

REPUBLIQUE DU MALI

Ministère d'Etat Chargé du Développement
Industriel et du Tourisme

DIRECTION NATIONALE
DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENERGIE

BAMAKO . MAI 1986

ORSTOM

Institut Français de Recherche
Scientifique pour le Développement
en Coopération .

MISSION AU MALI

**PERSISTANCE DE LA SECHERESSE
AU SAHEL**

Etude de stations pluviométriques et hydrologiques
de longue durée au Mali
Observations de l'année 1985

A. CHOURET
C. BERTHAULT
Y. PEPIN

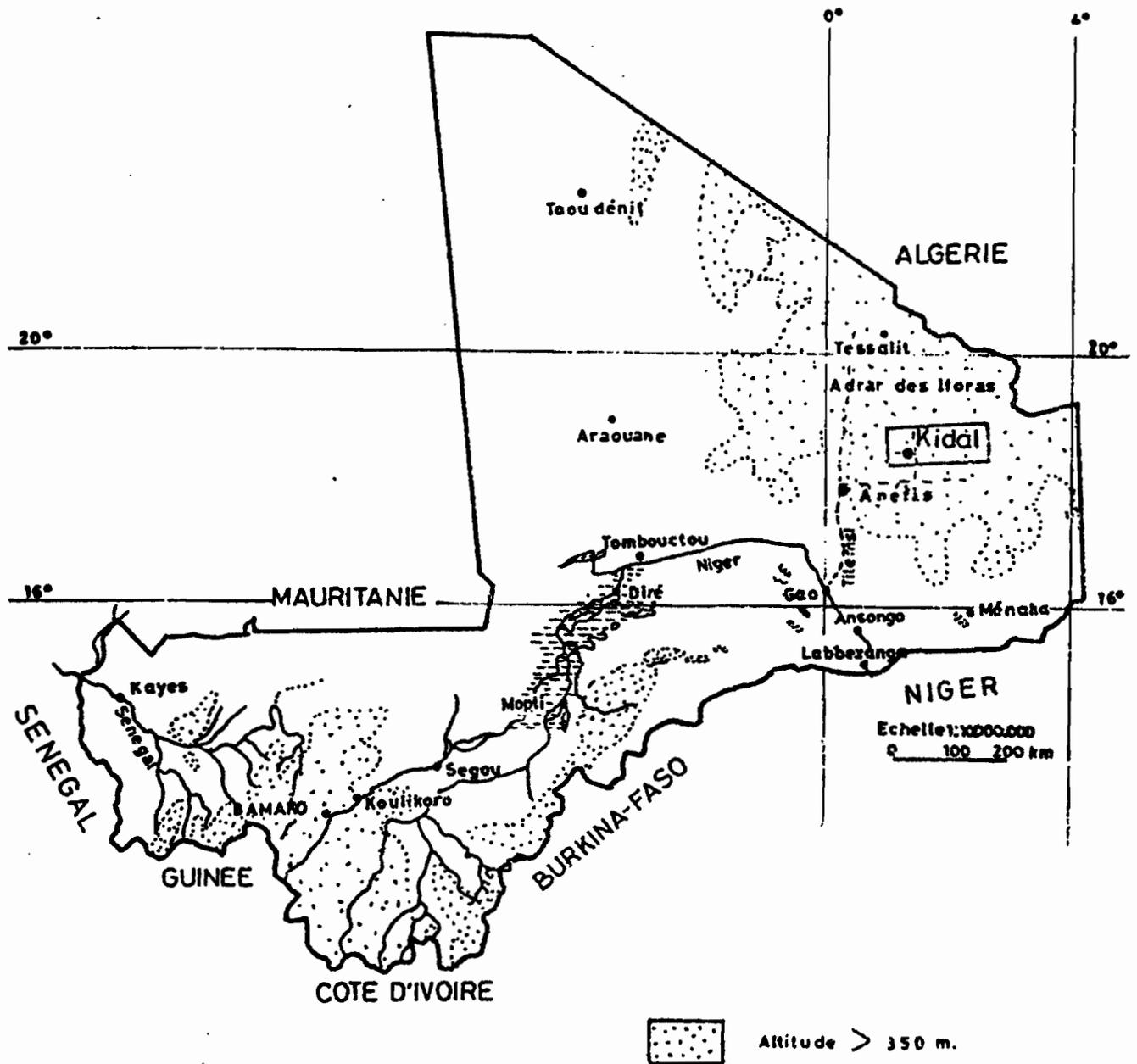
- SOMMAIRE -

	page
INTRODUCTION	
1 - Pluviométrie	9
1.1. Sikasso	9
1.2. Bamako	9
1.3. Bafoulabé	15
1.4. Kayes	15
1.5. Ségou	15
1.6. Niéro du Sahel	22
1.7. Mopti	22
1.8. Ménaka	22
1.9. Gao	22
1.10 Tombouctou	27
1.11 Kidal	27
1.12 Tessalit	28
1.13 Conclusion : résumé de l'analyse statistique - Données climatologiques complémentaires	28
2 - Hydrologie	41
2.1. Bassin du Niger	41
2.1.1. Le Niger à Koulikoro	41
2.1.2. Le Bani à Douna	44
2.1.3. Le Niger à Nantaka	44
2.1.4. Le Niger à Diré	48
2.2. Bassin du Haut Sénégal	51
2.2.1. Le Sénégal à Galougo	51
2.2.2. Le Sénégal à Kayes	51
2.3. L'Adrar des Iforas : l'oued de Kidal	51
2.4. Conclusion	53

	page
3 - L'année 1985 et rappel des données antérieures	56
3.1. Pluviométrie	56
3.2. Hydrologie	58
3.2.1. Bassin du Niger	58
3.2.2. Les lacs rive droite et rive gauche de la cuvette lacustre du Niger	59
3.2.3. Bassin du Sénégal	61
3.2.4. La zone saharienne : l'oued de Kidal	61
 CONCLUSION	 62
 Références	 78 - 79
Liste des tableaux et graphiques	80 - 81

