même année. Pour la partie du bassin du Sénégal qui fait l'objet de ce chapitre, une bonne solution consisterait à mettre en campagne simultanément 2 groupes de bassins expérimentaux, dans des régions géographiquement et climatiquement les plus différentes possibles. Au bout des trois années d'études, les mêmes équipes sont affectées à deux autres groupes de bassins choisis de la même manière. Si l'on envisageait un grand nombre de groupes, il serait tout indiqué de procéder suivant un échantillonnage au hasard; cela ne paraît pas souhaitable avec un nombre de groupes aussi restreint que celui qui vient d'être proposé. Au total, on pourra déclarer l'information recueillie satisfaisante au bout de 20 ans de cette pratique, mais il va sans dire que l'utilisation des résultats, même incomplets, pourra commencer dès la première campagne, surtout si l'on a eu soin de concilier le choix des emplacements avec les impératifs immédiats, ce qui est possible pour les bassins expérimentaux et ne l'est pas pour le réseau de base.

Du point de vue des bassins échantillons, la partie guinéenne du bassin du Bafing constitue un cas un peu spécial. Dans cette région, on s'intéresse en effet,

de façon toute particulière, au problème de l'érosion des sols. Or, le bassin expérimental, dont le nom prend alors toute sa signification, est un instrument bien adapté à l'étude de l'érosion et des moyens anti-érosifs. L'équipement doit être complété par une fosse à sédiments, aménagée sur un petit cours d'eau drainant une superficie de l'ordre de $0,5 \text{ km}^2$. Dans une première phase, on étudie le groupe de bassins dans son état naturel, comme pour une étude ordinaire de petits bassins, en mesurant simplement, en plus, les quantités de matériaux recueillis dans la fosse. Ensuite, on met l'ensemble en culture, en utilisant successivement différentes méthodes culturelles et en faisant varier les procédés anti-érosifs. Les études ainsi entreprises peuvent durer une dizaine d'années, pour chaque groupe, ou même plus. Un autre procédé consiste à choisir deux bassins semblables dont l'un reste en l'état naturel tandis que l'autre est défriché et mis en culture, ou simplement muni de dispositifs anti-érosifs; on acquiert ainsi plus vite des renseignements utilisables mais la méthode est moins sûre.

Il faudrait équiper en Guinée au moins un groupe de tels bassins expérimentaux. Les résultats pourront être comparés à ceux qui ont été obtenus par l'Orstom dans le bassin du Konkouré, sur le plateau des Timbis (Fouta-Djallon). On ne pourra déterminer un emplacement favorable à ces études qu'après une prospection assez détaillée.

4. MESURES DE DÉBITS SOLIDES

Quelques prélèvements ont été effectués dans le fleuve en vue de la mesure des débits solides mais ce ne sont là que des tentatives disparates dont on ne peut rien tirer de sérieux. Le problème des débits solides du Sénégal doit être repris à la base.

Tout d'abord, où doit-on mesurer ces débits ? De l'avis de l'expert, il suffirait, tout au moins dans une première phase, d'installer deux stations de prélèvements, l'une à Bakel et l'autre à Dagana. On rejoindrait ainsi les études sur le débit liquide total du fleuve déjà effectuées.

Quant aux procédés à utiliser, il faudrait les mettre au point au cours de la première campagne. On sait que les prélèvements du débit solide en suspension peuvent se faire au moyen de différents échantillonneurs ou simplement à la pompe. Les échantillonneurs, lorsqu'ils ont été étudiés et construits avec soin, permettent un mode de prélèvement correct qui n'altère pratiquement pas la concentration, mais présentent l'inconvénient de fournir des échantillons de faible volume. Cet inconvénient, peu

grave pour les matériaux très fins et les collodés, est prohibitif pour les matériaux relativement grossiers qui peuvent malgré tout se trouver en suspension; la bouteille de Delft, échantillonneur d'un type spécial, permet de pallier cet inconvénient. Ils présentent aussi l'inconvénient d'obliger l'opérateur à remonter la totalité de l'appareillage après chaque prélèvement, ce qui alourdit considérablement les mesures. Les prélèvements à la pompe ne présentent pas ces défauts, mais par contre on n'est pas assuré d'obtenir des concentrations correctes. Pour le chargement de fond, on pourra utiliser les nasses à sable et à gravier, mais on ne peut guère faire confiance à ces instruments; on pourra essayer aussi les traceurs radioactifs quoique ces derniers soient surtout efficaces pour étudier la progression des bancs de sable.

Quels que soient les procédés utilisés, il est conseillé de confier les mesures à des équipes spécialisées dont l'une sera installée en permanence à Bakel et l'autre en permanence à Dagana, chacune disposant d'un matériel complet de prélèvements et d'un laboratoire d'analyses. Il faudra également que ces équipes disposent de l'appareillage nécessaire aux mesures de la vitesse de l'eau qui doivent être faites en même temps que les prélèvements.

CHAPITRE VI

PROBLEMES CONCERNANT LA NAVIGATION

Du point de vue hydrologique, les problèmes concernant la navigation se présentent sous deux aspects totalement différents suivant qu'on envisage de conserver le fleuve en son état naturel ou au contraire de le régulariser totalement ou partiellement.

Dans le premier cas, il importe, pour choisir au mieux, c'est-à-dire le plus économiquement possible, une flottille adaptée au tonnage et à la qualité des marchandises qu'on envisage de transporter, de déterminer les tirants d'eau disponibles en tout point du chenal navigable et d'en faire l'étude statistique. Il est évident que cette étude ne portera que sur quelques points particuliers, ceux qui sont susceptibles de gêner la navigation, c'est-à-dire les seuils. On améliorera l'exploitation de la flottille si l'on dispose d'un service d'annonce des crues efficaces.

Dans le second cas, les possibilités de navigation dépendront du programme des lâchers d'eau aux barrages de régularisation. La question se ramène à un problème de débit limite se traduisant par les hauteurs limites au-dessus des différents seuils. On ne pourra plus se contenter de la connaissance des hauteurs, mais il faudra également établir des relations tirant d'eau-débit.

On se propose, dans ce chapitre, de traiter sommairement ces différents points. Le problème de l'annonce des crues sera évoqué dans un paragraphe spécial, car il concerne non seulement la navigation, mais également la protection des différentes escales.

1. Navigation sur le fleuve non aménagé

Le problème est connu depuis de nombreuses années, puisque depuis fort longtemps des flottilles sont exploitées par des compagnies de navigation, en particulier les messageries du Sénégal. Les données recueillies ne concernent pas directement l'hydrologie et sont exposées par l'expert en navigation.

Si l'on veut améliorer l'exploitation des flottilles, il faut connaître avec le maximum de précision la longueur des périodes pendant lesquelles on peut naviguer, compte tenu du tirant d'eau choisi. Ce tirant d'eau peut être soit une caractéristique fixe de la navigation fluviale (par exemple le désir de disposer de bateaux capables d'effectuer en mer des voyages réguliers), soit une variable du problème. Dans tous les cas, l'étude hydrologique doit être menée de la façon suivante :

Au droit de chaque seuil, on disposera une échelle ou un limnigraphie et on établira d'une part la correspondance entre les lectures à cette échelle et le tirant d'eau minimal sur le seuil relatif à une largeur de passe à fixer par le spécialiste de la navigation, d'autre part la corrélation entre l'échelle du seuil et une échelle témoin observée sur une longue période; on choisira pour cette dernière la station du réseau de base la plus proche du seuil.

Lorsque le seuil est rocheux, l'étude de la correspondance entre la hauteur à l'échelle du seuil et le tirant d'eau minimal ne présente pas de difficultés. On a de plus, dans ce cas, la possibilité d'améliorer une passe particulièrement gênante par déroctage si l'opération peut se faire dans des conditions économiques acceptables.

Si au contraire le seuil est sableux, il y a de fortes chances pour que les fonds varient au cours de l'évolution de la crue et notamment que le point le plus haut du seuil change de position. Il sera alors nécessaire d'effectuer des séries de profils en long et en travers durant des périodes jugées critiques pour la navigation.

Les échelles installées sur les seuils ne sont pas permanentes : elles sont simplement destinées à établir les corrélations entre tirants d'eau et échelles du réseau de base. Il suffira de les observer pendant quelques années : 2 ou 3 pour les seuils rocheux, mais 4 à 6 ou même plus pour les seuils sableux suivant la manière dont varient les fonds au cours des ans, à moins que soient mises en oeuvre des techniques spéciales permettant de stabiliser les passes.

Ayant établi les corrélations entre tirants d'eau et hauteurs à l'échelle de base (on a vu que c'était possible assez simplement), on peut convertir l'étude statistique sur les hauteurs à l'échelle de base observée depuis très longtemps, en étude statistique sur les tirants d'eau. Il est préférable, pour cette opération, de commencer par convertir les hauteurs à l'échelle de base en tirants d'eau pour la période la plus longue et de faire ensuite l'étude statistique directement sur les tirants d'eau; en effet, tout au moins à l'aval de Bakel, les corrélations seront cycliques pour peu que l'échelle de base soit assez éloignée du seuil et les transformations ne peuvent pas être effectuées sur des données statistiques.

Pour l'étude statistique des tirants d'eau, on peut se fixer un tirant d'eau et étudier la répartition statistique du nombre de jours de défaillance, c'est-à-dire du nombre de jours dans l'année pour lequel le tirant d'eau fixé ne sera pas

disponible. L'étude est effectuée pour différentes valeurs du tirant d'eau et se traduit par un graphique sur lequel on porte en ordonnées les nombres de jours de défaillance et en abscisses les probabilités. Sur le graphique sont tracées les courbes d'égal tirant d'eau.

On peut également se fixer un nombre de jours de défaillance et faire l'étude statistique des tirants d'eau correspondant à ce nombre. Le graphique portera alors en ordonnées les tirants d'eau et les courbes du graphique seront cotées en nombre de jours de défaillance, étant entendu que l'étude statistique aura porté sur plusieurs valeurs de cette dernière variable.

La considération de l'un ou l'autre de ces graphiques donne au spécialiste de la navigation tous les éléments hydrologiques désirables pour son étude économique. Les frais de l'opération peuvent être réduits en limitant les observations et les calculs aux périodes de l'année qui risquent de présenter quelque chance de défaillance et à des tirants d'eau raisonnables.

2. Announce des crues

Un service complet d'annonce des crues devrait prévoir à la fois les basses eaux pour orchestrer convenablement les départs des bateaux et éviter que l'un d'eux, parti d'une escale, ne puisse arriver à destination, et les hautes eaux pour permettre en temps utile de prendre les mesures de protection nécessaires à la sécurité des escales.

Pour le premier point, il suffit d'une prévision à court terme : deux jours est déjà un délai intéressant. Le problème technique est à peu près résolu pour la basse vallée, à l'aval de Bakel. Le service existe et fonctionne à la satisfaction générale.

Le second point est plus délicat. Les sites à protéger sont tous situés à l'aval de Bakel, mais la prévision à partir de Bakel ne laisse pas beaucoup de temps pour mettre en oeuvre les mesures de protection.

La propagation de la crue de Bakel à Saint-Louis a fait l'objet de nombreuses études, dont la dernière en date, qui constitue une mise au point à peu près définitive, est de Touchebeuf de Lussigny. Dans un premier temps, cet auteur étudie les corrélations, en général sensiblement linéaires, entre les hauteurs maximales annuelles aux couples successifs de stations, en se basant sur les relevés sûrs de la période 1935-59.

On trouve comme équations de régression (cotes en centimètres aux échelles) :

Entre Bakel et Matam $E_M = \frac{9}{16} E_B + 270$

Entre Matam et Kaédi $E_K = \frac{11}{12} E_M + 15$

Entre Kaédi et Boghé $E_B = \frac{15}{14} E_K - 20$

Entre Boghé et Podor $E_P = \frac{16}{17} E_B - 235$

Entre Podor et Dagana $E_D = 1,35 \cdot 10^{-3} \cdot E_P^2 - 0,675 E_P + 305$

Entre Dagana et St Louis $E_{SL} = \frac{4}{25} E_D + 100$

Les relations linéaires sont parfois contredites pour les faibles crues, mais alors la prévision ne présente plus d'intérêt pour la protection des escales. Dans un deuxième temps, le même auteur étudie la vitesse de propagation du maximum. Les très faibles crues (type 1944) se déplacent d'une façon analogue à une onde de translation et conservent de Bakel à Dagana une vitesse à peu près constante et relativement élevée (103 km/jour). Mais ceci est exceptionnel et la plupart des crues subissent un laminage dans le lit majeur qui ralentit considérablement la vitesse de propagation apparente du maximum. Cet effet est d'autant plus marqué que la crue est plus forte. Durant la période des observations, le cas extrême est représenté par la crue de 1936 pour laquelle la vitesse moyenne entre Bakel et Podor a été seulement de 13 km/jour.

Cependant, la corrélation entre la vitesse de propagation et l'importance du maximum, défini par exemple par la hauteur maximale observée à l'échelle de Bakel, n'est pas très nette. Cela provient entre autres du fait que la forme même de l'onde de crue intervient. Le tableau suivant, établi par Touchebeuf sur données directes, donne une idée de la variation du temps de propagation entre les différentes stations de la basse vallée.

