

OFFICE de la RECHERCHE
SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE
OUTRE-MER

République du MALI

MISSION d'ETUDES et d'AMENAGEMENTS
du NIGER

MONOGRAPHIE du NIGER

B - La CUVETTE LACUSTRE

III

Bilan hydrologique
Synthèse de l'écoulement

par C. AUVRAY
Ingénieur E.I.H.
Directeur de Recherches à l'ORSTOM

IRD - MSE
DOCUMENTATION

1960

70081-3

* 1525

S O M M A I R E

	Page
<u>Chapitre VIII</u> - Etude du remplissage de la cuvette lacustre	1
A - Les apports à la cuvette	1
B - Le bilan de la cuvette	9
C - Courbes de remplissage réel de la cuvette	15
<u>Chapitre IX</u> - Volumes écoulés annuels par cycles hydrologiques	20
A - Généralités	20
B - Comparaison des volumes écoulés à DIRE avec ceux des stations amont	24
C - Pertes annuelles dans le delta nigérien en amont de MOPTI	27
D - Pertes totales annuelles dans le delta nigérien	33
<u>Chapitre X</u> - Etude des facteurs de régularisation	36
1° - Vue d'ensemble des modifications du régime de l'amont vers l'aval	36
2° - Recherche d'un coefficient de régularisation du régime	39
3° - Etude des variations des coefficients de régularisation avec les modules	40
<u>Chapitre XI</u> - Etude du régime du marigot de GOUNDAM à GOUNDAM	48
I - Etude des débits moyens mensuels observés	49
II - Etude des modules	51
III - Les volumes écoulés	59
IV - Etude des crues	60
<u>Chapitre XII</u> - Résumé des principales caractéristiques du régime	66

C H A P I T R E VIII

ETUDE du REMPLISSAGE de la CUVETTE LACUSTRE

A - Les APPORTS à la CUVETTE -

Nous décomposerons les apports dans la cuvette lacustre en trois parties :

- 1 - Débit à l'aval de MOPTI (Station de MOPTI intégrant les apports du NIGER et du BANI).
- 2 - Débit du DIAKA à KARA.
- 3 - Débits déversés sur la rive gauche du NIGER entre DIAFARABE et MOPTI.

Pour être rigoureux, il faudrait tenir compte des débits déversés toujours sur la rive gauche entre KE MACINA et MOPTI, rejoignant sans doute le DIAKA en aval de KARA, mais nous n'avons pas de données suffisantes pour les apprécier d'une part, et, d'autre part, leur importance est négligeable vis-à-vis des trois autres postes d'alimentation.

En ce qui concerne les débits évacués hors de la cuvette, nous ne tiendrons compte que de ceux déduits de la station de DIRE, La station de TOSSAYE aurait été préférable, mais l'étalonnage n'en est pas encore achevé.

Afin de simplifier l'étude, nous travaillerons sur les débits moyens mensuels, c'est-à-dire qu'au lieu d'obtenir des courbes annuelles continues, il faudra les construire au moyen de 12 points exacts.

Les débits 1 et 2 sont obtenus directement en partant des fiches de stations. Néanmoins, nous avons établi une correspondance entre les débits moyens mensuels à KOULIKORO et à KARA, d'après les observations de la période

1940 - 1958 (Tableau n° 42), ce qui nous a permis de déduire les seconds des premiers pour l'année 1951-1952 non observée à KARA, sans aucune difficulté (Graphique n°40).

Les débits 3, que l'on ne peut négliger car ils sont de l'ordre de grandeur des débits à KARA, seront déterminés par différence entre les débits du NIGER à l'aval de DIAFARABE (mesurés à la station de TILEMBEYA) et les débits du NIGER à l'amont de MOPTI. Rappelons que les débits écoulés à KARA sont moitié de ceux passant à TILEMBEYA.

Les débits amont MOPTI résultent de la relation :

$$Q_{\text{amont MOPTI}} = Q_{\text{aval MOPTI}} - \text{Apports du BANI à MOPTI}$$

La seule inconnue concerne ces apports du BANI à MOPTI, que nous allons essayer de déterminer.

1 - DETERMINATION des APPORTS du BANI à MOPTI -

Nous avons d'abord établi une correspondance entre les débits moyens mensuels à DOUNA et à SOFARA pour les années connues (Années 1952-1953, 1953-1954, 1954-1955, 1955-1956, 1956-1957 et 1957-1958). Elle apparaît graphiquement sous la forme de deux courbes valables, l'une pour la crue, l'autre pour la décrue à DOUNA (Graphique n° 41). L'aplatissement naturel de l'onde de crue et l'effet des déversements latéraux se font sentir entre SOFARA et MOPTI, à mesure que la pente du BANI diminue. Il n'y a aucune discontinuité dans cette variation de pente dans le tronçon SOFARA - MOPTI, il est donc logique de tracer les courbes de correspondance DOUNA - MOPTI amont, en s'appuyant sur les formes de celles déterminées pour la correspondance DOUNA - SOFARA.

Les débits maximaux possibles du BANI à l'amont de MOPTI ont été déterminés approximativement en extrapolant la variation des débits journaliers le long du BANI. Nous avons admis ainsi un maximum compris entre 850 et 1000 m³/s. Cette valeur permet de fixer le rapport d'affinité entre les deux systèmes de courbes.