Carte de Situation

Gr. 1



TOTAUX PLUVIOMETRIQUES ANNUELS DES STATIONS
DE LONGUE DUREE (valeurs en mm.)

Année	SIKASSO	BANAKO	KATESI	BATOULABZI	SECOURI	NOPTII	NIORO	SAHEL	CAO	INCFAKAI	TOMBOUCTOU	KIDALI	TESSALITI
1895			---										
1896			665										
1897			613										
1898			361								186		
1899			(467)								229		
1900			542								---		
1901			752								---		
1902			527								169		
1903			721										
1904			629								192		
1905			1073								231		
1906	---		1127								200		
1907	---		646	774							150		
1908	---		658	716							274		
1909	1418		881	846							240		
1910	1101		707	602							120		
1911	966		768	639							171		
1912	1070		577	629							128		
1913			---	558							142		
1914			721	(679)							---		
1915			644								225		
1916			775								161		
1917													
1918											222		
1919	---			---	374						---		
1920	1213		590	---	595	(321)							
1921	1060		---	(640)	---	248	311						
1922	1984		---	792	500	515	267				152		
1923	1455		---	708	643	588	275	---			143	(93)	
1924	1462			673	---	741	413	319			284		53
1925	1515		---	553	502	357	298	238			210		69
1926	1324		(503)	502	371	547	(365)	123			165		310
1927	1762		592	962	475	1481	412	279			339		228
1928	1871		(655)	797	599	1579	(243)	299			233		(159)
1929	---		499	---	701	1243	151	---			208		153
1930	---		592	---	---	1385	469	---			108		334
1931	1724		602	1504	---	940	---	---			257		107
1932	(1551)		801	978	---	668	167	---			202		---
1933	1623		---	998	---	793	394	---			289		102
1934	1386		645	940	---	---	226	137			187		188
1935	1534		766	1080	(740)	372	634	233	238		243		189
1936	1255		1136	952	952	662	720	292	266		313		185
1937	1309		596	664	701	387	690	263	182		213		127
1938	1225		916	902	714	434	473	157	259		153		75
1939	1332		619	743	707	682	484	299	288		103		146
1940	1075		778	764	523	477	564	180	180		170		64
1941	1154		495	657	634	445	691	183	243		144		121
1942	1267		(548)	837	578	452	456	288	185		153		126
1943	1159		955	878	981	703	540	212	424		284		169
1944	922		680	1202	639	393	620	225	147		271		122
1945	1076		1126	1168	625	589	706	257	327		306		79
1946	1300		876	1435	690	556	550	273	355		257		125
1947	1087		842	878	646	350	471	134	301		209		---
1948	1329		1005	809	579	388	483	258	227		219		87
1949	1068		780	887	456	462	799	---	172		190		59
1950	1530		828	1159	899	719	659	315	263		216		227
1951	1509		862	802	865	520	752	322	302		257		66
1952	1100	1312	879	1121	723	964	965	304	417		239		183
1953	1558	1222	764	925	666	694	628	430	400		263		175
1954	1439	1249	874	914	804	524	842	356	396		380		134
1955	1408	1051	679	944	855	591	566	231	184		204		89
1956	1185	963	804	784	889	700	629	206	284		154		135
1957	1310	1137	689		826	687	657	333	373		247		166
1958	1450	1211	671		685	544	852	377	421		175		174
1959	1270	864	858	839	806	620	615	279	295		235		203
1960	1196	905	744	569	655	485	562	219	262		243		96
1961	1141	1052	661		724	416	499	210	282		208		124
1962	1144	1127	635	1201	785	385	673	146	344		176		121
1963	1248	885	880	853	765	491	646	285	368		200		126
1964	1240	1262	688	922	904	627	721	284	292		217		107
1965	979	960	768		773	667	631	234	273		144		161
1966	1229	1308	851	(840)	733	420	618	154	207		100		197
1967	1279	1626	673	(912)	721	560	492	164	258		142		161
1968	1476	956	480	(693)	559	454	449	256	241		233		125
1969	1232	966	798	805	686	514	543	186	210		147		83
1970	1327	844	556	866	683	617	403	245	204		144		123
1971	---	---	---	699	510	493	341	173	229		141		90
1972	1017	777	485	---	921	390	427	157	162		150		92
1973	744	464	537	(672)	303	326	361	144	184		105		92
1974	1072	1261	675	---	616	409	420	128	155		134		193
1975	1099	975	598	790	827	540	498	308	209		205		96
1976	1535	1117	768	822	704	511	491	177	199		121		137
1977	1210	980	592	810	682	358	299	184	228		129		124
1978	1280	1145	739	867	663	416	552	210	235		119		138
1979	1248	998	557	654	658	461	450	172	234		181		128
1980	1142	922	481	(668)	308	603	310	303	250		213		197
1981	1220	790	593	711	522	410	406	192	159		162		157
1982	1045	963	332	825	391	324	379	206	130		113		78
1983	756	722	428	661	521	449	256	103	220		74		64
1984	899	806	609	---	554	334	334	113	95		232		84
1985	1161	855	730	824	463	438	479	204	184		122		99