TABLEAU XLIII

DUREE DE PROPAGATION (EN JOURS) DE BAKEL A :					
	Matain	Kaédi	Boghé	Podor	Dagana
Valeur maximale	23	27	36	47	55
Valeur de fréquence 25 %	8	17	27	40	48
Valeur de fréquence 50 %	5 $\frac{1}{2}$	11	23	34	38
Valeur de fréquence 75 %	3	8 $\frac{1}{2}$	17	26	33
Valeur minimale	1	4	6 $\frac{1}{2}$	11	12

Le fait que la durée de la propagation augmente avec l'importance de la crue est certes un facteur favorable. Malgré cela, les délais d'alerte sont un peu courts. C'est pourquoi, certains se sont attachés à prévoir les cotes mêmes à Bakel. Ces cotes maximales dépendent à la fois de la propagation de la crue sur le Sénégal et sur la Falémé. Il est possible d'établir une corrélation multiple permettant de déduire le maximum à Bakel du limnigramme à Ambibédi et du limnigramme à Kidira, en tenant compte des décalages. Mais cela n'est encore que d'un faible secours et ne fait gagner que 24 à 48 h. En se reportant plus à l'amont, on peut essayer de tabler sur les cotes à Mahina (Bafing) et à Kalé (Bakoye). Mais pour gagner vraiment du temps, il faudrait prévoir même les cotes maximales à ces stations.

Maurice, dans une note annexée à son rapport de tournée de 1952, expose une méthode basée sur l'utilisation de la pluviométrie. Les bassins de la Falémé, du Bakoye et Bafing sont divisés en un certain nombre de zones auxquelles on affecte un certain nombre de pluviomètres. Le schéma de l'annonce des crues est alors le suivant :

- les résultats journaliers obtenus aux pluviomètres sont transmis par radio à un poste central chargé de la prévision;
- on calcule chaque jour à partir du début de la montée des eaux les volumes cumulés des précipitations sur chacun des bassins.

On en déduit le débit moyen de la période par application d'un coefficient d'écoulement d'ailleurs variable suivant les mois.

- On déduit de ce débit moyen le débit maximal qui serait, selon Maurice, égal au double du débit moyen;
- à l'aide des différentes courbes de tarage, on en déduit les cotes correspondant aux différentes stations;
- lorsque le maximum est atteint en prévision à chacune des stations, on calcule le maximum à Bakel par corrélation avec les cotes maximales à Kidira, Lahina et Dioubéba (ou Kalé);
- à partir de Bakel, on détermine par corrélation les cotes maximales aux autres stations de la vallée.

La méthode est simple mais malheureusement les résultats ne sont pas brillants. Il fallait s'y attendre. En réalité, ce schéma est très insuffisant et la prévision hydro-pluviométrique devrait mettre en jeu des méthodes beaucoup plus complexes avec un nombre beaucoup plus grand de pluviomètres. On pourrait peut-être obtenir des résultats satisfaisants avec une méthode d'hydrogramme synthétique en disposant au bas mot d'une centaine d'appareils. Mais alors, la transmission immédiate des résultats poserait des problèmes quasi insolubles et, au bout de la chaîne, il faudrait un équipement de calcul moderne et très onéreux. L'expert ne pense pas que pour l'instant, et même avant longtemps, on puisse envisager une telle formule.

Il reste donc la prévision à court terme telle qu'elle se pratique actuellement; on peut sans doute l'améliorer un peu, mais on ne pourra guère, dans la perspective actuelle, aller plus loin. D'autre part, si la régularisation du fleuve est entreprise, même d'ici un certain nombre d'années, les efforts longs et dispendieux pour l'annonce des crues auraient été faits en pure perte.

3. Navigation sur le fleuve aménagé

Il paraît exclu à priori d'effectuer des barrages réservoirs uniquement pour la navigation. Un aménagement du fleuve ne peut être que multiple, et en priorité à but agricole ou hydroélectrique (pour le haut bassin). La navigation devra dès lors dépendre de la nature des aménagements qui auront été projetés et de l'utilisation qui en sera faite. Inversement, on peut concevoir que l'exploitation des ouvrages puisse être modifiée pour tenir compte de la navigation.

De toute manière, s'il est prématuré de fixer les conditions futures des aménagements, les éléments d'information hydrologiques à réunir, concernant une amélioration de la navigation, seront toujours les mêmes. Il faudra déterminer

pour chaque seuil les débits limites correspondant aux hauteurs-limites au-dessus des seuils. Mais alors, si la régularisation est totale ou du moins très avancée, ces débits seront liés aux hauteurs non plus par des relations cycliques, mais par des relations univoques, l'écoulement dans le fleuve étant alors pratiquement permanent. Il faudra donc s'assurer qu'à chaque station de base utilisée le tarage du lit mineur correspond bien à une gamme de débits pour laquelle la loi hauteur-débit peut être considérée comme univoque ou, s'il n'en est pas ainsi, faire les corrections adéquates au moyen de formules à établir en tenant compte des variations de pente.

On n'a guère, pour ce problème, à se préoccuper des débits passant dans les zones d'inondation mais lorsque les effluents sont importants, et surtout permanents, tel le Doué, il faudra en tenir compte. Il faudrait également tenir compte, dans la mesure du possible, des pertes dans le lit mineur par évaporation et par infiltration, ou tout au moins s'assurer que ces facteurs sont négligeables.

C H A P I T R E VII

PROBLEMES RELATIFS A L'ETUDE DU LIT MAJEUR

1/ - AMENAGEMENTS SANS REGULARISATION DU FLEUVE :

Du point de vue hydrologique, la phase la plus importante de l'étude du lit majeur, avec ses répercussions sur les possibilités hydroagricoles de la vallée, se rapporte au comportement du fleuve en son état naturel. Tel qu'il est actuellement, le fleuve déborde tous les ans des limites étroites de son lit mineur et va inonder des superficies plus ou moins importantes. Les populations se sont adaptées aux caprices de la nature et les cultures suivent l'évolution des crues dans leur irrégularité interannuelle. C'est une méthode qui présente quelques avantages, tels que la mise en jachère naturelle plus ou moins aléatoire (et non périodique, ce qui serait préférable) d'une partie des terres arables. Par contre, elle présente le solide inconvénient de rendre l'étendue des surfaces cultivables chaque année très incertaine, ce qui se traduit par une production particulièrement anarchique.

Sans toucher au régime du fleuve proprement dit, il n'est pas impossible, dans un certain nombre de cas bien choisis, d'augmenter la superficie des terres inondées pendant les années les plus défavorisées, au moyen d'aménagements simples et relativement peu onéreux. On peut citer par exemple le cas de la mare de Bérel dans le Lao (Ouallo mauritanien) ; cette dépression, entourée de levées de terrain, n'était alimentée que lors des fortes crues. Le creusement d'un canal, sous l'égide du Génie Rural, a permis une alimentation régulière à partir du marigot de M'Bagne et la récupération à peu de frais de surfaces cultivables.

L'aménagement de la mare de Bérel est un cas particulièrement simple qui a demandé peu d'études préalables. D'autres possibilités peuvent être envisagées en divers points du Ouallo, pour lesquelles les études hydrauliques devront être poussées bien davantage si l'on veut intervenir avec succès. Une des premières choses à faire, avant toute étude de détail et pour "y voir clair", est le recensement des terres inondables, compte tenu de l'irrégularité interannuelle de l'inondation naturelle. Ceci revient à faire l'étude de la répartition statistique dans le temps des superficies inondées. Cette étude peut se faire par région, ou par

"unité hydraulique". On entend par cette dernière expression un ensemble naturel pour lequel on est capable de définir une zone d'entrée du flot d'inondation (ou alimentation) et une zone de sortie (ou exutoire). Une telle étude nécessite des relevés sur un nombre suffisant d'échelles limnimétriques, réparties judicieusement dans le Ouallo et correctement nivélées. Elle exige également de posséder des cartes de la région au moins au 1/50 000⁰ avec des courbes de niveau équidistantes au plus de 1 m, condition réalisée dans la presque totalité de la vallée du Sénégal à l'aval de Bakel.

Ces campagnes de mesures, qui doivent correspondre, pour chaque zone étudiée, à au moins deux années d'hydraulicités très différentes, permettent de tracer le contour des zones inondées et d'évaluer leur superficie. Elles permettent également d'établir une corrélation, très grossière si le nombre de campagnes est faible mais, en général, suffisante pour les besoins de la cause, entre les différentes échelles du Ouallo et une station de base située sur le fleuve et observée depuis de nombreuses années. Pour établir les corrélations, il faut choisir un paramètre bien défini, par exemple la cote dépassée pendant 20 jours par an, ce qui correspond à la durée d'immersion requise pour la culture du mil de décrue dans les terres des colladés. À partir de ces corrélations, et après étude statistique des hauteurs à la station de base, il est possible de tracer sur la carte l'extension des zones d'inondation correspondant à un certain nombre de fréquences, par exemple : 0,1 humide, 0,5 0,2 sèche, 0,1 sèche, 0,05 sèche et 0,02 sèche. Il ne reste plus qu'à tracer pour chaque "unité hydraulique", la courbe des surfaces inondées par la crue naturelle, planimétrées sur les cartes en fonction des fréquences.

Une partie de cet inventaire a déjà été effectuée par le Génie Rural de Mauritanie dans les régions dites du Lao et du Toro, entre M'Bagne et Podor.

Le deuxième stade comporte l'étude hydraulique du remplissage et de la vidange des cuvettes de culture ou colladés. Cette étude doit être faite en l'état naturel afin de déterminer les éléments des ouvrages capables d'améliorer la situation de façon économique. Alors que, pour l'inventaire, on pouvait se contenter d'observer les cotes de l'eau, il faut maintenant effectuer des mesures de débits. Le but à atteindre est non seulement de faciliter le remplissage de la cuvette, mais aussi, en bien des cas, d'accélérer la vidange, après que la submersion ait duré suffisamment pour permettre la mise en culture. On cite, dans le rapport "Etude hydrologique du Toro" (M. ROCHE), le cas de la plaine de Boghé où il est possible d'améliorer le

11

complissage en creusant un canal dans le courroie de rive du Sénégal, immédiatement à l'aval de Boghé; l'étude n'a pas encore été faite, mais on indique dans ce rapport la marche à suivre pour la mener à bien, en particulier quels sont les paramètres qui doivent faire l'objet de mesures sur le terrain.

Ce deuxième stade suppose qu'on a déjà fait un choix parmi les cuvettes cultivées ou à mettre en culture. Il serait en effet inconcevable de faire une étude hydraulique systématique de tout le Ouallo, dont les trois quarts ne serviraient à rien parce que les cuvettes étudiées ne seraient pas susceptibles d'amélioration. Ce choix est guidé par les campagnes de mesures effectuées au premier stade et par des considérations d'ordre pédologique et agronomique. Il faut, entre autres, pour que l'alimentation d'un collengal puisse être améliorée, que la hauteur maximale atteinte par le plan d'eau dans ce collengal soit nettement inférieure à celle du plan d'eau à l'amont du point où l'on se propose de provoquer ou d'améliorer l'alimentation. De même, une accélération de la vidange ne sera possible que s'il existe un décalage notable entre la baisse du plan d'eau dans la cuvette et celle du plan d'eau en aval du point de restitution.

2/ - AMENAGEMENTS AVEC REGULARISATION :

Si du jour au lendemain, ou du moins dans un délai de quelques années seulement, on procéderait à la régularisation totale, ou presque totale du Sénégal, toutes les populations de la vallée seraient vouées à la famine, non seulement parce qu'elles ne pourraient plus pratiquer les cultures de décrue et n'auraient ni le temps, ni les moyens de se convertir à un autre mode d'exploitation agricole, mais parce que les poissons, qui constituent une part importante de l'alimentation, auraient pratiquement disparu, les frayères se trouvant, pour la plupart des espèces comestibles, dans les champs d'inondation.

La régularisation suppose donc un passage progressif de la culture de décrue à la culture totalement irriguée. Au départ, avant la construction de tout réservoir d'accumulation, il s'agit uniquement d'endiguer convenablement des surfaces sélectionnées atteintes par la crue naturelle et d'effectuer un contrôle des débits entrants et sortants. Le problème le plus important est celui du calage des digues; du point de vue hydrologique, c'est une question de statistique des hauteurs, analogue à celle qui se pose pour les cultures de décrue. En de nombreux cas, l'endiguement doit être complété par un canal d'aménée : les éléments hydrologiques à prendre en compte sont les mêmes.

Aux stades suivants, barrages digues puis régularisation totale avec pompage systématique ou alimentation par gravité dans certains cas, on retombe dans l'hydrologie du lit mineur avec influence des réservoirs et des différents plans d'eau.

Les éléments concernant les débits du Sénégal que l'on possède actuellement sont encore bien sommaires, ainsi qu'il a été dit à plusieurs reprises dans les chapitres précédents. On peut toutefois, avec ces éléments, se faire une idée de ce à quoi conduira un aménagement du Sénégal. Si, par exemple, le barrage de Gouina se construit, on s'apercevra rapidement que sa capacité est insuffisante et il faudra aménager d'autres sites en amont sur le Bakoy et le Bafing. On sera également conduit à créer des retenues sur la Falémé. Enfin, de proche en proche, on se verra contraint de réaliser sur la basse vallée tous les aménagements auxquels divers inventeurs ont déjà pensé, mettant ainsi un point final aux querelles de priorité qui ont longtemps fait hésiter les réalisateurs. Cet aspect de réactions en chaîne est bien particulier au Sénégal et tient à sa très grande irrégularité. C'est là un point de vue plutôt intuitif qui demanderait à être confirmé, ou infirmé, par un examen plus approfondi du régime, mais l'opinion personnelle de l'expert est que la Vallée du Sénégal devra être équipée entièrement ou pas du tout.

CHAPITRE VIII

PROBLEMES RELATIFS à l'ETUDE du DELTA

Le Delta, c'est-à-dire la zone comprise entre Rosso et l'océan dans laquelle le Sénégal se divise en de multiples bras qui inondent en hautes eaux de vastes superficies, est, de l'avis de la plupart des agronomes, voué à la culture du riz. Cette culture peut se comprendre avec une agronomie d'irrigation totalement contrôlée; l'alimentation se fait alors soit directement par l'amont avec écoulement par gravité, soit par pompage d'un débit régularisé. Dans les deux cas, il est nécessaire de disposer d'un barrage réservoir à l'amont de la zone : un site étudié, et probablement le seul possible, est celui de Dagana. Le problème hydrologique se ramène alors à l'étude des apports à Dagana, compte tenu des débits éventuellement dérivés dans le lac de Guiers pour une suralimentation de ce dernier, et des possibilités de stockage de la retenue ainsi créée.