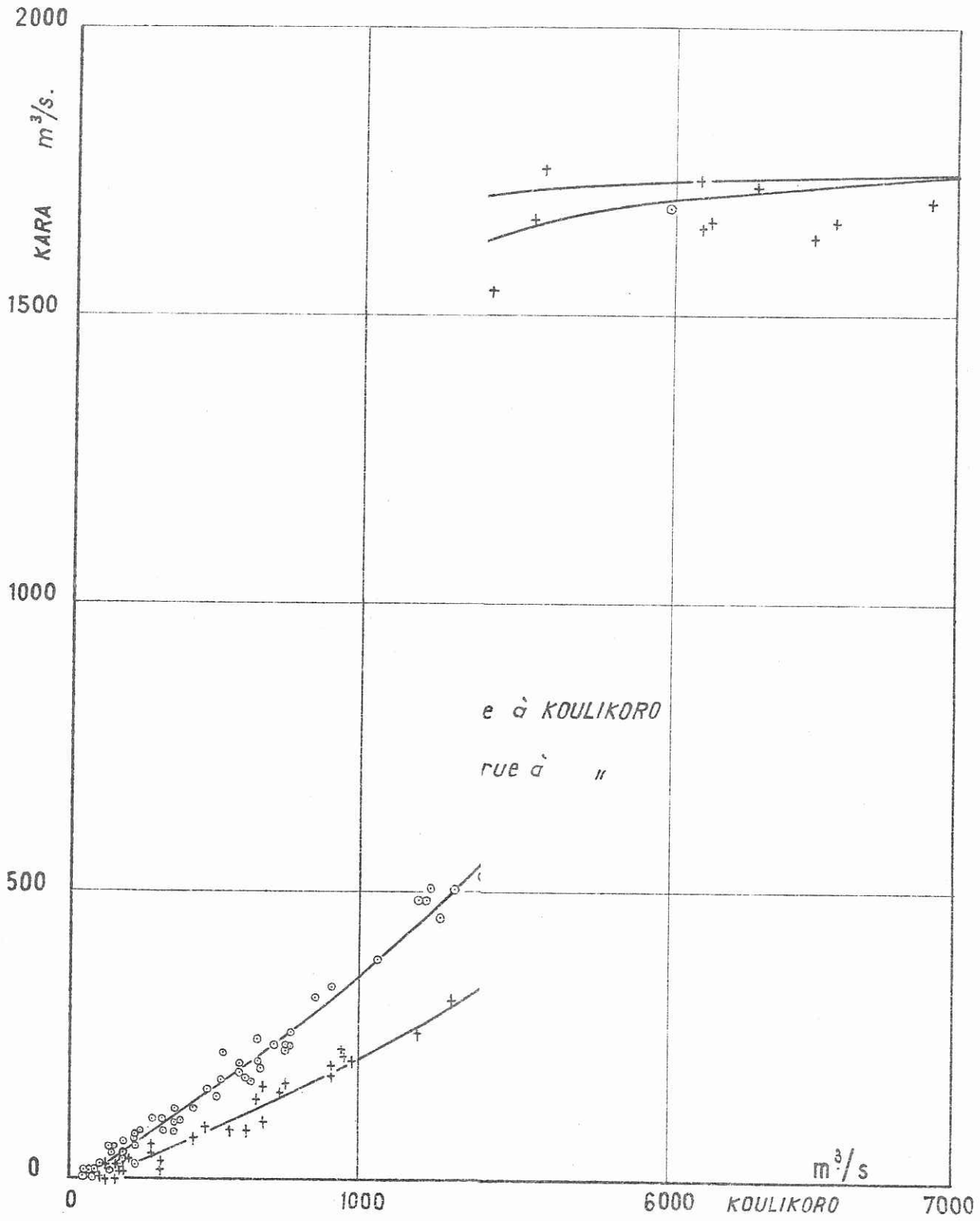
En outre, la partie inférieure de la courbe de décrue DOUNA - MOPTI amont, a été volontairement abaissée pour tenir compte de l'augmentation de décalage dans le temps dû au transport de l'onde (10 à 12 jours).

TABLEAU N° 42

Correspondance KOULIKORO-KARA
en débits moyens mensuels (m³/s)

Année	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
	:KIK:Kra:	:KIK:Kra:	:KIK:Kra:	:KIK:Kra:	:KIK:Kra:	:KIK:Kra:	:KIK:Kra:	:KIK:Kra:	:KIK:Kra:	:KIK:Kra:	:KIK:Kra:	:KIK:Kra:
1940-41:	180:	13:	909:199:2671:	795:3516:1246:3657:	1331:1867:	803:	657:243:	297:107:142:	54:	59:	17:	32:
41-42:	218:	34:	942:223:2420:	637:5368:1543:3093:	1407:1487:	725:	709:234:	324:104:150:	48:	65:	13:	46:
42-43:	290:	60:	753:166:2251:	661:4104:1425:2155:	835:1213:	486:	596:188:	233:79:108:	27:	47:	3:	44:
43-44:	165:	24:	667:159:2159:	554:4762:1552:3988:	1558:1479:	913:	539:240:	245:83:106:	25:	43:	4:	28:
44-45:	111:	5:	472:90:1798:	484:4445:1412:2828:	1210:1333:	501:	528:170:	199:66:93:	17:	39:	1:	23:
1945-46:	117:	7:	434:71:2772:	798:4592:1521:2666:	1575:1631:	768:	592:199:	217:72:101:	21:	41:	2:	41:
46-47:	287:	49:	957:216:3034:	846:4825:1615:5275:	1709:2460:	1139:	854:317:	371:122:154:	55:	62:	14:	25:
47-48:	165:	1:	911:182:2599:	818:5002:1497:4333:	1565:1231:	483:	482:153:	183:42:85:	13:	47:	2:	31:
48-49:	322:	29:	1643:429:3882:	1151:6086:1732:4516:	1629:2088:	857:	757:223:	365:81:190:	32:	108:	4:	98:
49-50:	122:	26:	619:86:3332:	909:6281:1722:3478:	1446:1433:	529:	656:206:	285:(95):145:	(20)	74:	(0):	42:
1950-51:	128:	0:	730:151:2518:	771:5198:1621:5547:	1758:2391:	1079:	768:254:	374:99:207:	34:	142:	0:	87:
51-52:	544:	(95)	1583:(390)3758:(1145)5349:(1620)5431:(1645)5433:(1670)1814:(750)	751:(250)419:(125)206:(50)116:(20)100:(10)								
52-53:	186:	17:	1208:252:3221:	1006:5134:1540:5513:	1667:2316:1001:	906:334:	508:142:238:	59:	143:	15:	3:	81:
53-54:	560:	87:	2174:657:4436:	1279:6575:1666:5152:	1640:2373:	982:1069:382:	608:175:325:	84:	195:	28:	22:	188:
54-55:	642:	139:	1947:529:4284:	1342:6127:1661:5148:	1642:3280:	277:164:337:	760:233:432:	121:	289:	50:	35:	207:
55-56:	677:	101:	2037:621:4076:	1242:6095:1651:5985:	1686:2763:	1144:1286:453:	559:191:377:	91:	238:	41:	13:	174:
56-57:	198:	12:	980:208:2272:	650:4807:1143:4561:	1551:1733:	707:	769:233:	394:100:186:	22:	108:	3:	56:
57-58:	323:	17:	1333:309:3850:	1154:6495:1637:6915:	1696:3581:	1405:1253:503:	627:170:376:	79:	163:	12:	2:	140:

N.B. Les débits de KARA entre parenthèses sont des estimations.



Il faut insister sur le fait que cette correspondance de débits moyens mensuels entre DOUNA et les apports du BANI à MOPTI est forcément imprécise ; en effet, elle ne tient pas compte de la cote des eaux à MOPTI qui conditionne la valeur de la pente du tronçon aval du BANI. Mais cette question de pente est délicate, et nous manquons de recul dans les observations pour introduire ce second paramètre dans la correspondance recherchée. Nous admettrons que les cycles hydrologiques du NIGER et du BANI sont sensiblement réguliers dans le temps. A part l'année 1951-1952, où la crue s'est prolongée très tardivement sur le NIGER, il en a été à peu près ainsi.

Notre but essentiel est de déterminer les volumes mensuels entrant dans la cuvette. Si nous surestimons les apports du BANI à MOPTI du fait, par exemple, d'une forte cote à MOPTI (apports importants du NIGER) par soustraction, nous sous-estimons les apports du NIGER à l'amont de MOPTI et, par voie de conséquence, nous arrivons à un débit dérivé trop grand ; mais, en fait, il y a compensation de cette erreur car une partie plus importante des apports du BANI ont été dérivés sur la rive gauche en direction du NIGER et de là vers la cuvette. Autrement dit, les estimations de débits à l'arrivée à MOPTI peuvent être erronées sans avoir automatiquement de répercussions sur la valeur des débits dirigés vers la cuvette.

2 - DEBITS MOYENS MENSUELS DEVERSEES ENTRE DIAFARABE et MOPTI

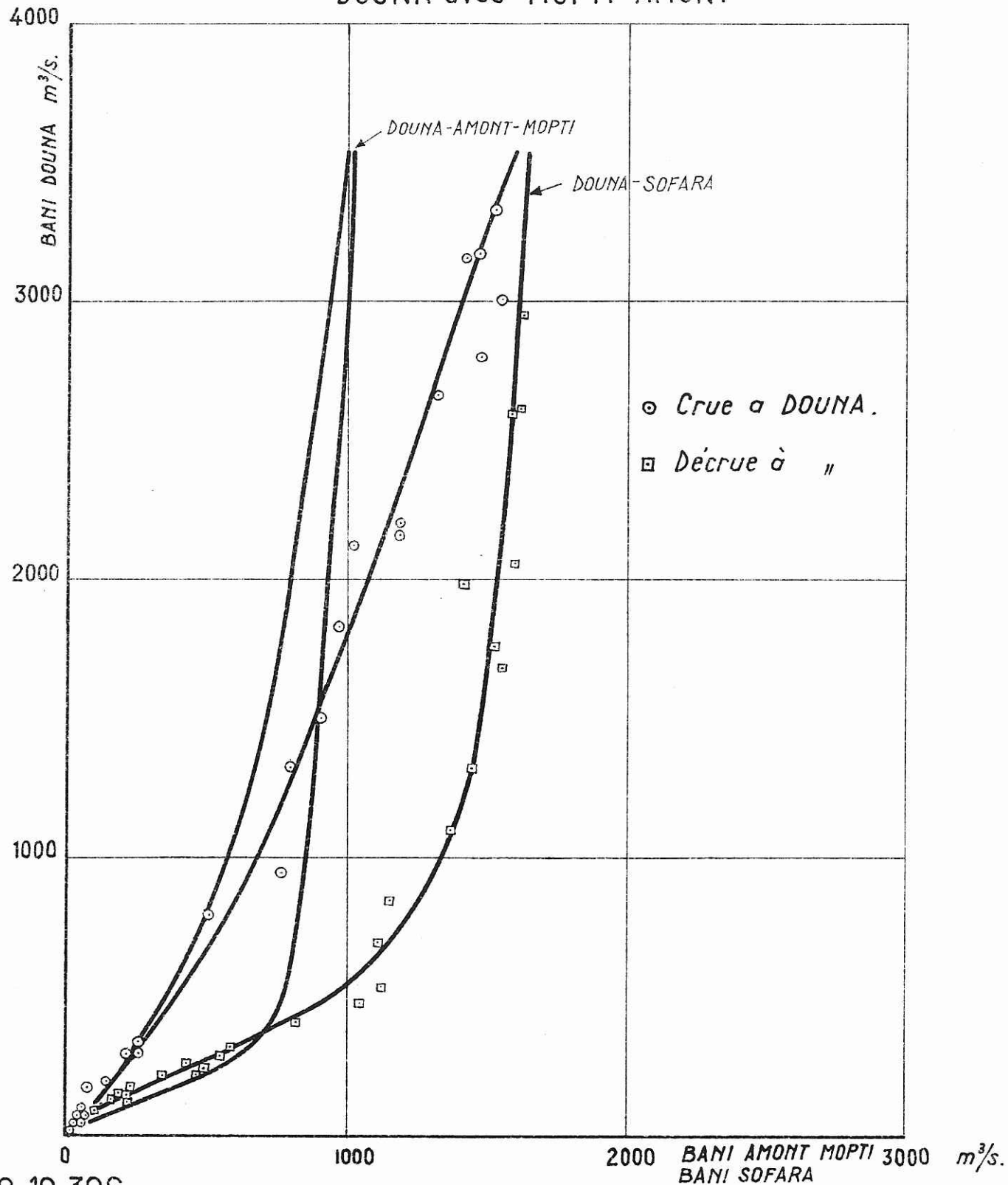
Leur détermination est rapportée sur le tableau n° 43 où figurent les débits moyens mensuels :