INTRODUCTION

L'année 1982 au Mali avait attiré l'attention sur le retour d'une phase de sécheresse encore plus sévère que celle observée en 1972 et 1973 dans le Sahel. L'année 1983 a mis en évidence la péjoration des conditions climatiques. Bien que la pluviométrie 1984 soit en général légèrement meilleure que celle de 1983, mises à part quelques régions, les précipitations sont cependant restées très nettement en dessous des valeurs moyennes des dernières années, sauf exception très localisée (Tombouctou). L'hydraulicité 1984 est encore plus déficitaire que celle de 1983 sur les bassins du Niger et du Sénégal.

Pour essayer d'analyser cette persistance de la sécheresse, nous avons retenu quelques stations de longue durée pluviométriques et hydrologiques dont une étude statistique sommaire des données de la création à 1984 met en évidence le phénomène et permet dans bien des cas de la comparer avec les sécheresses passées de "1913", "1940", et "1970". Les observations de 1985 permettent de placer cette année dans la série et montrent que le Mali connaît toujours une phase de sécheresse malgré la meilleure répartition des pluies qui ont permis des récoltes à peu près satisfaisantes.

Les stations pluviométriques retenues, par ordre de hauteur annuelle moyenne décroissante sont : Sikasso, Bamako, Bafoulabé, Kayes, Ségou, Nioro du Sahel, Mopti, Ménaka, Gao, Tombouctou, Kidal et Tessalit.

En ce qui concerne l'hydrologie, nous n'avons pris en considération que les stations du Sénégal à Galougo et Kayes, les stations du Niger à Koulikoro, Nantaka et Diré, le Bani à Douna. A partir des résultats des campagnes hydrologiques 1984 et 1985 sur le bassin versant de l'oued de Kidal (Adrar des Iforas), et malgré l'absence de données antérieures, une approche de la situation dans cette zone saharienne a pu être tentée.

Pluviométrie annuelle (mm.) à SIKASSO

Valeurs classées

Rang	P (mm.)	Année	Fréquence	Rang	P (mm.)	Année	Fréquence
1	756	1983	0.007	35	1249	1979	0.522
2	796	1973	0.022	36	1255	1936	0.537
3	888	1971	0.037	37	1267	1942	0.553
4	899	1984	0.053	38	1270	1959	0.568
5	966	1911	0.068	39	1279	1967	0.583
6	979	1965	0.083	40	1280	1978	0.598
7	982	1944	0.098	41	1300	1946	0.613
8	1017	1972	0.113	42	1309	1937	0.628
9	1046	1982	0.128	43	1310	1957	0.643
10	1060	1921	0.143	44	1324	1926	0.659
11	1068	1949	0.159	45	1329	1948	0.674
12	1070	1912	0.174	46	1332	1939	0.689
13	1072	1974	0.189	47	1347	1970	0.704
14	1075	1940	0.204	48	1386	1934	0.719
15	1076	1945	0.219	49	1408	1955	0.734
16	1087	1947	0.234	50	1418	1909	0.750
17	1099	1975	0.250	51	1439	1954	0.765
18	1100	1952	0.265	52	1450	1958	0.780
19	1101	1910	0.280	53	1455	1923	0.795
20	1141	1961	0.295	54	1462	1924	0.810
21	1142	1980	0.310	55	1476	1968	0.825
22	1144	1962	0.325	56	1509	1951	0.840
23	1158	1941	0.340	57	1515	1925	0.856
24	1159	1943	0.356	58	1530	1950	0.871
25	1185	1956	0.371	59	1534	1935	0.886
26	1196	1960	0.386	60	1535	1976	0.901
27	1210	1977	0.401	61	1551	1932	0.916
28	1213	1920	0.416	62	1558	1953	0.931
29	1221	1981	0.431	63	1623	1933	0.946
30	1225	1938	0.446	64	1724	1931	0.962
31	1229	1966	0.462	65	1762	1927	0.977
32	1232	1969	0.477	66	1871	1928	0.992
33	1240	1964	0.492				
34	1248	1963	0.507				

Moyenne : 1257 mm.

Ecart-type : 224 mm.

Sikasso (1909-1984)