Dans l'immédiat, et avant que les ouvrages de régularisation soient réalisés, ce qui prendra pas mal d'années en admettant même que cette solution soit retenue, il est possible de commencer une mise en valeur agricole tenant compte de l'évolution naturelle des crues. Le problème présente une certaine analogie avec l'étude du lit majeur dans la vallée, mais avec des dénivellées beaucoup plus faibles et en utilisant une submersion contrôlée au moyen de digues.

Dans ce but, quelques échelles ont déjà été mises en place par la division agronomique de la MAS; elles ont été plus ou moins bien observées depuis 1955. Il s'agit :

- Sur le Sénégal, des stations de :

Diama

Debi (zéro à -0,89 m IGN)

Rong

- D'une échelle sur le Gorom

- Sur le Lampsar, de la station de Ross Betio.

Les observations étaient effectuées par la division agronomique de la MAS.

En territoire mauritanien, de nombreuses échelles et limnigraphes ont été installés sur le fleuve et dans les zones d'inondation de la zone Rosso-Keur Macène, en 1961, par le Génie Rural de Mauritanie. Ces stations sont destinées à des études à caractère sporadique en vue d'établir la statistique des terres inondées, d'une manière analogue à ce qui avait été fait dans le Lao et le Toro. En 1962, les observations ont été poursuivies dans cette zone et prolongées jusqu'à Saint-Louis. Les études sur le terrain sont complétées par des reconnaissances avion, soit par photos, soit par l'observation directe. Ces survols ont pour but de préciser le contour de l'inondation aux différentes phases de la crue.

L'eau du Sénégal disponible à l'entrée du Delta ne peut pas être entièrement utilisée par l'irrigation. Il est nécessaire d'en réservier une partie pour l'alimentation en eau de Saint-Louis.

Un autre problème qui se pose dans le Delta est celui de la langue salée, c'est-à-dire du coin enfoncé par la mer dans les eaux douces du fleuve pendant la période des basses eaux. L'inconvénient de ce phénomène est évident : risque de contamination des eaux douces destinées à l'alimentation, restriction du pompage pour les irrigations, salure des terres. L'étude de cette question a été commencée par l'ORSTOM, au cours d'une campagne destinée à dégrossir le problème et à mettre au point les méthodes d'étude. Un des principaux résultats annexes de ce premier contact avec la langue salée a été de trouver dans les différentes sections sondées une répartition du sel relativement homogène, la concentration étant par ailleurs largement variable dans le temps et suivant le profil en long.

A première vue, deux moyens peuvent être utilisés pour combattre la rentrée du sel dans le fleuve : laisser un débit permanent suffisant, ou faire un barrage à Saint-Louis. L'étude du débit permanent nécessaire pour repousser la langue salée dans des limites acceptables peut se faire en étudiant simultanément la progression de cette langue salée, au moyen de prélèvements systématiques, et le débit en un point stable non influencé par la marée : Rochette, chargé de l'étude, a pensé au seuil de Diouldé Diabé.

CHAPITRE IX

PROBLEMES PARTICULIERS SANS INCIDENCE NOTABLE SUR LE REGIME DU FLEUVE

Lorsque l'expert a défini les limites du bassin du Sénégal, il a eu soin d'éliminer des zones qui, topographiquement, pourraient à l'extrême rigueur lui être attribuées, mais dont l'aréisme ou l'endoréisme est notoirement connu pour n'importe quelle année, quelle qu'en soit l'hydraulicité.

Pour le reste, toutes les parties attribuées au bassin sont loin d'être équivalentes du point de vue de leur contribution au régime. La majeure partie des apports au fleuve est drainée par les affluents issus du Fouta Djallon et du plateau mandingue. Le reste du bassin, sans être toujours inactif, correspond à des apports assez faibles pour que, si l'on venait à les supprimer, le régime du fleuve ne s'en trouve pas sérieusement altéré.

L'importance des superficies couvertes par ces régions hydrologiquement peu actives, justifie un classement à part dans l'ensemble des tributaires du Sénégal. Bien que l'étude en soit peu poussée, pour ne pas dire inexistante dans certains cas et embryonnaire dans les autres, il semble qu'il faille encore distinguer, parmi ces affluents déshérités, entre ceux qui apportent une contribution, faible en moyenne et à forte irrégularité interannuelle, mais réelle chaque année, et ceux dont les apports sont beaucoup plus sporadiques et nuls ou presque certaines années.

Au premier groupe appartiennent la Kolimbiné et le Gorgol, au second le Korakoro et la vallée du Serpent; au second groupe, on pourrait ajouter le bassin du Ferlo, mais le cas est particulier et il ne semble pas, jusqu'à plus ample informé, qu'on puisse y envisager le moindre aménagement hydraulique de surface.

1. GORGOL

C'est encore le mieux étudié des bassins versants faisant l'objet de ce chapitre. La superficie totale est de $19\ 500\ km^2$, mais la partie active s'arrête au confluent du Gorgol Noir et du Gorgol Blanc, les deux branches mères du Gorgol. A l'aval de ce confluent commence bientôt une zone largement inondable qui peut être considérée comme un prolongement du Ouallo Mauritanien; on l'appelle couramment le Ouallo du Gorgol.

Le mode d'alimentation du Ouallo du Gorgol est plus compliqué que celui d'un oualou ordinaire du fait que les apports du Gorgol viennent plus ou moins se mêler

à la crue du Sénégal à Kaédi. Un début d'étude a été tenté par la M.A.S. qui a posé une échelle à Léxeiba et une autre à Ganki. L'échelle de Léxeiba est suivie depuis 1956. En 1955, 4 jaugeages ont été effectués à Léxeiba : les hauteurs étant prises à l'échelle de Kaédi, ces jaugeages ne présentent aucun intérêt. En 1956, 13 jaugeages ont été effectués 15 km à l'amont de Léxeiba. Les résultats sont donnés dans le tableau XLIV.

TABLEAU XLIV

JAUGEAGES DU GORGOL A LEXEIBA

Date	Hauteur à l'échelle (cm)	Débits m ³ /s
4. 7.56	250	15
24. 7.56	152	7,8
25. 7.56	185	11,6
26. 7.56	270	21,8
27. 7.56	405	28
1. 8.56	407	32
2. 8.56	412	37,8
8. 8.56	401	40,4
19. 8.56	292	10,5
8. 9.56	466	54,6
12. 9.56	464	67,5
14. 9.56	461	54
22. 9.56	630	124

Sur le Gorgol Blanc, deux stations ont été installées, celle d'Agueïlat qui contrôle un bassin de 8370 km² et celle de Gleïta Tor qui contrôle un bassin de 3770 km².

La station de Gleïta Tor a été installée en 1958 et équipée d'une échelle et d'un limnigraphie OTT. Elle a été exploitée en 1958 et 1959 par la mission O.R.S.T.O.M. travaillant pour le compte du Génie Rural de Mauritanie. La station a été tarée au moyen de 39 jaugeages effectués pour des débits compris entre 0,08 m³/s et 41,6 m³/s.

En 1958, le volume écoulé a été de 100×10^6 m³, avec un débit maximal de 65 m³/s. En 1959, le volume écoulé n'a été que de $35,4 \times 10^6$ m³, avec un débit maximal de 48,5 m³/s.

La station d'Agueïlat, installée et exploitée par la M.A.S. en 1958, a été tarée au moyen d'une certaine de jaugeages. Elle comportait deux échelles, on espérait ainsi tenir compte des variations de pente de la ligne d'eau, et un limnigraph. Le volume écoulé en 1958 a été de $200 \times 10^6 \text{ m}^3$, soit deux fois plus qu'à Gleïta Tor, et le débit maximal : $73 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondant au maximum jaugé.

Sur le Gorgol Noir, une station a été installée par la M.A.S. à Foum Gleïta. Elle comportait deux échelles, toujours pour les mesures de pente, et un limnigraph. Cette station est située au point de franchissement des mers Oua-Oua par le Gorgol. Le bassin contrôlé est de 8950 km^2 .

En 1958, plus de cent jaugeages ont été effectués, permettant de calculer avec précision les apports annuels : $565 \times 10^6 \text{ m}^3$ avec un débit maximal de $172 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il faut ajouter à ces observations celles qui ont été effectuées en 1958 et 1959 par l'O.R.S.T.O.M. sur le bassin expérimental de Dionaba, affluent du Gorgol Blanc. A la station de mesures, équipée d'un limnigraph et d'une station de jaugeages, le bassin contrôlé était de 116 km^2 .

Le bassin expérimental, destiné à l'analyse du mécanisme de l'écoulement et du ruissellement, était équipé, outre la station de jaugeages principale, d'une station secondaire contrôlant un bassin de $37,5 \text{ km}^2$, de 4 pluviographes et de 20 pluviomètres, de deux échelles à maximums contrôlant des bassins de $5,1 \text{ km}^2$ et $2,3 \text{ km}^2$ et d'une station météorologique comportant un bac évaporimétrique. L'étude était faite par averse en utilisant la méthode de l'hydrogramme unitaire. Les résultats sont consignés dans les deux rapports de I. Brunet-Moret "Rapport sur les résultats de la campagne hydrologique dans la Brakna et le Tagant" de 1958 et 1959.

Bien que le bassin du Gorgol, comme il a été dit, soit, de toutes les régions qui font l'objet de ce chapitre, celui qui a été le mieux étudié, il n'en reste pas moins que les études jusqu'alors effectuées sont très insuffisantes pour la connaissance du régime et à plus forte raison pour servir de base au moindre aménagement. Il serait nécessaire de poursuivre les observations en reprenant au moins les stations citées dans ce paragraphe : Agueïlat, Gleïta Tor et Foum Gleïta.

Ce n'est pas là un problème facile. Si jusqu'à présent les observations ont été très sporadiques, c'est que précisément les conditions d'étude ne sont pas du tout favorables. Les difficultés d'accès sont telles qu'on ne peut guère, avec du matériel

courant, faire autrement que de laisser sur place une équipe spécialisée à chaque hivernage, d'où des dépenses excessives, compte tenu de l'intérêt économique de la région. L'utilisation d'appareils d'enregistrement robustes, à tables déroulantes, permettant un fonctionnement de longue durée, rendra sans doute possible la reprise des études à un prix raisonnable. De tels appareils sont actuellement disponibles sur le marché européen. Il reste à savoir si on pourra retrouver le calage des échelles ou des limnigraphes qui ont déjà été en service à ces stations de façon à réutiliser les étalonnages existants. Au pire, il sera nécessaire de prévoir de nouvelles campagnes de jaugeages qui nécessiteront la présence sur le terrain d'équipes spécialisées mais pendant la durée d'un ou deux hivernages seulement. Il n'en reste pas moins que l'exploitation des stations sera difficile et que les appareils devront être installés avec le plus grand soin, notamment en ce qui concerne la protection contre les nomades.

2. KOLIMBINE ET LAC MAGUI

Si l'on s'en réfère au réseau hydrographique et à la toponymie des cartes I.G.N. et du 1/1 000 000 OACI, le lac Magui est alimenté en amont par la Kolimbine, partie aval du Ouadou, et son affluent la Térékolé. Il est certain, étant donné la situation géographique et climatique de ces tributaires, qu'aucun des éléments du réseau hydrographique n'offre d'écoulement permanent.

Le "lac" Magui n'a pas de limites bien définies et se présente comme une dépression dans laquelle, en hivernage, des zones marécageuses entourent des mares plus profondes. En plus de son tributaire amont, il possède un bassin d'alimentation propre comportant, en rive gauche, un réseau hydrographique bien marqué dont le principal constituant est appelé Kolou dans la toponymie IGN. À la sortie du lac, ou du moins ce qu'on peut topographiquement considérer comme tel, le bassin total a une superficie de 29 500 km².

À l'aval de cet exutoire, la Kolimbiné reçoit le Kirigou (toponymie M.E.F.S) ou Korigou (Toponymie OACI) alimenté par un bassin total de 5 300 km². Les apports de cet affluent peuvent éventuellement être utilisés pour l'aménagement de la région du Magui. Entre le Korigou et le confluent du Sénégal, on note encore quelques tributaires dont le principal semble être le Falao.

Le lac Magui, la Kolimbiné, ses affluents et défluents ont fait l'objet d'une étude topographique assez complète de la part de la M.E.F.S. en 1936-37; notamment, 1 profil en long et 62 profils en travers ont permis d'établir une courbe de remplissage qui donne, en cotes M.E.F.S. :

Altitude M.E.F.S. (en mètres)	Superficie inondée (km ²)
56	129
55	123
54	112
53	95
52	69
51	52
50	40
49	26
48	17

Le nivelllement de la M.E.F.S. n'est pas, pour l'instant, rattaché au nivelllement I.G.N.

Les principaux éléments réunis sur le lac Magui et la Kolimbiné se trouvent dans un dossier dressé en 1937 par le Colonel Roou, alors directeur de la M.E.F.S. Il ne s'agit pas à proprement parler d'un rapport, mais d'une série de notes sur différents sujets, assorties d'un certain nombre de graphiques, de cartes et de plans.

En ce qui concerne l'hydrologie, on y trouve :

- des graphiques de hauteurs d'eau pour 1935-36, concernant l'échelle d'étiage de la Kolimbiné,
- les courbes de tarage des échelles d'étiage de la Kolimbiné et du Kirigou,
- un graphique des débits de la Kolimbiné,
- différents graphiques de peu d'intérêt concernant le remplissage et la vidange du lac,
- une note de calcul pour les débits de la Kolimbiné en 1935,
- une note de calcul pour l'étude de l'alimentation du lac par "la méthode du bassin versant".