- a) de DOUNA permettant à l'aide du graphique n°41 d'estimer l'apport du BANI à MOPTI,
- b) de TILEMBEYA,
- c) du NIGER en amont de MOPTI obtenu en retranchant l'apport estimé du BANI du débit mesuré à MOPTI aval,
- d) des déversements en rive gauche obtenus par différence entre b) et c).

De Juin à Octobre, c'est-à-dire, pendant la montée des eaux, les débits mensuels dérivés croissent et sont inférieurs aux débits du DIAKA à KARA. (Voir Tableau n° 44 qui compare les débits moyens mensuels de MOPTI aval, de KARA et de DIRE, avec ceux des déversements précédemment déterminés).

DEBITS MOYENS MENSUELS DU BANI

Correspondances DOUNA avec SOFARA
et
DOUNA avec MOPTI-AMONT



TABEAU N° 43

Evaluation des déversements rive gauche du NIGER entre TILLEMBEYA et MOPTI

Année	Station	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
1950-51	TILLEMBEYA	60	381	1400	2997	3396	1933	603	301	172	60	50	90
	DOUNA	15	73	987	2595	2568	1356	356	136	84	45	18	13
	MOPTI Amont -NIGER	36	234	683	1647	1890	1900	1447	701	200	101	80	50
	Déversement	24	147	717	1350	1506	33	844	-400	-28	-41	-30	40
1951-52	TILLEMBEYA	190	780	2290	3240	3290	3340	1500	500	250	100	40	20
	DOUNA	11	100	866	2259	2783	2283	988	294	151	85	40	25
	MOPTI-Amont	290	546	1172	1700	1934	1963	1868	1380	540	156	100	50
	Déversement	-100	234	1118	1540	1356	1372	-368	-880	-290	-56	-60	-30
1952-53	TILLEMBEYA	116	563	1783	2933	3323	1853	755	378	213	133	88	69
	DOUNA	23	174	946	2214	3334	2063	527	236	129	76	44	33
	MOPTI-Amont	90	341	1326	1810	1920	1971	1714	1158	276	100	73	47
	Déversement	26	222	457	1123	1403	-116	959	-780	-63	33	15	22
1953-54	TILLEMBEYA	248	1225	2333	3335	3270	1802	812	426	241	154	129	115
	DOUNA	89	338	1829	3154	2614	1100	405	213	125	75	48	35
	MOPTI-Amont	160	935	1343	1800	2113	2002	1549	772	256	100	116	110
	Déversement	88	290	990	1535	1157	-200	-737	-346	-15	54	13	5
1954-55	TILLEMBEYA	343	1008	2424	3309	3254	2371	1317	558	312	177	154	128
	DOUNA	69	289	1504	3164	2944	1768	692	283	167	107	71	46
	MOPTI-Amont	286	770	1443	1800	2000	2000	1735	1200	400	108	78	101
	Déversement	57	238	981	1509	1254	371	-468	-642	-88	69	76	27

TABLEAU N° 43 (Suite)

Année	Station	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
1955-56	TILEMBEYA	265	1164	2246	3273	3389	2106	949	474	260	167	119	84
	DOUNA	77	297	2129	2786	2588	1331	570	262	148	92	61	40
	MOPTI-Amont	230	928	1293	1868	2016	2043	1668	1085	272	124	48	63
	Déversement	35	236	953	1405	1373	63	719	611	12	43	71	21
1956-57	TILEMBEYA	107	501	1235	2685	3031	1371	582	309	149	86	57	48
	DOUNA	41	64	791	2171	1995	835	312	148	91	59	36	31
	MOPTI-Amont	87	400	860	1543	1792	1700	1146	409	138	55	45	48
	Déversement	20	101	375	1142	1239	329	564	100	11	31	12	0
1957-58	TILEMBEYA	112	692	2094	3246	3411	2694	1062	454	269	113	91	115
	DOUNA	54	198	1331	2654	2852	1719	481	225	139	77	43	29
	MOPTI-Amont	80	500	1225	1745	2011	2052	1795	1104	400	150	87	104
	Déversement	32	192	869	1501	1400	642	753	650	131	37	4	11

IRD - MISE
DOCUMENTATION

TABEAU N° 44

MOPTI Aval - Déversement Rive Gauche - DIAKA à KARA - DIRE

Année	Station	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
1950-51	MOPTI Aval	51	304	1433	2507	2840	2769	2167	993	343	171	103	73
	Déversement	24	147	717	1350	1506	33	844	400	28	41	30	40
	DIAKA	0	151	771	1621	1758	1079	254	99	34	0	0	0
	DIRE	56	74	718	1494	1950	2188	2370	2222	1684	1018	372	87
1951-52	MOPTI Aval	309	646	1692	2506	2824	2898	2718	1997	888	336	162	95
	Déversement	100	234	1118	1540	1356	1372	368	880	290	56	60	30
	DIAKA	95	390	1145	1620	1645	1670	750	250	125	50	20	10
	DIRE	129	423	971	1588	1946	2211	2430	2534	2279	1717	1002	351
1952-53	MOPTI Aval	117	491	1876	2620	2890	2901	2484	1467	526	234	133	87
	Déversement	26	222	457	1123	1403	116	959	780	63	33	15	22
	DIAKA	17	252	1006	1540	1667	1001	334	142	59	15	3	1
	DIRE	86	177	921	1688	2070	2284	2474	2431	1981	1360	684	167
1953-54	MOPTI Aval	240	1185	2113	2746	2983	2842	2289	1242	506	238	176	155
	Déversement	88	290	990	1535	1157	200	737	346	15	54	13	5
	DIAKA	87	657	1279	1666	1640	982	382	175	84	28	22	12
	DIRE	79	571	1338	1767	2114	2366	2551	2455	1985	1359	696	238
1954-55	MOPTI Aval	346	1000	2153	2750	2980	2919	2585	1767	750	328	208	161
	Déversement	57	238	981	1509	1254	371	468	642	88	69	76	27
	DIAKA	139	529	1342	1661	1642	1277	687	233	121	50	35	23
	DIRE	169	593	1236	1769	2102	2363	2570	2582	2242	1677	980	431