Gr:2

Pluviométrie annuelle

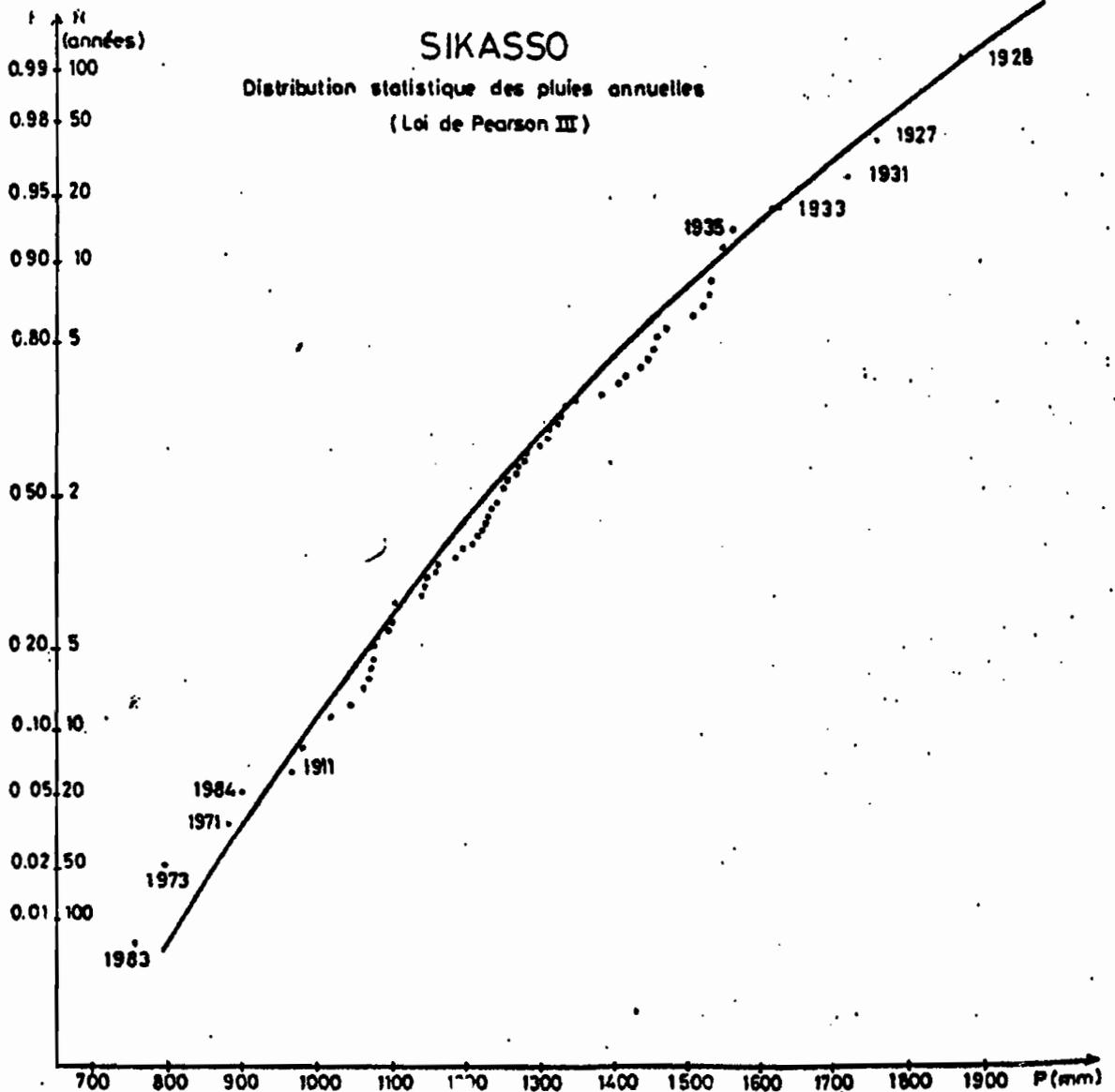
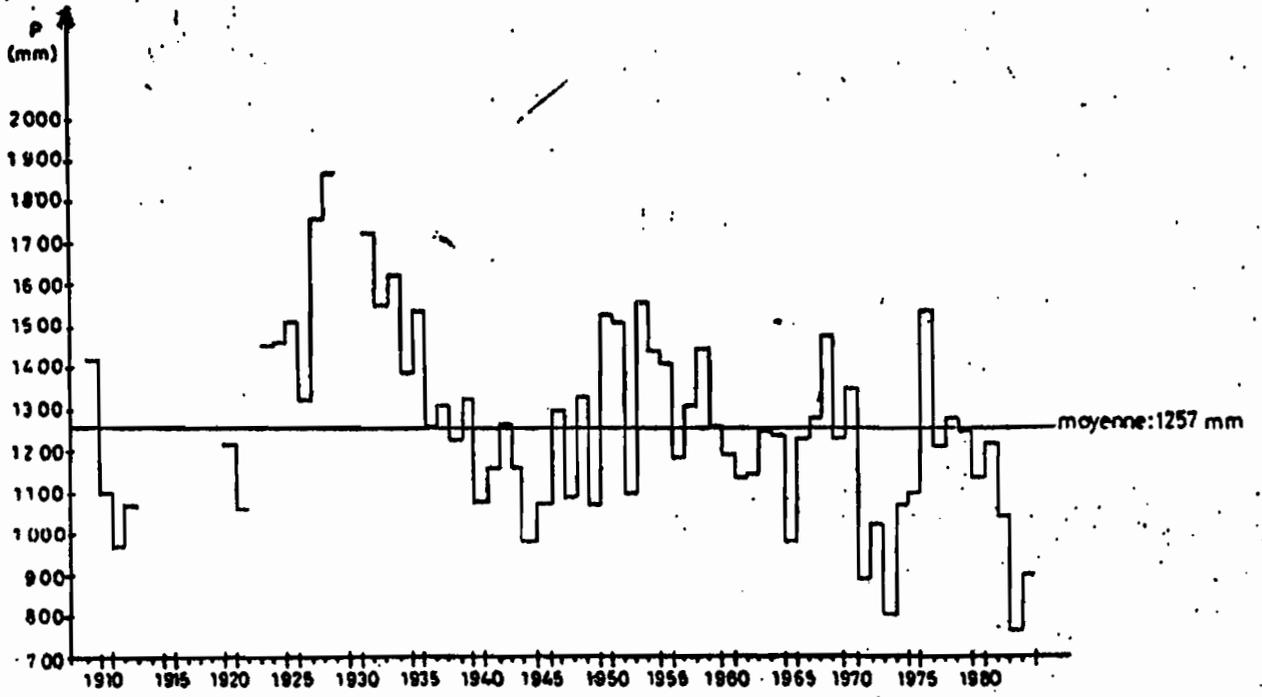