D'autre part, quelques notes éparses provenant d'auteurs divers font également état de chiffres concernant les débits de la Kolimbéré et du Kirigou en 1935 et 1936. Les conclusions auxquelles on aboutit en lisant ces notes sont les suivantes :

Volume écoulé dans la Kolimbéré à l'aval du lac, dans le lit mineur

- en 1935	$546 \times 10^6 \text{ m}^3$
- en 1936	$632 \times 10^6 \text{ m}^3$

On trouve également des estimations des volumes écoulés dans le lit majeur : $100 \times 10^6 \text{ m}^3$ en 1935 et $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ en 1936 et les chiffres globaux d'écoulement sont donnés égaux à $646 \times 10^6 \text{ m}^3$ en 1935 et $832 \times 10^6 \text{ m}^3$ en 1936.

Volume écoulé en 1936 par le Kirigou :

- Août	$44 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Septembre	$65 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Octobre	$38,5 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Novembre	$16,6 \times 10^6 \text{ m}^3$

Les différents auteurs en concluent que les apports du Kirigou sont égaux à 30 % de ceux de la Kolimbéré.

Il reste l'étude de l'alimentation du lac Magui par ce que le Colonel Roou et les auteurs qui le citent appellent la "méthode du bassin versant". Dans la note P5 concernant l'application de cette méthode, on a divisé le bassin d'alimentation de la Kolimbéré dont la superficie est estimée alors à $19\ 900 \text{ km}^2$, en zones de différentes perméabilités, prises avec leurs superficies partielles, et auxquelles ont été affectés des coefficients d'écoulement :

- 12 % pour les roches supposées imperméables,
- 3 % pour les terrains "peu sablonneux",
- 6 % pour les terrains "moyennement sablonneux",
- 2 % pour les terrains "très sablonneux".

La pluviométrie moyenne prise en compte correspond, semble-t-il, mais cela n'est pas précisé, à la moyenne de Kayes et de Nioro. Moyennant d'autres hypothèses concernant le début de l'écoulement, l'opérateur arrive à une alimentation moyenne du lac égale à 600 millions de m^3 .

La mission du Colonel Roou employait des topographes expérimentés qui, tout au moins à l'échelle locale, devaient faire d'excellent travail. L'expert ne mettra pas en doute la valeur de la courbe de remplissage du lac. Par contre, il ne semble pas que cette mission ait comporté d'hydrologue spécialiste, ni même d'agents entraînés aux mesures de débit. On a déjà signalé, à propos d'autres études, le peu de confiance qu'il faut attribuer aux jaugeages de la M.E.F.S.

L'échelle de la Kolimbinié, d'après des sources émanant des archives de la M.A.S., autres que celles qui viennent d'être citées, était située au confluent du Kirigou, 3,5 km à l'aval de Dictéo et il est plus que probable que le remous du Kirigou influait notablement sur les hauteurs lues à l'échelle de la Kolimbinié. On a signalé l'existence d'une courbe de tarage, mais il n'a pas été possible de retrouver une liste des jaugeages effectués, dont les points représentatifs ne figurent du reste pas sur la courbe : on peut penser que si les résultats s'étaient bien présentés, l'auteur des notes concernant l'hydrologie se serait empressé de les communiquer.

Des remarques analogues peuvent être faites pour l'échelle du Kirigou située, elle aussi, pratiquement au confluent de la Kolimbinié.

Le zéro de ces deux échelles était à la cote 46,05 M.E.F.S. Les relevés, qui n'ont pas été tous exploités, ont été poursuivis, avec de nombreuses lacunes, jusqu'en 1950.

On n'insistera pas sur l'estimation des apports par la "méthode du bassin versant". Le caractère sommaire de cette étude, l'arbitraire total qui règne dans le choix des coefficients d'écoulement, choix qui semble par trop destiné à ajuster le résultat du calcul à une valeur des apports admise à l'avance, la légèreté des données pluviométriques prises en compte, enlèvent toute apparence de solidité aux résultats ainsi obtenus.

D'autre part, la durée des observations (deux années) est beaucoup trop courte pour que l'on puisse se faire la moindre idée de l'irrégularité interannuelle; or c'est là un facteur très important pour tout projet d'aménagement. Les valeurs extrêmes citées pour les apports dans différentes notes ne peuvent pas être prises en compte.

En conclusion, l'étude hydrologique est à reprendre totalement. Elle devrait comporter :

- l'étude des débits à l'entrée dans la dépression,
- l'étude des débits à la sortie de la dépression. Pour cette étude, on sera sans doute obligé d'installer une station assez loin à l'aval du confluent du Kirigou et d'évaluer séparément les apports de ce cours d'eau au moyen d'une station située à Ségalé ou même peut-être plus à l'amont.
- l'étude des niveaux, approximativement au milieu du lac,
- l'étude des apports séparés de la Kolimbiné et de la Térékolé à l'amont de ce dernier affluent,
- l'étude de l'évaporation au niveau du lac au moyen d'une station évaporimétrique assez complète équipée notamment d'un bac,
- l'étude de la pluviométrie au moyen d'un réseau aussi complet que possible de pluviomètres et de pluviographes. Il faudra sans doute faire appel à de nombreux appareils totalisateurs,
- l'équipement et l'exploitation de quelques bassins-échantillons de taille réduite destinés à l'étude des conditions de ruissellement dans les divers types de sol et conditions géographiques inclus dans le bassin d'alimentation.

Certaines de ces études seront à caractère très sporadique (durée de 2 à 3 ans au maximum). D'autres, telles que l'observation des débits entrant et sortant du lac, devraient durer le plus longtemps possible, dans la limite des délais de réalisation d'un éventuel projet. Cette durée, qui devrait être très longue si l'on se contentait d'observer uniquement ces débits, sera néanmoins considérablement réduite, pour une même approximation, par l'étude de l'ensemble du bassin et du mécanisme de l'alimentation.

3. KORAKORO

D'un point de vue purement topographique, le Korakoro prend sa source dans l'Affolé où son cours supérieur débute par l'Oued de Lehbilé qui, après avoir changé plusieurs fois de nom, rejoint la lisière nord-ouest du massif où il contribue à la mise en eau de la cuvette artificielle d'Oumoul Kheuz.

En année très abondante, le barrage d'Oumoul Kheuz renvoie vers l'aval quelques déversements durant les crues. De toute manière, ce barrage étant destiné à la culture par submersion de la cuvette qu'il contrôle, lorsque les villageois trouvent que cette

submersion a suffisamment duré, ils ouvrent les batardeaux des passes de vidange et l'eau stockée pendant la saison des pluies s'écoule vers l'aval. A ce point de son parcours, le futur Korakoro coule vers le sud, reçoit encore quelques apports fugitifs en provenance du versant ouest de l'Affolé et ne prend son nom définitif qu'au sud de Kiffa. Ce n'est qu'au bout d'environ 200 km de parcours NEE-SWW qu'il rejoint le Sénégal, à un peu plus de 20 km en amont du confluent de la Falémé.

Les seules études hydrologiques effectuées dans le bassin du Korakoro ont été faites en 1960 par l'O.R.S.T.O.M. pour le compte du Génie Rural de Mauritanie. Elles étaient menées sur l'Oued de Lehbilé, dans l'optique bien particulière de leur utilisation pour l'aménagement des cuvettes de submersion. Dans le rapport publié à l'issue de cette campagne "Hydrologie du Massif de l'Affolé" Campagne 1960 - on donne une idée des valeurs des apports et de leurs fréquences pour la vallée de Lehbilé à Oumoul-Kheuz, ainsi que le moyen d'évaluer grossièrement les crues exceptionnelles.

Après Oumoul-Kheuz, on ne sait strictement rien du régime du Korakoro. Il est à peu près certain, d'après différents témoignages, qu'un écoulement généralisé sur tout le cours de l'oued ne se produit pas tous les ans et peut-être même est-ce là un phénomène exceptionnel.

Il serait souhaitable d'installer quelques stations fixes, par exemple, en utilisant la toponymie OACI, à Aioun el Melsen, à Kankossa, et à Daédiéamé. Ce sont là des suggestions purement gratuites qu'il faudra examiner en détail quant aux possibilités de réalisation pratique.

4. VALLEE DU SERPENT

Il s'agit d'une dépression très allongée qui fut, selon certains géographes et géologues, l'ancien lit du Niger à l'époque où celui-ci constituait une des branches mères du Sénégal par l'intermédiaire du Baoulé.

Topographiquement, l'appartenance actuelle de la vallée du Serpent au bassin du Sénégal ne fait aucun doute. En se basant sur les cotes I.G.N. indiquées sur la carte O.A.C.I., l'altitude de cette vallée décroît régulièrement de 266 m, à Akor jusqu'à 241 m à Torodo. La pente générale est confirmée par un niveling tachéométrique effectué par l'Office du Niger en 1955 (Vallée).

Ce niveling part de différents points du Marigot de Molodo, affluent bien connu du Niger, avec une altitude d'environ 289 m. Il traverse un bourrelet dont la cote la

plus basse doit être à peine inférieure à 300 m. Ce bourrelet, de formation dunaire, doit être une des causes principales de la séparation du Niger d'avec le Sénégal. On rencontre ensuite successivement :

- La mare de Kandara (281 m)
- La mare de Guiré (275 m)
- La mare de Guida (285 m)

Cet ensemble de dunes et de mares constitue actuellement un ensemble anarchique ne comportant pas de réseau hydrographique organisé et dans lequel on ne peut guère parler de pente générale.

Bien qu'encore ici la situation ne soit pas toujours très nette, on peut considérer que la vallée du Serpent commence à Akor, avec une altitude de 284 m environ (nettement plus forte que la cote donnée par la carte O.A.C.I., mais il faudrait vérifier que le système de nivellement est bien le même). La vallée se comporte ensuite comme une longue série de creux et de bosses, mais avec une pente générale très nette vers l'ouest, jusqu'à Tadjoua on trouve une altitude guère supérieure à 277 m. On trouve ensuite, en ne citant que quelques points : 273 m à Guéloua, 269 m à Soma-Takoro et 264 m en bout de cheminement.

D'Akor à la fin du cheminement, la dénivellation est de 283,8 - 264,3 = 19,5 m pour une distance de 206 km, soit une pente moyenne de 0,095 pour mille, ce qui est déjà très honnête. Cependant, cette pente est loin d'être régulière; l'examen du profil en long montre une série de creux et de bosses qui se traduit par un chapelet de mares pendant la saison des pluies. Il est certain que, si les apports étaient plus importants, la morphologie de cette vallée serait toute autre et que, durant l'hivernage, elle présenterait un écoulement continu en direction du Sénégal. En fait, aucune observation systématique des débits ou même des écoulements d'un point de vue purement qualitatif n'a été poursuivie dans la vallée du Serpent. Il paraît toutefois peu probable qu'un écoulement continu se présente de façon normale et il ne semble pas opportun d'organiser des observations hydrologiques même succinctes. Si la vallée du Serpent est un jour appelée à faire l'objet d'un aménagement hydraulique, c'est sans doute au Niger qu'il faudra faire appel, et non aux apports propres au bassin de la Vallée elle-même.

Pour la vallée du Serpent, il s'agit dès lors d'un problème purement hydraulique, le problème hydrologique étant reporté sur le Niger, c'est-à-dire en dehors de l'objet de la Mission.

CHAPITRE X

ORGANISATION DES ETUDES HYDROLOGIQUES AU SEIN D'UN COMITE TECHNIQUE INTERNATIONAL EVENTUEL

Les études hydrologiques dans le bassin du Sénégal ne sont pas une nouveauté, comme on a pu le constater tout au long de ce rapport. D'autre part, créer de toutes pièces un service hydrologique rationnel, capable de suffire à toutes les tâches qui peuvent lui être demandées sans faire appel à une aide extérieure, même provisoire, ne paraît pas très réaliste. Il faut donc essayer d'esquisser un organigramme qui pourra, sans détruire l'unité de l'ensemble, intégrer tel organisme d'état, ou telle section d'un organisme d'état existant, et supporter sans se désarticuler que telle tranche du programme soit confiée, généralement à titre provisoire, à une firme privée ou un organisme public étranger.

Par ailleurs, un certain nombre d'études hydrologiques sont déjà engagées ou projetées par convention entre l'Administration et des organismes étrangers, en général par l'intermédiaire de l'aide bilatérale. On citera, au Sénégal l'étude de la langue salée, en Mauritanie les études hydro-agricoles du Delta, au Mali l'étude de la Kolimbiné et du lac Magui. Pour ces études, l'organisme international ne devrait pas intervenir mais s'assurer des liaisons permanentes avec les techniciens chargés de leur exécution. Les contacts devraient également être permanents avec les directions des services météorologiques des différents Etats.

Compte tenu de ces quelques principes, on va maintenant examiner une structure possible de l'organisation des études, construite de manière à pouvoir être maintenue au moins dans ses grandes lignes quelle soit la forme administrative qui sera finalement retenue. Pour avoir une vue synthétique de cet organigramme le lecteur pourra se reporter au TABLEAU XLV.

1. ORGANISATION DES ETUDES

Quelle que soit la forme qui sera donnée au Comité technique, il y aura toujours, au départ des activités hydrologiques, un chef que l'on appellera comme on voudra et qui a été désigné provisoirement dans l'organigramme comme "Directeur de l'Hydrologie".

Il sera un expert de classe internationale, rompu à toutes les méthodes de l'hydrologie tropicale et possédant si possible une bonne connaissance de l'Afrique. Le choix de ce personnage est capital pour la suite des opérations, car le fonctionnement des différentes sections dépendra en grande partie de son dynamisme, de son sens des responsabilités, de son autorité aussi bien sur le plan humain que sur le plan scientifique. Il devra aussi posséder suffisamment de tact pour les relations extérieures avec les sociétés travaillant en marge du Comité et les différents services d'Etat intéressant sa partie.