TABIEAU N° 44 (Suite)

Année	Station	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
1955-56	MOPTI Aval	290	1158	2093	2758	2976	2903	2418	1435	552	284	168	123
	Déversement	35	236	953	1405	1373	63	719	611	12	43	71	21
	DIAKA	101	621	1242	1651	1686	1144	453	191	91	41	13	4
	DIRE	195	630	1319	1796	2138	2391	2589	2550	2106	1442	799	276
1956-57	MOPTI Aval	128	445	1340	2383	2722	2535	1796	707	278	155	95	81
	Déversement	20	101	375	1142	1239	329	564	100	11	31	12	0
	DIAKA	12	208	650	1443	1551	707	233	100	22	3	0	0
	DIRE	89	186	786	1433	1870	2136	2276	1931	1384	781	252	66
1957-58	MOPTI Aval	130	681	1895	2625	2911	2962	2555	1585	687	270	147	144
	Déversement	32	192	869	1501	1400	642	733	650	131	37	4	11
	DIAKA	17	309	1154	1637	1696	1405	503	170	79	12	2	10
	DIRE	50	293	1032	1684	2034	2285	2519	2560	2240	1610	850	340

En Novembre, on enregistre une forte diminution, alors que le débit à KARA, reste voisin de 1000 m³/s. Cette baisse est due au fait que les débits instantanés à MOPTI atteignent leur maximum, alors qu'à TILEMBEYA le tiers de la décrue est déjà dépassé. Le mouvement va en s'accroissant et en Décembre, Janvier, Février, les débits mensuels déversés deviennent franchement négatifs. Ceci indique, de la part des plaines inondées, une restitution qui semble surestimée. Il est possible que nous ayons adopté des apports du BANI à MOPTI un peu trop forts en fin de décrue, nous avons vu, en effet, que nous avons déformé volontairement la courbe de correspondance pour tenir compte précisément des restitutions de décrue dans la basse vallée du BANI.

Pour établir un tableau correct, il serait nécessaire de procéder, en crue, à des jaugeages sur les bras principaux et à une étude systématique des pertes et des déversements pour des années de diverses hydraulicités; c'est un travail qui a été effectué, par exemple, sur le LOGONE (Tchad).

Même après un tel travail, il subsisterait de légères anomalies dues au délai de parcours entre une station et une autre.

Cependant, nous maintiendrons tels quels les chiffres que nous avons présentés, car les valeurs négatives trop élevées correspondent souvent à des valeurs positives également trop fortes et l'étude détaillée dont il est question plus haut, si elle donnait une vue meilleure du détail des mouvements de l'eau dans la plaine inondée, ne modifierait pas sensiblement le bilan général de la cuvette du NIGER.

En Mars, Avril et Mai, les valeurs indiquées pour les déversements sont théoriques, elles n'ont pas beaucoup de sens car il est difficile, sans jaugeage à l'amont de MOPTI sur le NIGER et le BANI, d'apprécier les débits d'étiage. Heureusement que leur importance relative est négligeable dans le bilan annuel.

B - Le BILAN de la CUVETTE -

Nous avons ensuite réalisé sur les débits moyens mensuels le bilan simple :

(MOPTI + déversements rive gauche + KARA) - DIRE

Le chiffre résultant obtenu est positif lorsqu'il entre théoriquement plus d'eau dans la cuvette qu'il n'en sort, et négatif dans le cas contraire. Théoriquement, car le calcul ne tient évidemment pas compte de l'évapotranspiration dans la cuvette qui agit dans le même sens que les débits évacués à DIRE. Nous en tiendrons compte plus tard. (Tableau n° 45).

Nous constatons que les apports hydrologiques sont excédentaires de Juin à Novembre, et déficitaires de Janvier à Avril, les entrées et les sorties s'équilibrent en Décembre et Mai, selon la précocité de la crue.

Si nous transformons en volumes mensuels cumulés les valeurs obtenus précédemment, nous pourrions tracer les courbes théoriques de remplissage de la cuvette.

TABIEAU N° 45

BILAN THEORIQUE de REPLISSAGE de la CUVETTE
(KOPTI + KARA + DEVERSEMENT Rive Gauche) - DIRE en m³/s

Années	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
1950-51	19	528	2203	3984	4154	1693	- 793	+ 1530	- 1335	- 888	- 299	26
1951-52	175	847	2984	4078	3879	3729	670	- 1167	- 1556	- 1387	- 880	276
1952-53	74	788	2418	3595	3890	1502	- 615	- 1602	- 1459	- 1078	- 533	57
1953-54	336	1561	3044	4180	3666	1258	- 617	- 1384	- 1410	- 1039	- 485	66
1954-55	373	1174	3240	4151	3774	2204	234	- 1224	- 1459	- 1230	- 661	220
1955-56	231	1385	2969	4018	3897	1719	- 437	- 1535	- 1475	- 1074	- 547	128
1956-57	71	568	1579	3535	3642	777	- 811	- 1224	- 1073	- 592	- 145	15
1957-58	129	889	2886	4079	3973	2724	- 194	- 1455	- 1605	- 1355	- 705	175

Ces courbes indiquent en fin du cycle hydrologique, une valeur finale qui représente précisément la valeur des pertes pendant le cycle, en supposant que l'état initial et l'état final dans la cuvette soient les mêmes, ce qui est vrai approximativement car les volumes résiduels sont très faibles en comparaison du volume total accumulé (Tableau n° 47). Le volume global des pertes annuelles est donc représenté par le chiffre des apports cumulés figurant dans la colonne du 12ème mois du cycle, celui de Mai.