Tableau n° III

Pluviométrie annuelle (mm.) à BAMAKO

Valeurs classées

Rang	P (mm.)	Année	Fréquence
1	722	1983	0.015
2	728	1972	0.045
3	790	1981	0.075
4	806	1984	0.106
5	849	1970	0.136
6	864	1959	0.166
7	868	1973	0.196
8	885	1963	0.227
9	905	1960	0.257
10	922	1980	0.287
11	956	1968	0.318
12	960	1965	0.348
13	963	1956	0.378
14	963	1982	0.409
15	966	1969	0.439
16	975	1975	0.469
17	981	1977	0.500
18	998	1979	0.530
19	1038	1971	0.560
20	1051	1955	0.590
21	1052	1961	0.621
22	1117	1976	0.651
23	1127	1962	0.681
24	1137	1957	0.712
25	1145	1978	0.742
26	1211	1958	0.772
27	1222	1953	0.803
28	1249	1954	0.833
29	1261	1974	0.863
30	1262	1964	0.893
31	1305	1966	0.924
32	1312	1952	0.954
33	1626	1967	0.984

Moyenne : 1037 mm.

Ecart-type : 197 mm.

1 - Pluviométrie

Les totaux pluviométriques annuels des stations de longue durée retenues sont reportés dans le tableau I.

1.1. Sikasso (tabl.II, gr.2)

Le tableau II présente les valeurs classées pour les années de 1909 à 1984. La station a été créée en 1906 et les observations sont pratiquement continues depuis 1920. La moyenne est de 1257 mm. Depuis 1976, toutes les valeurs sont très inférieures à la moyenne, à part 1978 à peine supérieure (1280 mm). La valeur la plus faible observée est celle de 1983 (756 mm), suivie de 1973 (796 mm). L'année 1984 vient au quatrième rang en terme de sévérité avec 899 mm. On notera la succession d'années très faibles depuis une décennie. L'année la plus forte est 1928 avec 1817 mm. Un ajustement de la loi de Pearson III a pu être effectué de façon à peu près satisfaisante.

1.2. Bamako (tabl.III, gr.3)

La première station a été ouverte en 1952. La corrélation entre Bamako-Aéro. et Bamako-ville est satisfaisante à l'échelle de cette étude. Les observations sont sans interruption jusqu'à maintenant. La moyenne est de 1037 mm., la plus forte valeur enregistrée est celle de 1967 avec 1626 mm., la plus faible est celle de 1983 (722 mm.). L'année 1984 vient ici aussi au quatrième rang avec 806 mm., précédée de 1981 avec 790 mm.