Au sommet, la Direction de l'Hydrologie dépend directement du Secrétaire exécutif général (ou autre désignation) chargé de diriger, surtout du point de vue administratif, l'ensemble des opérations relatives au développement intégré du bassin. Le Directeur de l'Hydrologie fait partie du collège des experts chargés de diriger les opérations techniques et de conseiller, chacun pour sa partie, le Secrétaire général dans ses relations avec les Gouvernements des Etats Membres du Comité Inter-États; il n'a pas de contacts officiels directs avec les représentants de ces Gouvernements.

Le Directeur de l'Hydrologie est assisté dans ses travaux par un secrétaire et une dactylo; il dispose également d'un bureau d'étude réduit (1 agent technique et 1 dessinateur) chargé de l'aider pour la mise au point des études de synthèses qui sont de son ressort. Les études de détail et le dépouillement des mesures sont à la charge des différents services techniques.

Il a également sous ses ordres les chefs des trois sections qui se partagent les différentes activités de base. La structure de ces sections sera décrite pour des raisons de commodité comme s'il s'agissait d'un organisme monobloc; on verra par la suite comment elle peut s'interpréter dans le cadre d'une participation de services d'Etat et d'organismes étrangers. Il ne sera pas fait mention non plus de la possibilité d'intervention d'experts consultants pour lesquels on se contentera, dans la phase actuelle de cette étude, de prévoir quelques crédits. Les problèmes de formation du personnel autochtone, à tous les échelons, et de son insertion progressive dans l'organisation seront évoqués dans un paragraphe spécial.

Quant à la localisation de la Direction de l'Hydrologie il serait plus que souhaitable qu'elle se fît à Saint-Louis.

a) RESEAU DE BASE (1ère section)

Le réseau hydrologique de base, c'est-à-dire l'ensemble des stations permanentes devant être exploitées pendant une durée indéfinie, est placé sous la direction d'un ingénieur chef du réseau, relevant de l'autorité directe du Directeur de l'Hydrologie. Cet Ingénieur sera de préférence un hydraulicien ayant une formation d'hydrologue; mais des ingénieurs d'une autre formation peuvent également convenir, pourvu qu'ils aient une pratique suffisante de l'hydrologie. Il sera basé à Saint-Louis.

L'Ingénieur aura à son service un secrétariat et un bureau d'études réduits comportant :

- l'employé aux écritures pouvant taper à la machine
- l'calculateur
- l'dessinateur pouvant être éventuellement utilisé à d'autres travaux de bureau.

Il sera chargé de diriger et de contrôler le travail des brigades sur le terrain et de rassembler les résultats pour lesquels il établira un mode de classement et de fichage. Il est bien entendu qu'il disposera du matériel et des locaux nécessaires à l'accomplissement de sa mission :

- Bureaux et matériel de classement
- Table à dessin
- Machine à calculer
- Machine à écrire
- Planimètre, curvimètre, menu matériel de dessin et de bureau.

Il disposera également d'un véhicule tous terrains avec chauffeur et, en commun avec les autres chefs de sections, d'une vedette.

Les 6 brigades dont il a la responsabilité se répartissent comme suit :

BRIGADE DE KAEDI (1)

Basée à Kaédi (ou en telle autre localité de la vallée qui sera jugée préférable), cette brigade sera chargée de l'entretien du réseau d'échelles et du contrôle des lecteurs, de Saint-Louis à Ouaoundé. Elle devra effectuer toutes les mesures de débits liquides qui lui seront demandées et les dépouiller.

A cet effet, elle devra disposer :

- d'un véhicule tous terrains
- d'une vedette

- d'un canot pneumatique 6 places avec moteur hors-bord
 - d'un équipement de mesures complet pour jaugeages par intégration (saumon de 25 kg)
 - d'un matériel de bureau suffisant pour le dépouillement des jaugeages
 - de l'outillage manuel courant pour fer et bois, peinture,etc...
 - d'un niveau de faible portée (type dit "de chantier") pour la vérification du calage des échelles,
- et sera composée de :
- 1 chef de brigade, agent technique hydrologue confirmé,
 - 2 aides,
 - 1 manoeuvre,
 - 1 chauffeur,
 - 1 pilote.

En outre, le réseau contrôlé comportera une quinzaine de lecteurs d'échelles.

BRIGADE DE KAYES (2)

Basée à Kayes, cette brigade sera chargée de l'entretien du réseau d'échelle et du contrôle des lecteurs de Ouaoundé à Bafoulabé. Elle devra effectuer toutes les mesures de débits liquides qui lui seront demandées et les dépouiller.

A cet effet, elle devra disposer :

- d'un véhicule tous terrains,
 - d'une vedette,
 - d'un canot pneumatique 6 places avec moteur hors-bord,
 - d'un équipement de mesures complet pour jaugeages par intégration (saumon de 50 kg),
 - d'un équipement de mesures léger pour jaugeages à la perche,
 - du matériel de bureau suffisant pour le dépouillement des jaugeages,
 - de l'outillage manuel courant pour fer et bois, peinture,etc...,
 - d'un niveau de chantier,
- et sera composée de :
- 1 chef de brigade,
 - 2 aides,
 - 1 manoeuvre,

- 1 chauffeur,
- 1 pilote.

En outre, le réseau contrôlé comportera 6 ou 7 lecteurs d'échelles.

BRIGADE DE LA FALEMÉ ET DU EAFING (3)

Son point d'attache reste à déterminer. Elle sera chargée de l'entretien du réseau d'échelles et du contrôle des lecteurs sur la totalité du cours de la Falémé et sur le Bafing de Mahina à Dakka Saïdou. Elle devra effectuer toutes les mesures de débits liquides qui lui seront demandées et en assurer le dépouillement.

A cet effet, elle devra disposer :

- d'un véhicule tous terrains,
 - d'un canot pneumatique 6 places avec moteur hors-bord,
 - d'un équipement de mesures complet pour jaugeages par intégration (sauvons de 50 kg et 25 kg),
 - d'un équipement de mesures léger pour jaugeages à la perche,
 - d'un matériel de bureau suffisant pour le dépouillement des jaugeages,
 - de l'outillage manuel courant pour fer et bois, peinture, etc ...,
 - d'un niveau de chantier,
- et sera composée de :
- 1 chef de brigade,
 - 1 aide,
 - 1 manoeuvre,
 - 1 chauffeur.

En outre, le réseau contrôlé comportera 6 à 7 lecteurs d'échelles.

BRIGADE DU BAKOY ET DU BAOULE (4)

Elle sera basée vraisemblablement à Mita. Elle sera chargée de l'entretien du réseau d'échelles et du contrôle des lecteurs sur le Bakoy (sauf la partie guinéenne) et le Baoulé. Elle devra effectuer toutes les mesures de débits liquides qui lui seront demandées et en assurer le dépouillement.

A cet effet, elle devra disposer :

- d'un véhicule tous terrains,
- d'un canot pneumatique 6 places avec moteur hors-bord,

- d'un équipement de mesures complet pour jaugeages par intégration (saumon de 25 kg),
 - d'un équipement de mesures léger pour jaugeages à la perche,
 - du matériel de bureau suffisant pour le dépouillement des jaugeages,
 - de l'outillage manuel courant pour fer et bois, peinture, etc ...,
 - d'un niveau de chantier,
- et sera composée de :
- 1 chef de brigade,
 - 1 aide,
 - 1 manoeuvre,
 - 1 chauffeur.

En outre, le réseau contrôlé comportera 11 à 12 lecteurs d'échelles.

BRIGADE GUINÉENNE (5)

Son point d'attache reste à déterminer. Elle sera chargée de l'entretien du réseau d'échelles et du contrôle des lecteurs dans les parties guinéennes des bassins du Bafing et du Bakoy. Elle devra effectuer toutes les mesures de débits liquide qui lui seront demandées et en assurer le dépouillement.

A cet effet, elle devra disposer :

- d'un véhicule tous terrains,
 - d'un canot pneumatique 6 places avec moteur hors-bord,
 - d'un équipement de mesures complet pour jaugeages par intégration (saumon de 25 kg),
 - d'un équipement de mesures léger pour jaugeages à la perche,
 - du matériel de bureau suffisant pour le dépouillement des jaugeages,
 - de l'outillage manuel courant pour fer et bois, peinture, etc ...,
 - d'un niveau de chantier,
- et sera composée de :
- 1 chef de brigade,
 - 1 aide,
 - 1 manoeuvre,
 - 1 chauffeur.

En outre, le réseau contrôlé comportera 5 ou 6 lecteurs d'échelles.

BRIGADE DU SAHEL (6)

Dans les premières années de son existence, cette brigade aura surtout la charge du Gorgol et du Korakoro. Elle sera chargée de l'installation du réseau de totalisateurs avant la saison des pluies et de son retrait après la saison des pluies. Elle devra installer les stations hydrométriques prévues sur le Korakoro et reprendre les stations du Gorgol. Elle sera chargée de l'exploitation de ces stations et, le cas échéant, du contrôle des lecteurs.

Outre les appareils destinés à l'installation des stations (limniographes et échelles) elle devra disposer :

- d'un véhicule tous terrains dont l'entretien devra être particulièrement soigné,
 - d'un canot pneumatique avec moteur hors-bord,
 - de 30 pluviomètres totalisateurs et de 3 ou 4 pluviographes,
 - d'un ensemble complet de mesures pour jaugeages par intégration (saumon de 25 kg),
 - d'un équipement de mesures léger pour jaugeages à la perche,
 - du matériel de bureau suffisant pour le dépouillement des jaugeages,
 - de l'outillage manuel courant,
 - d'un niveau de chantier,
- et sera composée de :
- 1 chef de brigade,
 - 1 aide,
 - 1 manoeuvre,
 - 1 chauffeur.

La brigade étant essentiellement itinérante, il importe peu qu'elle soit basée en dehors de Saint-Louis. D'autre part, il est peu probable qu'elle ait à sa charge plus de 1 ou 2 observateurs.

b) ETUDES HYDROLOGIQUES SPECIALES

Elles seront placées sous la direction d'un ingénieur hydrologue confirmé qui disposera d'un secrétariat rudimentaire et d'un bureau d'études un peu plus étoffé que pour le réseau de base. En effet, l'interprétation originale des renseignements

recueillis dans sa section demandera un personnel plus nombreux et plus compétent; en particulier, il sera utile de lui affecter un ingénieur-adjoint. La composition de son bureau central pourra être la suivante :

- 1 ingénieur-adjoint,
- 1 employé aux écritures,
- 1 dactylo,
- 2 calculateurs,
- 2 dessinateurs.

Le rôle du chef de section et de son adjoint sera de diriger les études sur le terrain (effectuées par huit brigades) et de les interpréter. A cet effet, ils devront disposer chacun d'un véhicule de tournée avec chauffeur et d'une vedette en commun avec les autres chefs de sections. Le Chef de section sera chargé également du service d'annonce des crues, en liaison avec son collègue du réseau de base.

Brigades des débits solides

Deux brigades chargées de la mesure des débits solides du fleuve sont installées, l'une à Bakel, l'autre à Dagana. Leur composition et leur équipement sont identiques :

- Véhicule tous terrains
- Portière composée de 2 canoës métalliques avec moteur hors-bord et accessoires de navigation
- Appareils de prélèvement à définir après étude préliminaire
- Équipement complet pour jaugeages point par point
- Cercle hydrographique
- Laboratoire d'analyse
- Matériel de bureau suffisant pour les dépouillements.

Personnel :

- 1 chef de brigade
- 2 opérateurs
- 2 manœuvres
- 1 chauffeur

Brigade pour les études hydrologiques relatives à la navigation

Pour cette brigade, il s'agit essentiellement de mettre en place, d'entretenir et de contrôler les lectures des échelles provisoires à installer au droit des 35 seuils catalogués par l'expert en navigation, d'Ortogotel à Kerr (voir rapport Dekker)

Elle sera composée du Chef de brigade et de deux manœuvres et disposera d'une vedette pour ses déplacements.

Elle contrôlera en principe 35 lecteurs mais il est probable que la plupart des lectures seront effectuées par le Chef de Brigade lui-même au cours de ses déplacements.

Brigades pour les études dans le lit majeur (Ouallo)

Le rôle de ces brigades, au nombre de deux, est de poursuivre dans toute la vallée l'inventaire commencé par le Génie rural de Mauritanie. De l'avis de l'expert, et si on veut être efficace, il faut que cet inventaire soit progressif, chaque brigade n'ayant à s'occuper, pour chaque campagne, que d'une superficie assez restreinte dans laquelle on installerait un réseau d'échelles relativement serré, à raison de 30 environ par brigade.

L'installation des échelles se fera au cours de la saison sèche précédant la première campagne. Les échelles devront être implantées de façon à ne pas bouger durant les 3 ans que durera normalement leur exploitation; avec un peu de soin, c'est là une chose relativement aisée. Le rattachement des échelles au nivelllement I.G.N pourra se faire par un topographe du Comité Technique; les travaux de la Direction de l'Hydrologie ne justifiant pas l'emploi à plein temps de ce genre de spécialiste, ou faire l'objet d'un marché avec un bureau privé de topographie.

Chaque brigade sera composée de :

- 1 chef de brigade
- 1 aide
- 2 manœuvres

Elle contrôlera 10 à 20 lecteurs.

Elle disposera du matériel nécessaire à l'installation et à l'entretien des échelles, d'un véhicule tous terrains, d'un canot pneumatique muni d'un hors-bord de faible puissance.

BRIGADE DU DELTA

Son rôle sera analogue à celui des brigades du Ouallo, sa composition et ses moyens seront les mêmes.