Le problème intéressant à résoudre est celui de la détermination des variations des pertes cumulées, tout au long d'un cycle annuel moyen.

La nature de ces pertes est double :

1 - Un poste prépondérant concerne l'évaporation sous ses divers aspects : évaporation de la nappe d'eau d'inondation, du sol saturé d'eau, évapotranspiration de la végétation aquatique et des plaines inondées, consommation de ces végétaux pour leur croissance.

2 - Un poste négligeable, devant le premier, est celui de l'infiltration qu'alimente la nappe alluviale; le NIGER, nous le savons, est le château d'eau de la zone deltaïque. Représentant seulement quelques % du volume évaporé, le volume infiltré est minime dans un bilan global comme celui que nous donnons.

Il nous faut rechercher simplement des indices de variation relative (valeurs auxquelles les pertes cumulées sont proportionnelles) puisque nous connaissons la valeur cumulée finale qui, nous l'avons vu, représente la perte globale annuelle.

Les facteurs qui modifient d'une manière essentielle les pertes par évapotranspiration sont :

1 - La surface en eau libre (aires inondées ou eaux vives).

L'appréciation exacte des valeurs de ces surfaces, en fonction des hauteurs d'eau, ne pourrait se faire qu'en possédant plusieurs séries de photos aériennes de la cuvette, effectuées à des époques différentes. Nous avons retenu une allure parabolique inspirée de la courbe $S = f(H)$, relative aux lacs HORO, TELE et FAGUIBINE.

Nous avons adopté pour :

H = 6,00 m (DIRE) 4,00 m (DIRE)

S = 20 000 km² 7 000 km²

(valeurs approximatives suffisantes pour l'appréciation d'indices relatifs).

Les surfaces moyennes mensuelles ont été déterminées en partant des hauteurs moyennes mensuelles à DIRE (Tableau n° 46).

2 - Effet du rayonnement global sur l'évapotranspiration

Un retour en arrière pour voir le paragraphe consacré à l'évaporation dans la deuxième partie de cette Monographie de la Cuvette lacustre, nous incite à prendre les données relatives au bac de M'BOUNA comme base de départ. Pour passer à l'évaporation sur grande nappe d'eau libre, nous les avons affectées d'un coefficient voisin de 0,85.

Dans la région du Lac FAGUIBINE, donc du Nord de la cuvette, l'évaporation annuelle serait voisine de 2250 mm. Pour tenir compte du fait que ce chiffre doit descendre en dessous de 2000 mm vers MOPTI, nous avons adopté une valeur moyenne annuelle de l'évaporation égale à 2100 mm pour l'ensemble de la cuvette.

3 - Effet des précipitations

Sur les chiffres obtenus précédemment (lame d'eau mensuelle évaporée), la pluviométrie mensuelle vient en déduction.

Dans le Chapitre relatif aux précipitations, nous avons trouvé 475 mm comme moyenne interannuelle de la pluviométrie sur les zones inondées de la cuvette lacustre. Mais comme notre bilan n'intéresse pas la partie Sud de ces zones (Mésopotamie NIGER-BANI et inondations en amont de TILIMBEYA), nous avons retenu un chiffre plus faible, égal à 400 mm. La répartition mensuelle en a été faite en associant les stations de MOPTI et NIAFUNKE, la seconde étant affectée d'un poids double de la première.

La différence entre évaporation et pluviométrie figure sur la ligne $h = E - P$ du Tableau n° 46.

L'indice mensuel de pertes est obtenu en faisant pour chaque mois le produit $S \times h$ (Surface inondée par excédent d'évaporation).

TABIEAU N° 46

EVALUATION des PERTES

	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
Hauteur moyenne à DIRE en mètres	1,00	2,38	4,00	4,77	5,35	5,74	6,00	5,95	5,57	4,76	3,40	1,86
Surfaces inondées en km ²	0	1500	7000	11 000	14 000	18 000	20 000	19 000	16 000	11 000	4000	500
Evaporation sur bac à M'BOUNA en mm/j	9,5	9,3	5,3	6,0	7,1	7,2	5,2	4,4	5,4	6,3	7,6	8,9
Evaporation sur nappe en mm/j	8,1	6,8	4,7	5,1	6,0	6,1	4,5	3,9	4,7	5,4	6,5	7,6
Evaporation totale mensuelle en mm	240	210	145	150	180	180	140	130	130	170	200	240
Pluie moyenne en mm	33	113	145	84	10	0	0	0	0	0	3	12
Différence h = E - P en mm	207	97	0	66	170	180	140	120	130	170	197	228
Indice des pertes par évaporation S x h en 10 ⁶ m ³	-	145	-	725	2380	3240	2800	2230	2080	1870	790	115
Indices cumulés	-	145	145	870	3250	6490	9290	11 570	13 650	15 520	16 310	16 455
Coefficients relatifs des pertes cumulés	-	0,0088	0,0088	0,053	0,197	0,395	0,565	0,705	0,830	0,945	0,995	1,000

Après calcul des indices cumulés pour les 12 mois, nous avons déduit les coefficients relatifs de pertes cumulées, à partir d'un coefficient égal à l'unité pour le mois de Mai, 12ème du cycle. Nous admettrons donc que, pour chaque mois, la valeur des pertes cumulées sera :

$$k_i \cdot V_p \text{ avec } \begin{cases} V_p = \text{volume global des pertes annuelles} \\ k_i = \text{coefficient pour le mois correspondant} \end{cases}$$

C - COURBES de REMPLISSAGE REEL de la CUVETTE -

Sur le tableau n° 47 où figurent déjà les apports hydrologiques et les apports cumulés donnant le volume global V_p des pertes annuelles (chiffre de Mai), nous effectuons les 12 opérations $k_i V_p$ pour avoir les pertes cumulées chaque mois.