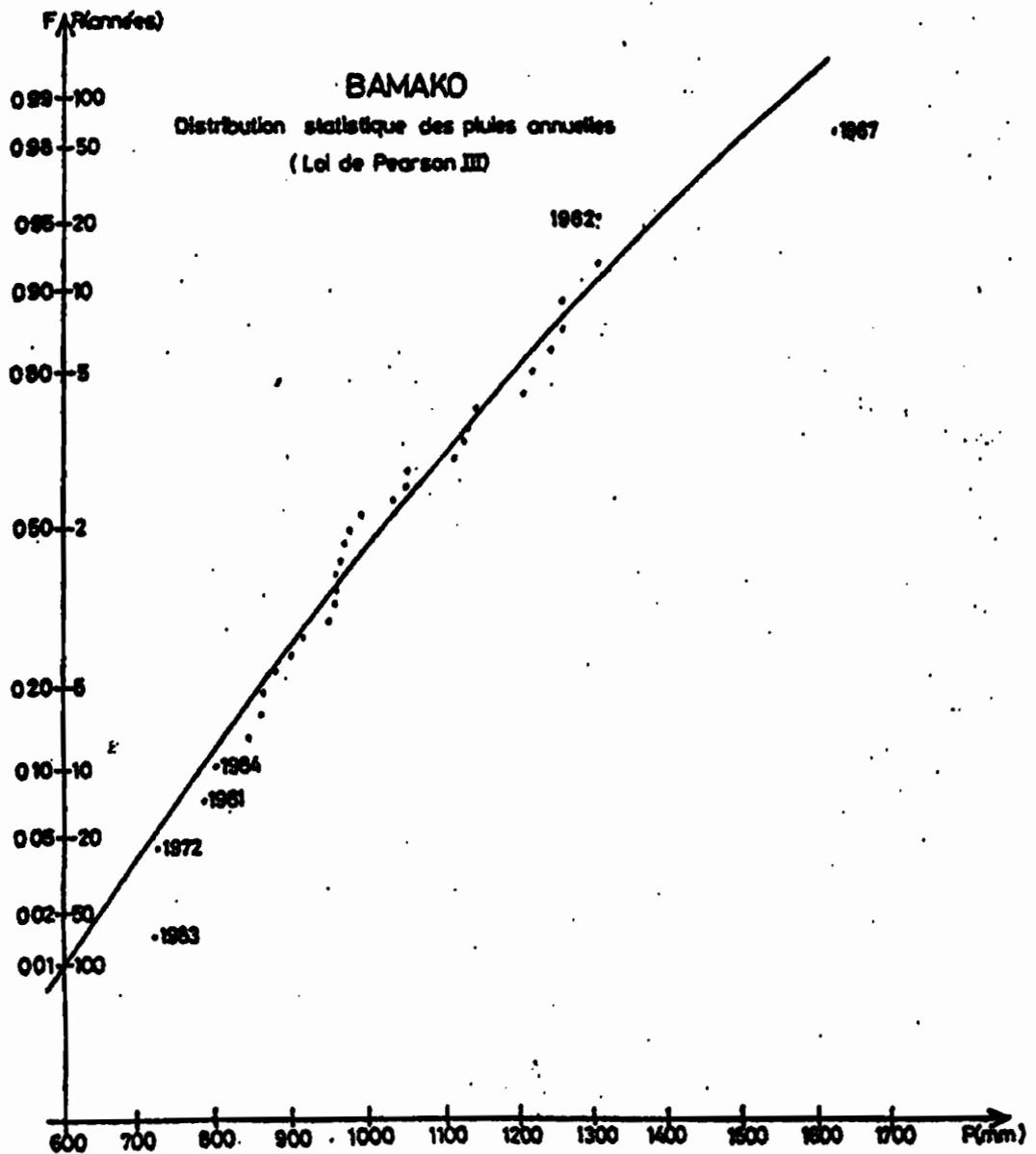
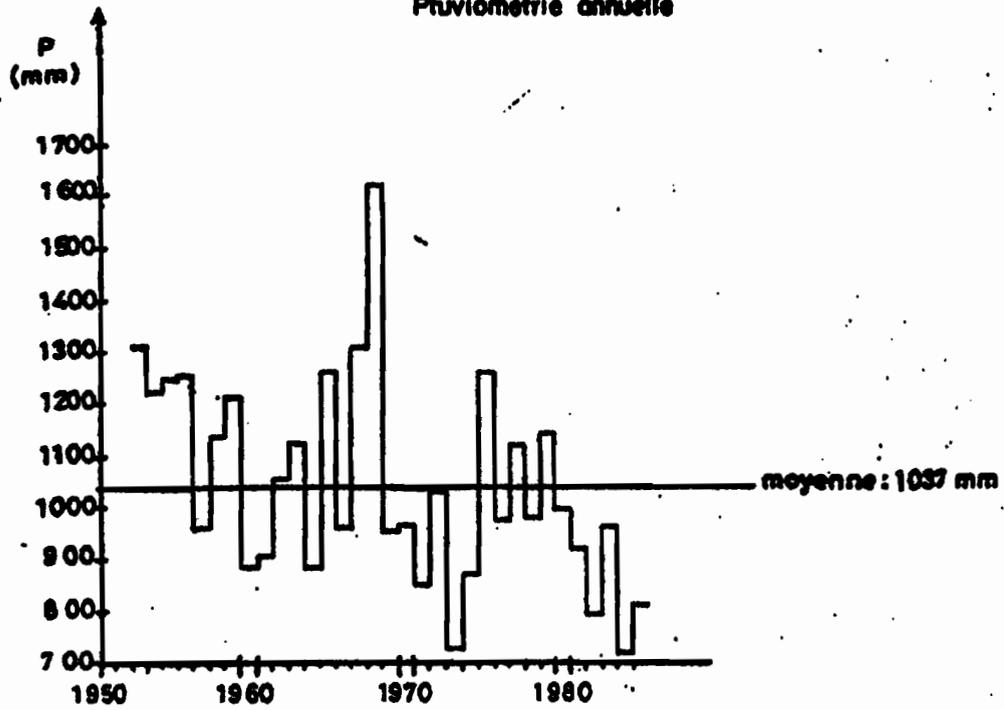
1.3. Bafoulabé (tabl.IV, gr.4)

La création de la station date de 1931. Malheureusement, on note des lacunes ou des relevés incomplets qui ont conduit à l'abandon des données disponibles pour certaines années où les relevés des principaux mois de la saison des pluies sont absents ou douteux. Ainsi, l'année 1984 n'est pas prise en compte.

Cependant, nous avons étudié cette station

BAMAKO (1952 à 1984)

Pluviométrie annuelle



Pluviométrie annuelle (mm.) à BAFOULABE
Valeurs classées

Rang	P (mm.)	Année	Fréquence	Rang	P (mm.)	Année	Fréquence
1	569	1960	0.010	25	866	1970	0.521
2	654	1979	0.031	26	867	1978	0.542
3	657	1941	0.053	27	878	1943	0.563
4	661	1983	0.074	28	878	1947	0.585
5	664	1937	0.095	29	887	1949	0.606
6	668	1980	0.117	30	902	1938	0.627
7	672	1973	0.138	31	912	1967	0.648
8	693	1968	0.159	32	914	1954	0.670
9	699	1971	0.180	33	922	1964	0.691
10	711	1981	0.202	34	925	1953	0.712
11	743	1939	0.223	35	940	1934	0.734
12	764	1940	0.244	36	944	1955	0.755
13	784	1956	0.365	37	952	1936	0.776
14	790	1975	0.287	38	978	1932	0.797
15	802	1951	0.308	39	998	1933	0.819
16	805	1969	0.329	40	1080	1935	0.840
17	809	1948	0.351	41	1121	1952	0.861
18	810	1977	0.372	42	1168	1945	0.882
19	822	1976	0.393	43	1199	1950	0.904
20	825	1982	0.414	44	1201	1962	0.925
21	837	1942	0.436	45	1202	1944	0.946
22	839	1959	0.457	46	1435	1946	0.968
23	840	1966	0.478	47	1504	1931	0.989
24	853	1963	0.500				

Moyenne : 886 mm.