Brigades des bassins versants expérimentaux

Ces deux brigades sont chargées d'installer et d'exploiter par campagnes de trois ans des groupes de petits bassins en vue de leur étude par les méthodes de l'hydrologie analytique. On a vu que chaque groupe comporte en principe 3 bassins imbriqués de tailles différentes. Le choix de l'emplacement des groupes est fixé par le Chef de section avec l'accord du Directeur de l'Hydrologie, éventuellement après avis d'un expert consultant.

Chaque brigade est composée de :

- 1 chef de brigade, agent technique hydrologue qualifié
- 2 aides hydrologues entraînés
- 4 manœuvres
- 1 chauffeur

Elle dispose du matériel suivant :

- deux véhicules tous terrains dont un véhicule léger
- 1 canot pneumatique
- 1 appareillage complet pour jaugeages par intégration (saumon de 25 kg)
- 1 appareillage léger pour jaugeages à la perche
- 3 limnigraphes
- 6 pluviographes
- 20 pluviomètres
- 1 station climatologique pouvant comporter un bac évaporatoire
- Matériel divers (campement, bureau, etc...)

L'équipe séjournant sur le lieu des études durant tout l'hivernage, un campement sommaire mais suffisant doit être installé sur place avant la saison des pluies.

Le cas des bassins expérimentaux de Guinée, destinés à l'étude de la lutte contre l'érosion des sols, doit être examiné à part et confié, séparément de toute autre activité, à un bureau d'étude privé. On se contentera, dans le chapitre suivant, de chiffrer approximativement les dépenses à engager, sans insister sur la composition de l'équipe chargée de mener à bien les études.

c) Etudes d'évaporation

Ces études sont dirigées par un Ingénieur Chef de réseau qui doit posséder de solides connaissances dans le domaine de la climatologie, notamment des mesures

d'évaporation et de rayonnement solaire. Il est assisté par un Secrétariat et un bureau d'études réduit :

- 1 employé aux écritures
- 1 dactylo
- 1 calculateur pouvant dessiner à l'occasion.

Il doit disposer aussi d'un véhicule tous terrains et d'un chauffeur.

Il contrôle les 3 stations principales comportant chacune :

- 1 chef de station formé dans un laboratoire de mesure du rayonnement solaire et capable d'assurer l'entretien de l'appareillage
- 2 aides météorologistes
- 1 manœuvre

et les 10 stations secondaires pourvues d'un seul observateur classé aide-météorologue.

L'équipement de ces stations a été décrit au chapitre V.

2. AMÉNAGEMENT DE L'ORGANIGRAMME POUR TENIR COMPTE DES DIFFÉRENTES CONTINGENCES - FORMATION DU PERSONNEL AFRICAIN

L'organigramme qui vient d'être exposé correspond à un programme de choc destiné à reprendre en main des études que différentes circonstances avaient amené à négliger quelque peu. Il conduit en fait à des dépenses assez lourdes, mais ceci pendant une durée qui peut être assez réduite. C'est ainsi que, lorsque le réseau hydrologique fonctionnera normalement, la plupart des stations actuellement existantes ou envisagées pour un proche futur auront été étalonnées, les six brigades prévues dans l'organigramme pourront se réduire à trois, en faisant fusionner les deux brigades du fleuve et les trois brigades des affluents, par contre, la brigade sahélienne devrait être maintenue. De même, au chapitre des études hydrologiques spéciales, on sera sans doute amené à supprimer au moins une des brigades s'occupant des débits solides et totalement les trois brigades concernant le Ouallo et le Delta.

Quelle sera la durée de fonctionnement à pleins effectifs ? Cela dépend de la nature des travaux. Pour le réseau on peut se fixer honnêtement un délai de 5 ans, peut-être moins. Pour le Ouallo et le Delta, ce sera un peu plus long : 9 ou 10 ans. Pour les débits solides, cela dépendra des résultats obtenus ; mettons 5 ans. Quant

aux études hydrologiques concernant la navigation, si le réseau d'échelles est installé complètement dès la première campagne, elles ne doivent pas durer plus de 3 ans.

Pour ce qui est de la réalisation du programme qui consiste à remplacer les mots facilement écrits sur le papier par des techniciens de qualité, il ne faut pas se faire trop d'illusion sur les possibilités de recrutement. Au départ, dans les quatre pays intéressés, on trouvera peut-être un ou deux agents techniques africains capables de tenir le rôle de chef de brigade et aucun ingénieur, les rares hydrauliciens existant actuellement ne sont pas disponibles. On pourra certes s'adresser au recrutement international, mais là encore on aura des difficultés à trouver suffisamment de techniciens familiarisés avec l'hydrologie tropicale.

Reste la cession de tout ou partie du programme à des services d'Etat ou à des firmes ou des organismes étrangers. Les services hydrologiques d'Etat, quand ils existent, sont faibles et font déjà souvent eux-mêmes appel à l'assistance technique. Il faudra donc traiter avec des organismes étrangers réputés pour leurs études hydrologiques antérieures et parfaitement au courant des techniques de travail en pays africains. L'organigramme est présenté par l'expert et conçu de manière à ce que le programme correspondant puisse être confié par tranches à tel organisme que l'on jugera valable : par exemple, la partie "réseau" peut faire l'objet d'un marché sans que la cohésion de l'ensemble en souffre, l'équipe chargée de la réalisation répondant directement de son activité au Directeur de l'Hydrologie. Il se peut également qu'une firme privée soit intéressée par les deux brigades du Ouallo ; un marché peut être passé, par lequel l'équipe correspondante sera complètement intégrée dans la section "Etudes hydrologiques spéciales", etc...

L'intérêt de ce système est que la réscription de certaines activités ne poserait aucun problème, les contrats pouvant être établis pour des durées limitées couvrant juste la période estimée nécessaire pour la durée des études particulières envisagées.

Parallèlement au démarrage des études, il faudrait se préoccuper de la formation du personnel africain. La formation "sur le tas" ne peut, de l'avis de l'expert, se pratiquer que sur des gens ayant déjà acquis un certain nombre de connaissances

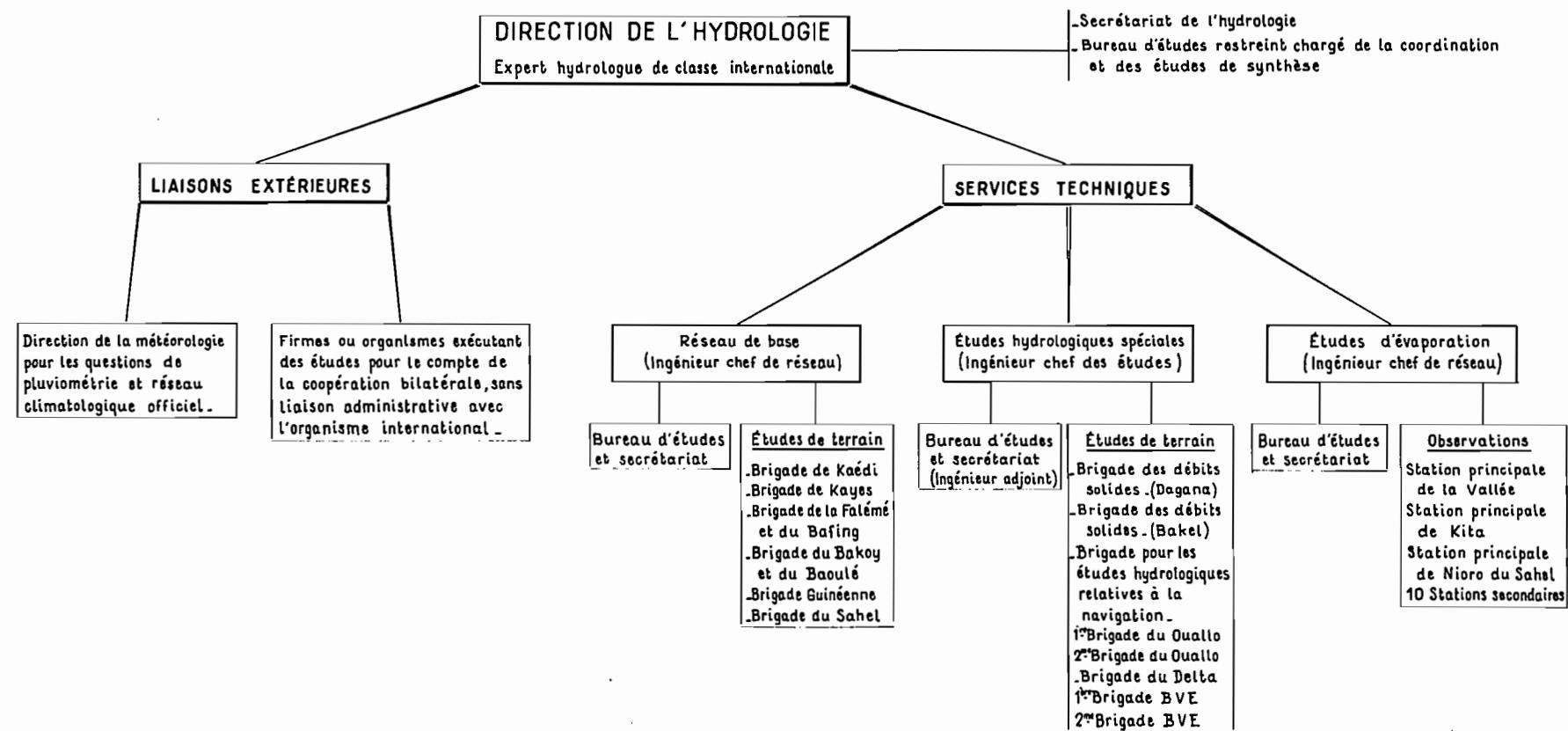
générales, autrement elle risque d'être fort longue, sauf bien entendu pour les aides-hydrologues. Il peut se faire que des agents subalternes sortent du rang, mais il faut considérer cela comme un événement exceptionnel sur lequel on ne peut pas compter.

Au niveau du Chef de brigade, et c'est par là que commencera l'encadrement africain, il faut arriver à recruter un certain nombre de gens du niveau du baccalauréat et à les former au préalable dans une école d'agents techniques hydrologues. Il est question de créer une école de ce type en Afrique pour les Etats d'expression française sous l'égide de la C.C.T.A., mais le projet semble long à sortir. On notera que, dans cette école, il est également prévue une formation d'aides hydrologues.

Au niveau de l'Ingénieur, le problème est encore plus difficile à résoudre à cause du peu d'attraction qu'éprouvent en général les étudiants africains pour les carrières techniques. Il faudrait arriver à intéresser un certain nombre de jeunes gens et à leur obtenir des bourses pour qu'ils puissent étudier dans une école d'hydrauliciens, de langue française de préférence puisque les pays intéressés sont d'expression française. Après un passage d'une année dans un organisme spécialisé dans les études hydrologiques, ils seraient aptes à seconder les chefs de sections, parachevant ainsi leur formation. Ceci est évidemment très long, puisqu'il faut compter dix ans pour faire un ingénieur hydrologue confirmé, à partir du moment où il commence à préparer le concours de l'école d'ingénieurs qui lui assurera sa formation de base, mais il est indispensable de procéder ainsi si l'on veut s'assurer les services de chefs valables et non pas, à toute force et au détriment de l'avenir, parer au plus pressé.

L'expert considère que l'évaluation du financement nécessaire à la formation du personnel n'est pas de son ressort et pense que ce financement doit être assuré par les Gouvernements intéressés ou par tout autre procédé, mais pas par le Comité technique international.

Tableau XLV
ORGANISATION DES ÉTUDES HYDROLOGIQUES DANS LE BASSIN DU SÉNÉGAL
AU SEIN D'UN COMITÉ TECHNIQUE INTERNATIONAL



CHAPITRE XI

Devis estimatif sommaire des
dépenses à engager en vue de la poursuite des études

L'étude de prix qui fait l'objet du présent chapitre a pour but de fixer un ordre de grandeur des dépenses à envisager pour la poursuite des études hydrologiques dans le cadre de l'organigramme proposé par l'expert. Elle n'est pas définitive, car il est facile de comprendre que le temps imparti à la mission des Nations Unies n'a pas permis de rassembler des données parfaitement exactes tant pour l'organisation des études hydrologiques que pour les prix unitaires envisagés, lesquels dépendent en outre du choix des matériels qui seront finalement adoptés. Elle ne fait pas non plus état des études particulières en vue d'aménagements définis. Dans cet ordre d'idée, on peut toutefois citer l'estimation faite pour les études hydrologiques sur la Kolimbiné et le lac Magui : 100 millions CFA répartis sur trois ans. Les études concernant les bassins expérimentaux de Guinée en vue de la défense contre l'érosion des sols peuvent en outre être chiffrées à 100 millions CFA répartis sur dix ans. On utilisera le franc CFA pour l'ensemble des estimations, dans un but de simplification; on se souviendra que ce franc est au pair avec le franc malien et le franc guinéen.

Les estimations sont en outre basées sur l'espoir que les droits de douane imposés sur les matériels entrants seront raisonnables, et reposent sur les taux actuels généralement appliqués en matière de salaires. Elles sont applicables dans ces conditions à des soumissions faites par des organismes étrangers ou des sociétés privées, moyennant l'addition des frais généraux et bénéfices.

Dans un premier paragraphe, on indiquera les prix unitaires correspondant aux différents postes. Puis, à l'aide de ces prix unitaires, on estimera les dépenses par ensemble d'études figurant sur l'organigramme.

1. Prix unitaires

a. Charges du personnel

Les prix sont indiqués toutes charges comprises, notamment le logement, les voyages et congés pour le personnel étranger, à l'exclusion des frais généraux et des bénéfices de la firme chargée des études. Ils s'entendent par année de service.