Les volumes mensuels réels accumulés dans la cuvette s'obtiennent en soustrayant, mois par mois, les pertes cumulées des volumes cumulés théoriques (ou apports cumulés). Le report sur un graphique (n° 42) de ces 12 valeurs des volumes réels accumulés permet le tracé des courbes annuelles de remplissage.

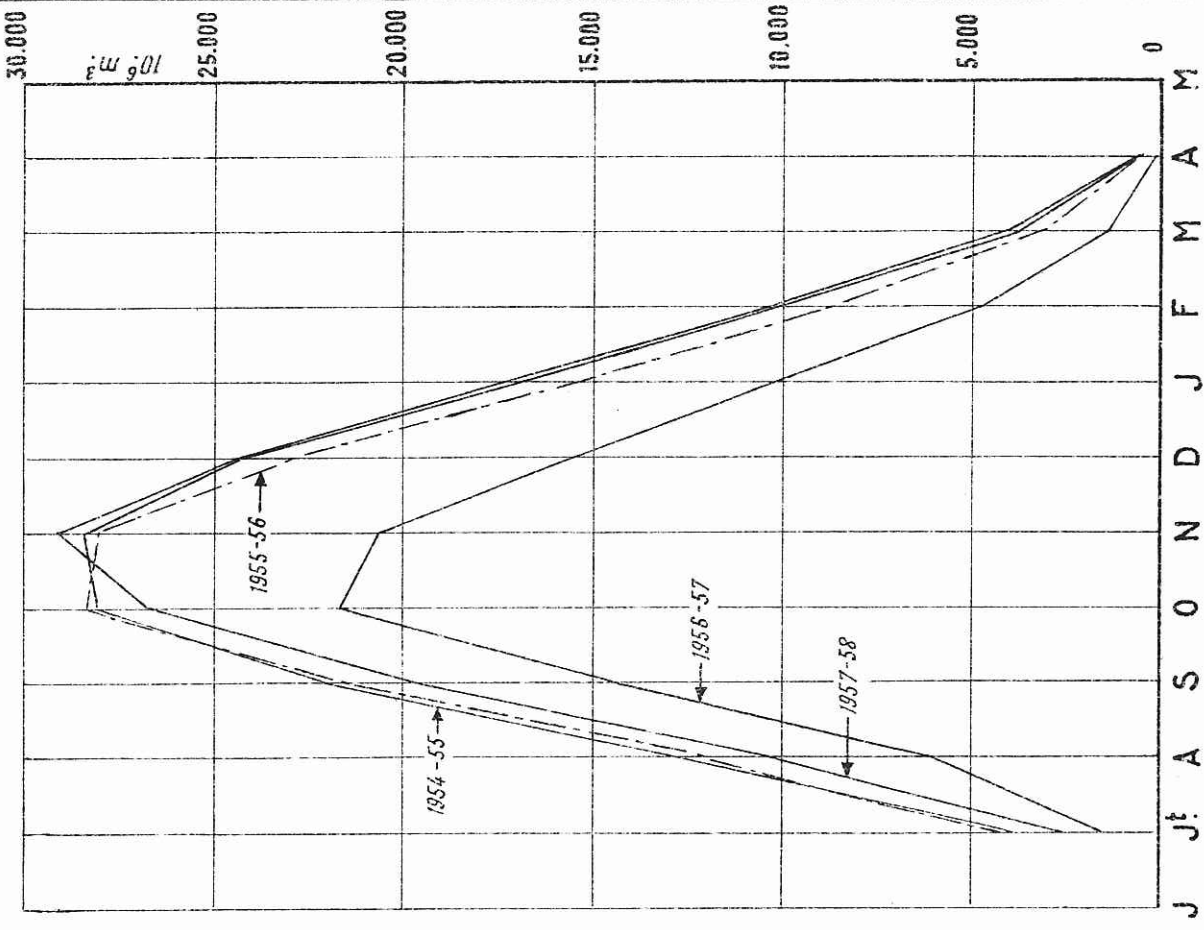
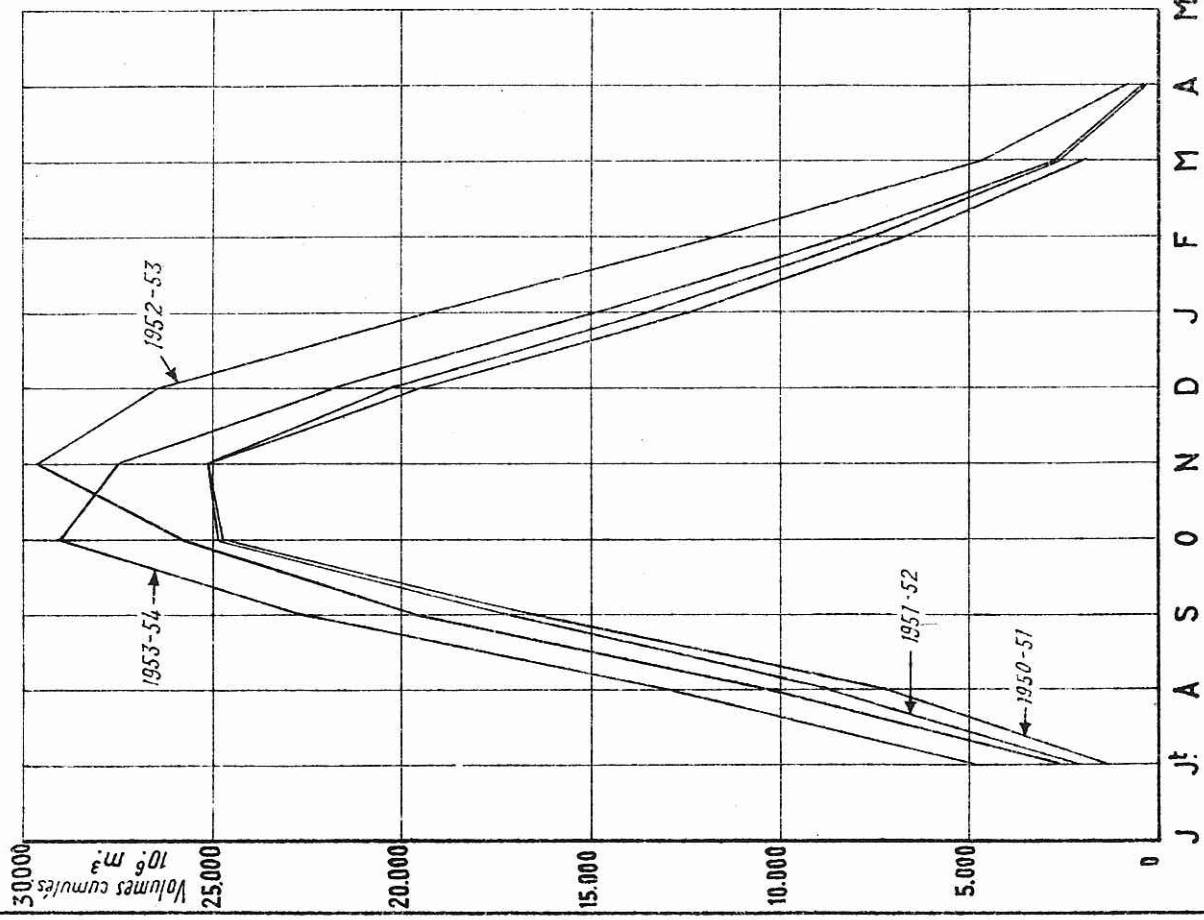
Le tableau suivant récapitule les conclusions de ce travail en donnant le volume des pertes globales annuelles et le volume maximal accumulé en milliards de m^3 .