Ecart-type : 197 mm.

BAFOULABE (1931 à 1983)

Gr: 4

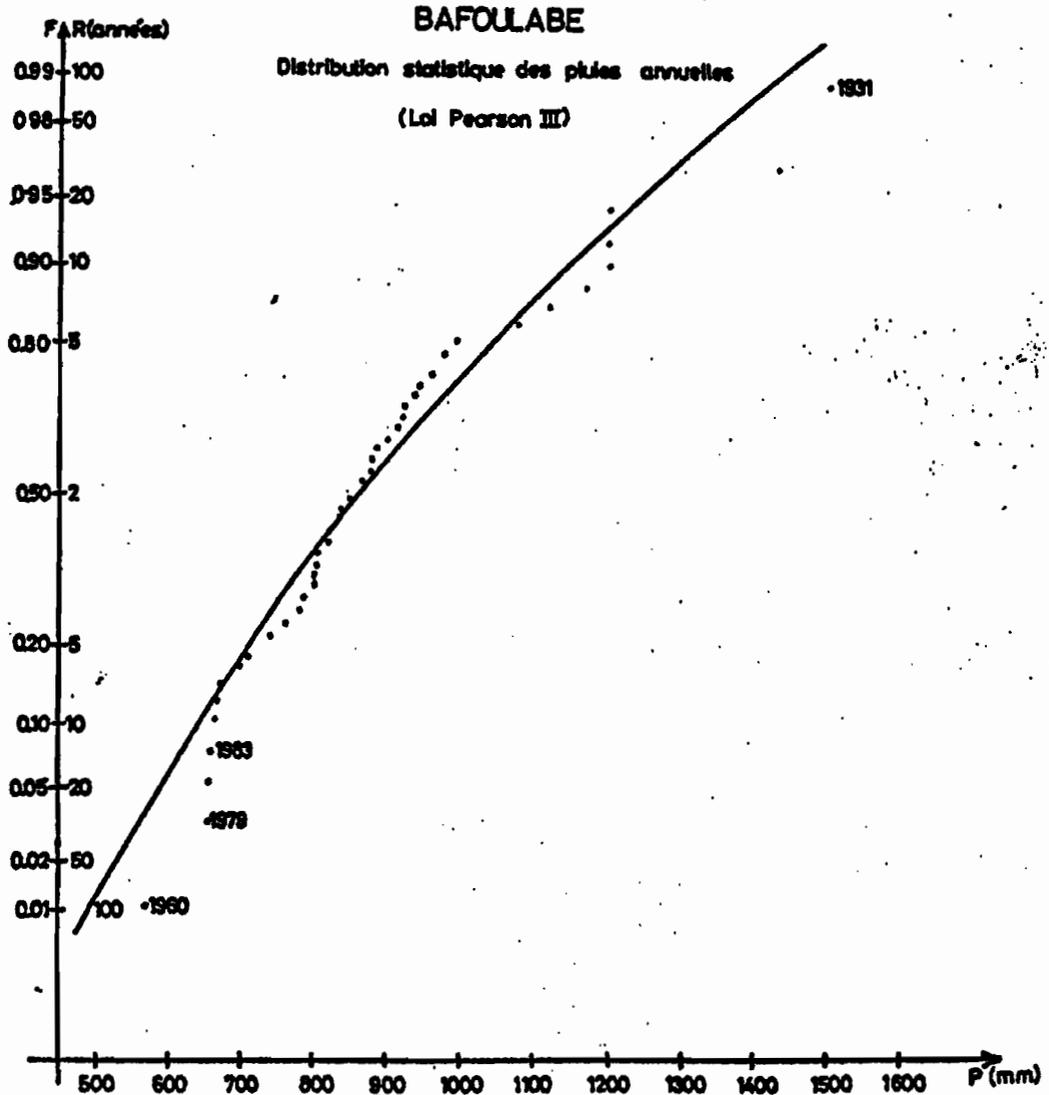
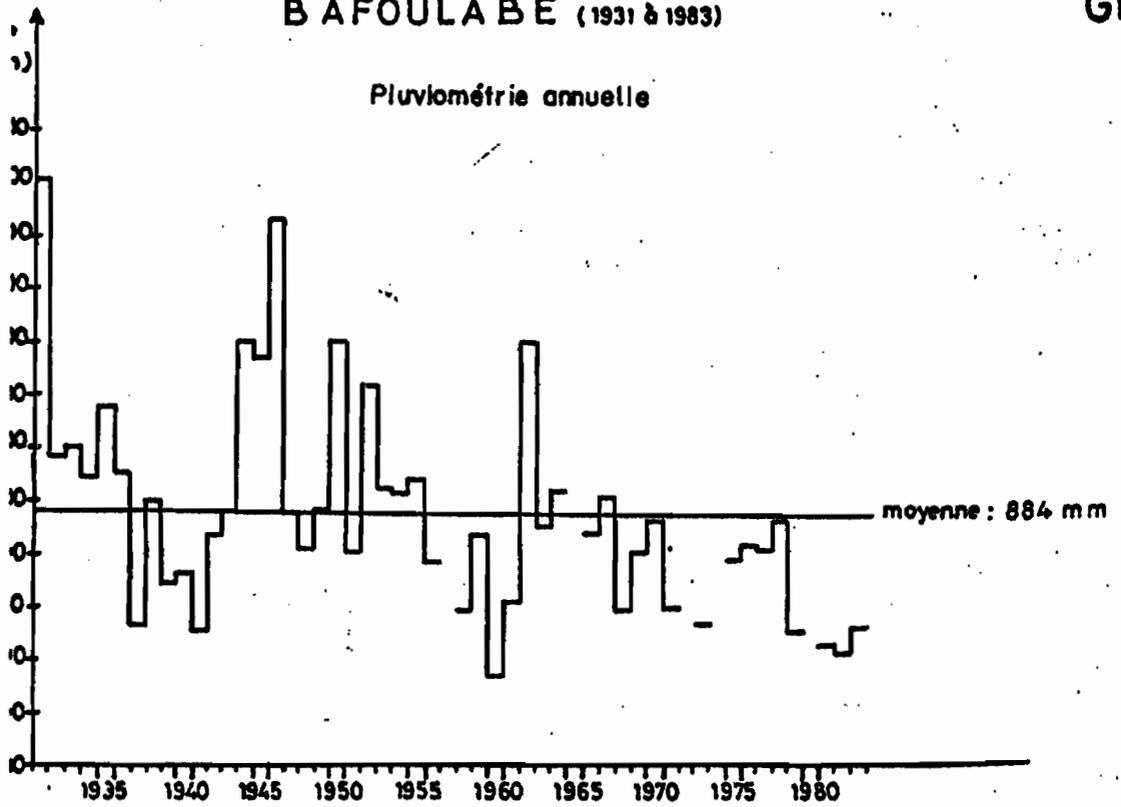