<u>Code</u>	<u>Désignation</u>	<u>Prix (Frs CFA par an)</u>
A	Expert hydrologue international	7.000.000
B	Ingénieur chef de section	6.000.000
C	Ingénieur adjoint	4.000.000
D	Chef de brigade ou de station	3.000.000
E	Aide hydrologue ou climatologue	600.000
F	Secrétaire	800.000
G	Dessinateur	500.000
H	Calculateur	400.000
I	Dactylo	350.000
J	Pilote	400.000
K	Chauffeur	350.000
L	Manoeuvre	200.000
N	Observateur	60.000
K	Expert consultant (prévisions forfaitaires d'honoraires)	

b. Matériel

Pour ce genre de dépenses, sont indiqués les prix par catégorie de matériel à l'unité, ainsi que les durées d'amortissement généralement admises en pays tropical.

<u>Code</u>	<u>Désignation</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>	<u>Amortissement (années)</u>
M1	Véhicule tous terrains avec accessoires (prix moyen)	1.800.000	2 ans 1/2
M2	Véhicule léger	600.000	2 ans 1/2
M3	Vedette avec accessoires	3.000.000	5 ans
M4	Portière	300.000	5 ans
M5	Canot pneumatique	250.000	2 ans
M6	Moteur hors-bord	300.000	5 ans
M7	Lot de campement pour un ingénieur ou un chef de brigade	150.000	3 ans
M8	Lot d'outillage pour une brigade	250.000	5 ans
M9	Lot de matériel de bureau pour une brigade	200.000	5 ans
M10	Lot de matériel de bureau pour une section ou pour la direction	1.000.000	5 ans

<u>Code</u>	<u>Désignation</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>	<u>Amortissement (années)</u>
M11	Lot de matériel divers pour une brigade (Topo etc.)	200.000	5 ans
M12	Ensemble de jaugeage lourd intégrateur	1.800.000	5 ans
M13	Ensemble de jaugeage léger sur perche	250.000	5 ans
M14	Ensemble de mesure, débits solides et liquides	1.500.000	5 ans
M15	Limmigraphé journalier	150.000	10 ans
M16	Limmigraphé longue durée	300.000	10 ans
M17	Pluviographe	100.000	10 ans
M18	Fluviomètre (avec son éprouvette)	5.000	10 ans
M19	Station météo de campagne avec bac	100.000	5 ans
M20	Station évaporation secondaire complète installée	200.000	10 ans
M21	Station évaporation principale complète installée	5.000.000	10 ans
M22	Laboratoire d'analyse pour prélèvements débits solides, installé	1.000.000	5 ans

c. Matières consommables et entretien

<u>Code</u>	<u>Désignation</u>	<u>Prix (Frs CFA par an)</u>
C1	Essence, huile et entretien pour véhicules tous terrains	600.000
C2	Essence, huile et entretien pour véhicules légers	200.000
C3	Essence, huile et entretien pour vedettes	1.000.000
C4	Matières consommables diverses (bois, fer, quincaillerie, ciment, etc.) pour une brigade	200.000
C5	Fournitures de bureau, bandes d'enregistrement, etc. pour une section	200.000
C6	Produits, casse de verrerie, etc. pour un laboratoire	200.000

2. Estimation des dépenses pour les cinq premières années

Dès la mise en place du dispositif chargé des études hydrologiques, il faudra prévoir l'achat de la presque totalité du matériel. D'autre part, il a été indiqué qu'au bout d'un certain laps de temps, en moyenne 5 ans, le volume des effectifs pourra être réduit. Il est donc nécessaire d'examiner d'abord les dépenses afférentes

aux cinq premières années. Dans un autre paragraphe, on fera l'estimation pour les cinq années suivantes.

a. Direction de l'hydrologie

Cet organe sera, quelles que soient les solutions administratives adoptées, directement financé par les Nations Unies et les estimations sont donc exemptes de frais généraux estimés par ailleurs. Pour la période des cinq premières années d'études, les dépenses à envisager seront les mêmes que pour les cinq années suivantes. Elles se décomposent ainsi :

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
A	7.000.000	5	35.000.000
F	800.000	5	4.000.000
I	350.000	5	1.750.000
D	3.000.000	5	15.000.000
R			3.000.000
G	500.000	5	2.500.000
M2	600.000	2	1.200.000
C2	200.000	5	1.000.000
C5	200.000	5	1.000.000
M1C	1.000.000	1	1.000.000
Total			65.450.000

b. Réseau de base

Bureau du chef de réseau :

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
B	6.000.000	5	30.000.000
I	350.000	5	1.750.000
H	400.000	5	2.000.000
G	500.000	5	2.500.000
M1C	1.000.000	1	1.000.000
M1	1.800.000	2	3.600.000
C1	600.000	5	3.000.000

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
M7	150.000	2	300.000
K	350.000	5	1.750.000
C5	200.000	5	<u>1.000.000</u>
			46.900.000
Frais généraux 30 %			<u>14.070.000</u>
Total			<u>60.970.000</u>

Brigade de Kaédi :

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
D	3.000.000	5	15.000.000
E	600.000	10	6.000.000
L	200.000	5	1.000.000
K	350.000	5	1.750.000
J	400.000	5	2.000.000
N	60.000	75	4.500.000
M1	1.800.000	2	3.600.000
C1	600.000	5	3.000.000
M3	3.000.000	1	3.000.000
C3	1.000.000	5	5.000.000
M5	250.000	2	500.000
M6	300.000	1	300.000
M7	150.000	2	300.000
M8	250.000	1	250.000
M10	200.000	1	200.000
M11	200.000	1	200.000
M12	1.000.000	1	1.000.000
C4	200.000	5	<u>1.000.000</u>
			48.600.000
Frais généraux 30 %			<u>14.580.000</u>
Total			<u>63.180.000</u>

Brigade de Kayes :

La composition et l'équipement de cette brigade seront les mêmes que celle de Kaédi. Le prix de revient ne différera que par les frais moins élevés d'observateurs (poste N) : 2.100.000 au lieu de : 4.500.000 Frs CFA, soit une différence de 2.400.000 Frs CFA.

Prix de revient	46.200.000
Frais généraux 30 %	13.860.000
Total	60.060.000

Brigade de la Falémé et du Bafing :

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
D	3.000.000	5	15.000.000
E	600.000	5	3.000.000
K	350.000	5	1.750.000
L	200.000	5	1.000.000
N	60.000	35	2.100.000
M1	1.800.000	2	3.600.000
C1	600.000	5	3.000.000
M5	250.000	2	500.000
M6	300.000	1	300.000
M7	150.000	2	300.000
M8	250.000	1	250.000
M9	200.000	1	200.000
M11	200.000	1	200.000
M12	1.000.000	1	1.000.000
M13	250.000	1	250.000
C4	200.000	5	1.000.000
			<u>34.450.000</u>
Frais généraux 30 %			<u>10.335.000</u>
Total			<u>44.785.000</u>

Brigade du Bakoy et du Baoulé

Le personnel et l'équipement sont les mêmes que pour la brigade de la Falémé et du Baïng. Le prix diffère par le nombre plus grand d'observateurs : 3.600.000 au lieu de 2.100.000, soit une différence de 1.500.000 Frs CFA

	Prix de revient	35.950.000
	Frais généraux 30 %	10.785.000
	Total	<u>46.735.000</u>

Brigade guinéenne

Le personnel et l'équipement sont les mêmes que pour la brigade de la Falémé et du Baïng. Le nombre de lecteurs sera également sensiblement le même. On peut conserver la même estimation, soit 44.785.000

Brigade sahélienne

Code	Prix unitaire (Frs CFA)	Nombre d'unités	Prix (Frs CFA)
D	3.000.000	5	15.000.000
E	600.000	5	3.000.000
K	350.000	5	1.750.000
L	200.000	5	1.000.000
M1	1.800.000	2	3.600.000
C1	600.000	5	3.000.000
M5	250.000	2	500.000
M6	300.000	1	300.000
M7	150.000	2	300.000
M8	250.000	1	250.000
M9	200.000	1	200.000
M11	200.000	1	200.000
M12	1.000.000	1	1.000.000
M13	250.000	1	250.000
M16	300.000	6	1.800.000
M17	100.000	6	600.000
M18	5.000	40	200.000
C4	200.000	5	1.000.000
<u>Frais généraux 30 %</u>			<u>33.950.000</u>
<u>Total</u>			<u>44.135.000</u>

Récapitulation des dépenses pour le réseau de base

Bureau du chef de réseau	60.970.000
Brigade de Kaédi	63.180.000
Brigade de Kayes	60.060.000
Brigade de la Falémé et du Bafing	44.785.000
Brigade du Bakoy et du Baoulé	46.735.000
Brigade guinéenne	44.785.000
Brigade sahélienne	<u>44.135.000</u>
Total pour le réseau de base (5 ans)	364.650.000

c. Etudes hydrologiques spéciales

Bureau du chef des études :

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
B	6.000.000	5	30.000.000
C	4.000.000	5	20.000.000
I	350.000	10	3.500.000
H	400.000	10	4.000.000
G	500.000	10	5.000.000
M1	1.800.000	4	7.200.000
C1	600.000	10	6.000.000
M10	1.000.000	1	1.000.000
C5	200.000	5	<u>1.000.000</u>
<i>Frais généraux 30 %</i>			77.700.000
Total			<u>23.100.000</u>
			100.800.000

Brigade des débits solides de Dagana

<u>Code</u>	<u>Prix unitaires (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
D	3.000.000	5	15.000.000
E	600.000	10	6.000.000
K	350.000	5	1.750.000
L	200.000	10	2.000.000
M1	1.800.000	1	1.800.000
C1	600.000	3	1.800.000

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
M4	300.000	1	300.000
M6	300.000	1	300.000
M8	250.000	1	250.000
M9	200.000	1	200.000
M14	1.500.000	1	1.500.000
M22	1.000.000	1	1.000.000
C4	200.000	5	1.000.000
C6	200.000	5	1.000.000
			<u>33.900.000</u>
<u>Frais généraux 30 %</u>			<u>10.170.000</u>
			<u>44.070.000</u>

Brigade des débits solides de Bakel

Même équipement, même personnel et mêmes dépenses que pour celle de Dagana, soit : 44.070.000

Brigade pour les études hydrologiques relatives à la navigation (3 ans)

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
D	3.000.000	3	9.000.000
L	200.000	6	1.200.000
M3	3.000.000	1	3.000.000
C3	1.000.000	3	3.000.000
M7	150.000	2	300.000
N	60.000	90	<u>5.400.000</u>
			<u>21.900.000</u>
<u>Frais généraux 30 %</u>			<u>6.570.000</u>
			<u>28.470.000</u>

Première brigade du Ouallo

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
D	3.000.000	5	15.000.000
E	600.000	5	3.000.000
L	200.000	10	2.000.000
M1	1.800.000	2	3.600.000

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
C1	600.000	5	3.000.000
M5	250.000	2	500.000
M6	300.000	1	300.000
M7	150.000	2	300.000
M8	250.000	1	250.000
M9	200.000	1	200.000
M11	200.000	1	200.000
C4	200.000	5	<u>1.000.000</u>
Frais généraux 30 %			<u>29.350.000</u>
			<u>8.805.000</u>
			38.155.000

Deuxième brigade du Cuallo

Même équipement, même personnel que pour la première brigade.

Prix 38.155.000

Brigade du Delta :

Même équipement, même personnel que pour les brigades du Cuallo.

Prix 38.155.000

Première brigade des bassins expérimentaux

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
D	3.000.000	5	15.000.000
E	600.000	10	6.000.000
K	350.000	5	1.750.000
L	200.000	20	4.000.000
M1	1.800.000	2	3.600.000
M2	600.000	2	1.200.000
C1	600.000	5	3.000.000
C2	200.000	5	1.000.000
M5	250.000	2	500.000
M7	150.000	2	300.000
M8	250.000	1	250.000
M9	200.000	1	200.000

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
M11	200.000	1	200.000
M12	1.000.000	1	1.000.000
M13	250.000	1	250.000
M15	150.000	3	450.000
M17	100.000	6	600.000
M18	5.000	20	100.000
M19	100.000	1	100.000
C4	200.000	5	<u>1.000.000</u>
<u>Frais généraux 30 %</u>			<u>40.500.000</u>
			<u>12.150.000</u>
			<u>52.650.000</u>

Deuxième brigade des bassins expérimentaux

Même personnel, même équipement que pour la première.	
Prix	52.650.000
<u>Récapitulation pour les études hydrologiques spéciales</u>	
Bureau du chef des études	100.800.000
Brigade des débits solides de Dagana	44.070.000
Brigade des débits solides de Bakel	44.070.000
Brigade pour les études hydrologiques relatives à la navigation	28.470.000
Première brigade du Ouallo	38.155.000
Deuxième brigade du Ouallo	38.155.000
Première brigade des BVE	52.650.000
Deuxième brigade des BVE	<u>52.650.000</u>
Total pour les études hydrologiques spéciales	399.020.000

D. Etudes d'évaporation

Bureau du chef des études :

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
B	6.000.000	5	30.000.000
I	350.000	10	3.500.000
G	500.000	5	2.500.000
K	350.000	5	1.750.000

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
M1	1.800.000	2	3.600.000
C1	600.000	5	3.000.000
C5	200.000	5	1.000.000
M7	150.000	2	300.000
M10	1.000.000	1	<u>1.000.000</u>
			46.650.000
Frais généraux 30 %			<u>13.470.000</u>
			60.645.000

Pour chaque station principale

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
D	3.000.000	5	15.000.000
E	600.000	10	6.000.000
L	200.000	5	1.000.000
M2	600.000	1	600.000
C2	200.000	3	600.000
M8	250.000	1	250.000
M9	200.000	1	200.000
M21	5.000.000	1	<u>5.000.000</u>
			28.650.000
Frais généraux 30 %			<u>8.595.000</u>
			37.245.000
soit, pour 3 stations			111.735.000

Pour chaque station secondaire

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs CFA)</u>
E	600.000	5	3.000.000
M2C	200.000	1	<u>200.000</u>
			3.200.000
Frais généraux			<u>960.000</u>
			4.160.000
soit, pour 16 stations			41.600.000

Récapitulation pour les études d'évaporation

Bureau du chef des études	60.645.000
Stations principales	111.735.000
Stations secondaires	<u>41.600.000</u>
Total pour les études d'évaporation	213.980.000

Récapitulation des dépenses pour les 5 premières années d'études hydrométéorologiques:

Direction de l'hydrologie	64.450.000 Frs.CFA
Services techniques (sous contrats)	
Réseau de base	364.650.000 Frs.CFA
Etudes hydrologiques spéciales	399.020.000 Frs.CFA
Etudes d'évaporation	<u>213.980.000 Frs.CFA</u>
Total des contrats	977.650.000 Frs.CFA

Il faut ajouter à cela les honoraires d'experts consultants qu'on peut évaluer, pour cette première période de 5 ans, à environ 20.000.000 Frs.CFA, et la mise à disposition d'une vedette pour les 3 chefs de section, soit environ 8.000.000 Frs.CFA pour la durée de cette première tranche de travaux. On arrive ainsi, pour les services techniques, à un total d'environ 1 milliard de francs CFA.