Année	Volume entrant dans la cuvette	Volume maximal accumulé	Pertes en milliards de m^3	Volume sortant de la cuvette (à DIRE)
1950-51	58,2	25,1	20,7	37,5
51-52	75,6	29,8	29,4	46,2
52-53	61,3	25,1	18,5	42,8
53-54	70,1	27,6	24,1	46,2
54-55	76,7	28,5	27,5	49,2
55-56	71,6	28,1	23,9	47,7
56-57	50,5	20,7	16	34,5
57-58	70,7	29,1	24,5	46,2

Courbes de remplissage de la Cuvette Lacustre

- 1950 - 58 -

Gr. 42



Nous pouvons formuler quelques remarques déduites de ce tableau et du graphique des courbes de remplissage;

1°- Tout en restant inférieures au volume maximal accumulé, les pertes varient beaucoup plus d'une année à l'autre.

2°- Les courbes annuelles de remplissage sont sensiblement symétriques, la vidange étant légèrement plus lente.

3°- Pendant les trois mois de crue, Août, Septembre, Octobre, le remplissage s'effectue à débit presque constant. L'augmentation de la réserve se situe entre 8 et 9 milliards de m³ par mois (soit environ 3000 m³/s).

4°- Au voisinage du maximum, les variations d'apport sont très rapides, la courbe étant assez pointue. En deux mois, on passe de 2000 m³/s de remplissage à 2000 m³/s de vidange, les mois d'Octobre et Novembre étant en général très voisins quant au volume accumulé.

5°- Variations de la réserve maximale : (Graphique n°46)

Il existe une bonne correspondance graphique entre les réserves maximales lacustres et un indice d'hydraulicité simple constitué par la somme des modules à MOPTI et KOULIKORO.

La valeur médiane de cet indice se situe aux environs de 2630 (1545 + 1085) auquel correspond une réserve maximale d'environ 25 milliards de m³. Pour les indices forts, c'est-à-dire supérieurs à 3300, il semble que la réserve se stabilise à une valeur maximale comprise entre 29 et 30 milliards de m³.

Pour les valeurs inférieures de l'indice, il est difficile d'extrapoler, car il n'y a pas eu d'année nettement déficitaire entre 1950 et 1957. Néanmoins, on peut penser que lors de l'année 1913 (indice entre 1550 et 1600), la réserve devait être voisine de 15 milliards de m³.

Donc, en résumé, sur une période statistique sensiblement centenaire, la réserve maximale varierait entre 15 et 30 milliards de m³ avec une valeur moyenne excentrée voisine de 25 milliards de m³.

La valeur limite supérieure est due à l'action très forte de l'évapotranspiration sur les grosses capacités. Au delà de cette limite, les apports supplémentaires ne profitent plus à la constitution d'une réserve plus importante.

mais sont absorbés intégralement par l'atmosphère. En d'autres termes, au-delà d'une certaine réserve, l'abondance de la crue amont ne profite plus à la vallée du NIGER, à l'aval de la zone du delta.

6°- Variations des pertes :

C'est un bilan global que nous avons fait et il est évident que les pertes dont nous tenons compte sont des pertes totales, elles comprennent l'évapotranspiration, la croissance des végétaux, et l'infiltration. Le premier facteur reste largement l'élément essentiel.

En fonction du même indice d'hydraulicité, on remarque que la relation graphique est moins bonne que précédemment. Cependant, on trouve une forme très ascendante pour les forts indices. Au-delà de 3300, il semble que les pertes augmentent très rapidement.

La valeur moyenne des pertes se situerait aux environs de 18 milliards de m³. Elles varieraient entre 13 ou 14 pour les années très sèches (fréquence 1/100) et 25 à 30 milliards de m³ pour les fortes années, cette dernière valeur étant difficile à préciser.