En outre, on considère comme une chose acquise que les ingénieurs pourront éventuellement utiliser un avion de reconnaissance qui sera mis sur demande à leur disposition par le Comité Technique International.

3. Evaluation des dépenses pour la seconde période de 5 ans

Lorsqu'on abordera cette seconde période quinquennale, un certain nombre d'éléments nouveaux auront surgi : les études concernant la navigation seront terminées, on pourra considérer que les débits solides commenceront à être assez bien connus et qu'une seule brigade suffira pour continuer les observations. Sur le réseau de base, il n'y aura plus guère qu'un travail de surveillance et d'entretien, sauf pour la brigade sahélienne. Il sera toutefois nécessaire de continuer les étalonnages, ne serait-ce qu'à titre de contrôle, mais de façon beaucoup plus sporadique.

En second lieu, on peut espérer que la formation du personnel africain commençera à porter ses fruits, tout au moins au niveau des chefs de brigade. Il en résultera de substantielles économies, ce personnel travaillant à des taux normaux alors qu'un personnel étranger doit être rétribué au prix fort si l'on veut qu'il accepte le déplacement. Cependant, on ne tiendra pas compte, provisoirement, de ce fait, afin de ne pas ménager de surprises désagréables au cas où le recrutement ne se soit pas révélé aussi fructueux qu'on le désirait.

a. Direction de l'hydrologie

Prix inchangé 64.450.000 Frs.CFA

b. Réseau de base

Bureau du chef de réseau :

Prix inchangé 60.970.000 Frs.CFA

Brigade du fleuve :

Cette brigade remplace les deux brigades de Kaédi et de Kayes. Elle est structurée de la même manière que l'une d'elles. Tout le matériel étant arrivé à amortissement, les dépenses à prévoir sont les mêmes que pour une des anciennes brigades, compte tenu de l'accroissement du nombre des lecteurs.

Prix 65.300.000 Frs.CFA

Brigade du haut bassin :

Elle remplace les 3 brigades : Falémé-Bafing, Bakoy-Baoulé, brigade guinéenne.

Mêmes remarques que pour la brigade du fleuve.

Prix 51.355.000 Frs.CFA

Brigade sahélienne :

Une partie du matériel n'est pas amorti. Les dépenses se répartissent comme suit :

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs.CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs.CFA)</u>
D	3.000.000	5	15.000.000
E	600.000	5	3.000.000
L	200.000	5	1.000.000
K	350.000	5	1.750.000
M1	1.800.000	2	3.600.000
C1	600.000	5	3.000.000
M5	250.000	2	500.000
M6	300.000	1	300.000
M7	150.000	2	300.000
M8	250.000	1	250.000
M9	200.000	1	200.000
M11	200.000	1	200.000

à reporter : 29.100.000

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs.CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs.CFA)</u>
		Report :	29.100.000
M12	1.000.000	1	1.000.000
M13	250.000	1	250.000
C4	200.000	5	<u>1.000.000</u>
			31.350.000
	<i>Frais généraux 30 %</i>		<u>9.405.000</u>
			40.755.000

Récapitulation pour le réseau de base :

Bureau du chef de réseau	60.970.000
Brigade du fleuve	65.300.000
Brigade du haut bassin	51.355.000
Brigade sahélienne	<u>40.755.000</u>
Total pour le réseau de base	218.380.000 Frs.CFA

c. Etudes hydrologiques spéciales

Dans la seconde phase, un certain nombre d'études étant terminées, le bureau du chef des études pourra être moins étouffé que dans la première, contrairement à ce qui se passe pour le réseau de base dont le bureau d'étude sera au moins aussi chargé, sinon plus, dans la seconde phase que dans la première.

Bureau du chef des études :

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs.CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs.CFA)</u>
B	6.000.000	5	30.000.000
I	350.000	10	3.500.000
G	500.000	5	2.500.000
H	400.000	5	2.000.000
K	350.000	5	1.750.000
M1	1.800.000	2	3.200.000
C1	600.000	5	3.000.000
M7	150.000	2	300.000
M10	1.000.000	1	1.000.000
C5	200.000	5	<u>1.000.000</u>
			48.250.000
	<i>Frais généraux 30 %</i>		<u>14.475.000</u>
			62.725.000 Frs.CFA

Brigade des débits solides :

Le prix de revient d'une brigade sera sensiblement le même, le matériel pouvant être considéré comme amorti, mais il y aura une seule brigade au lieu de deux.

Prix :

44.070.000 Frs.CFA

Brigades du Ouallo :

Dispositif inchangé pour la période de la 6ème à la 10ème année. Ces deux brigades disparaîtront dans les phases suivantes.

Prix pour les deux brigades :

76.310.000 Frs.CFA

1ère brigade des bassins expérimentaux :

Une partie du matériel ne sera pas amortie.

<u>Code</u>	<u>Prix unitaire (Frs.CFA)</u>	<u>Nombre d'unités</u>	<u>Prix (Frs.CFA)</u>
D	3.000.000	5	15.000.000
E	600.000	10	6.000.000
K	350.000	5	1.750.000
L	200.000	20	4.000.000
M1	1.800.000	2	3.600.000
C1	600.000	5	3.000.000
M2	600.000	2	1.200.000
C2	200.000	5	1.000.000
M5	250.000	2	500.000
M7	150.000	2	300.000
M8	250.000	1	250.000
M9	200.000	1	200.000
M11	200.000	1	200.000
M12	1.000.000	1	1.000.000
M13	250.000	1	250.000
M19	100.000	1	100.000
C4	200.000	5	<u>1.000.000</u>
			39.350.000
<u>Frais généraux 30 %</u>			<u>11.805.000</u>
			<u>51.155.000 Frs.CFA</u>

2ème brigade des bassins expérimentaux :

Prix	51.155.000 Frs.CFA
------	--------------------

Récapitulation pour les études spéciales :

Bureau du chef des études	62.725.000 Frs.CFA
Brigade des débits solides	44.070.000 Frs.CFA
2 Brigades du Ouallé	76.310.000 Frs.CFA
2 Brigades des BVE	102.315.000 Frs.CFA
Total pour les études spéciales	285.420.000 Frs.CFA

d. Etudes d'évaporation

Les installations ne sont pas amorties. Il faudra donc déduire du chapitre se rapportant aux stations les dépenses occasionnées par ces installations. On arrive à la récapitulation suivante :

Bureau du chef des études	60.645.000 Frs.CFA
Stations principales	92.235.000 Frs.CFA
Stations secondaires	39.000.000 Frs.CFA
Total pour les études d'évaporation	191.880.000 Frs.CFA

Récapitulation des dépenses pour la période allant de la 6ème à la 10ème année d'études :

Direction de l'hydrologie	64.450.000 Frs.CFA
Services techniques	
Réseau de base	213.380.000 Frs.CFA
Etudes hydrologiques spéciales	285.420.000 Frs.CFA
Etudes d'évaporation	191.880.000 Frs.CFA
Total des contrats	695.680.000 Frs.CFA

Il faut ajouter à cela les honoraires d'experts consultants qu'on peut évaluer, comme pour la première période, à environ 20.000.000 Frs.CFA, et la mise à disposition d'une vedette pour les 3 chefs de secteur, soit environ 8.000.000 Frs.CFA pour cette tranche de travaux.

Liste des documents concernant l'hydrologie

Outre les originaux des lecteurs d'échelle, les diagrammes d'enregistrement, les carnets de jaugeages et de nivelllement conservés dans les archives de la MAS, un certain nombre de documents relatifs à l'hydrologie du Sénégal peuvent être consultés avec intérêt. Il en est donné ci-dessous une liste non exhaustive.

- Rapports annuels de la subdivision du fleuve donnant notamment le déroulement des campagnes hydrologiques et la liste des jaugeages effectués.

- Service de l'hydraulique de l'Office du Niger (SHON) - Rattachement au nivelllement général SHON des zéros des échelles d'étiage, calage des différents éléments (Bakel, Matam, Podor, Saldé, Kayes, Félo, Galouge, Bafoulabé). Document manuscrit datant de 1932.

- Documents sur le lac Magui : Rapports de Costes de 1919 et 1920 - Rapport Colino de 1937 - Notes rassemblées dans un dossier par le colonel Roou et analysées dans le chapitre du présent rapport concernant cette question, 1937.

- Rapport du colonel Roou du 14 août 1939 : "Echelles d'étiage du Sénégal et de ses affluents", contenant un répertoire des stations pour chacune desquelles est donnée une description de l'échelle et éventuellement la cote du zéro en système MEFS : Saint Louis-Port, Richard-Toll, Dagana, Podor, Boisé, Salué, Diorbivol, Kaédi, Matam, Bakel, Ambiédi, Kayes, Gouina, Galougo, Bafoulabé, Kaédi, Kidira, Sémona (Kolimbéré et Kirigou), Mahina, Toukoto, Dismoka, Faréna, ainsi qu'une série de graphiques : implantation des stations et croquis de ces stations avec indication des graduations et des zéros.

- Note de Giraud (21 juin 1951) sur la prévision des crues du fleuve Sénégal.

- Rapport UHEA "Mesures des seuils du Sénégal au débit de 500 m³/s" du 5 janvier 1951; donne, pour les différents seuils du Sénégal, de Mafou à Ortofogel, les profondeurs minimales pour un débit de 500 m³/s. Plans des différents seuils, avec indication du chenal suivi et des profondeurs mesurées.

- Rapport de Maurice (MAS), juillet 1952 : "Contrôle de la mission UHEA - Mise en place d'une subdivision du fleuve Sénégal et du service d'annonce des crues". Dossier comportant une note sur l'activité de l'UHEA, le rapport proprement dit, un dossier dit technique contenant différents plans et profils, un tableau des résultats des jaugeages de juillet 1950 à mai 1952.

- Rapport de Maurice (Service de l'hydraulique). "Annonce des crues du Fleuve sénégal". Rapport de mission du 14.1.52 au 17.2.52 au Sénégal et au Soudan. Rapport descriptif intéressant, accompagné de quelques dossiers techniques d'intérêt secondaire.
- "Note sur les lectures limnigraphiques sur le fleuve Sénégal et ses affluents". Bulletin MAS N° 64, par Maurice, 1954. Présentation commentée de différentes stations avec une étude de la corrélation entre stations et note historique. Embryon d'étude critique.
- "Rapport sur la fréquence des crues du fleuve Sénégal", par Maurice, MAS, juillet 1956.
- "Tarage des échelles et limnigraphes du fleuve Sénégal et de ses affluents" par Maurice, MAS 1956, dit "Rapport Maurice 1956". Comporte un cahier de texte de 35 pages donnant quelques indications sur différentes échelles, leur calage, leur tarage; ce document conserve quelque intérêt historique, bien que périmé pour le reste. En annexe, une carte de l'équipement hydrologique du bassin, un répertoire des échelles, un cahier de courbes concernant diverses échelles (Dagana, Saldé, N'Gouf, Kaédi, Matam, Bakel, Gouina Amont, Galougo, Kidira, Mahira, Dégouéré, Dakka Saïdou, Kalé, Toukoto), un cahier de courbes de tarage concernant les débits d'étiage à Bakel, Diouldé-Diabé et Madina, une note sur les débits solides (analyse de 10 échantillons), une note sur la crue 1955, une note sur le tarage de Gouina amont, Galougo, Kidira et Bakel.
- "Tarage des échelles et limnigraphes du fleuve Sénégal et de ses affluents. Additif au rapport mars 1956 de Maurice", par Madin, mars 1957. Comportant un texte de présentation et un cahier de courbes (tarage, etc.) concernant différentes stations (Pont-barrage de la Taoueyé à Richard-Toll, Guédé, Podor, Boghé, Oualia, Gorgol, Fadougou).
- Notes de Giscaro sur les échelles du haut bassin (1960).
- Vallée du Serpent. "Rapport provisoire sur la région de Guiré" par J. Champaud, géographe ORSTOM. Service de l'Hydraulique du Mali, 1960. Voir aussi, pour la vallée du Serpent, les notes de Vallée (Office du Niger).
- Monographie sommaire provisoire du Sénégal par P. Touchebeuf de Lussigny, concernant uniquement la basse vallée, 1960.
- "Hydrologie du massif de l'Affolé" par M. Roche, ORSTOM, Génie Rural de Mauritanie, 1960.
- Etudes hydrologiques dans le Lac et le Tero présentées par M. Roche d'après les études faites par la SOGETHA pour le compte du Génie Rural de Mauritanie.