Tableau n° v

Pluviométrie annuelle (mm.) à KAYES

Valeurs classées

Rang	P (mm.)	Année	Fréquence	Rang	P (mm.)	Année	Fréquence
1	361	1898	0.006	40	673	1967	0.500
2	428	1983	0.018	41	675	1974	0.512
3	467	1899	0.031	42	679	1955	0.525
4	480	1968	0.044	43	680	1944	0.537
5	481	1980	0.056	44	688	1964	0.550
6	485	1972	0.069	45	689	1957	0.563
7	495	1941	0.082	46	707	1910	0.575
8	499	1929	0.094	47	721	1903	0.588
9	503	1926	0.107	48	721	1914	0.601
10	527	1902	0.120	49	739	1978	0.613
11	532	1982	0.132	50	744	1960	0.626
12	542	1900	0.145	51	752	1901	0.639
13	548	1942	0.158	52	764	1953	0.651
14	556	1970	0.170	53	766	1935	0.664
15	557	1979	0.183	54	768	1911	0.677
16	559	1973	0.196	55	768	1905	0.689
17	577	1912	0.208	56	768	1976	0.702
18	590	1920	0.221	57	775	1916	0.715
19	592	1927	0.234	58	778	1940	0.727
20	592	1931	0.246	59	780	1949	0.740
21	592	1977	0.259	60	798	1960	0.753
22	593	1981	0.272	61	801	1932	0.765
23	596	1937	0.284	62	804	1956	0.778
24	596	1971	0.297	63	828	1950	0.791
25	598	1975	0.310	64	842	1947	0.803
26	622	1931	0.322	65	851	1966	0.816
27	609	1984	0.335	66	855	1959	0.829
28	613	1897	0.348	67	862	1951	0.841
29	619	1930	0.360	68	874	1954	0.854
30	629	1904	0.373	69	876	1946	0.867
31	635	1962	0.386	70	879	1952	0.879
32	644	1915	0.398	71	880	1963	0.892
33	645	1934	0.411	72	881	1909	0.905
34	646	1907	0.424	73	916	1938	0.917
35	655	1928	0.436	74	965	1943	0.930
36	658	1908	0.449	75	1005	1948	0.943
37	661	1961	0.462	76	1073	1907	0.955
38	665	1896	0.474	77	1126	1908	0.968
39	671	1950	0.487	78	1127	1906	0.981
				79	1136	1936	0.993

Moyenne : 700mm.

Ecart-type : 164mm.

Tableau n° VI

Pluviométrie annuelle (mm.) à SEGOU

Valeurs classées

Rang	P (mm.)	Année	Fréquence	Rang	P (mm.)	Année	Fréquence
1	391	1982	0.007	34	685	1958	0.507
2	456	1949	0.022	35	686	1969	0.522
3	502	1926	0.037	36	690	1946	0.537
4	505	1973	0.053	37	701	1937	0.553
5	508	1980	0.068	38	705	1976	0.568
6	510	1971	0.083	39	707	1939	0.583
7	520	1983	0.098	40	708	1923	0.598
8	521	1972	0.113	41	714	1938	0.613
9	522	1981	0.128	42	716	1908	0.628
10	523	1940	0.143	43	721	1967	0.643
11	553	1925	0.159	44	723	1952	0.659
12	554	1984	0.174	45	724	1961	0.674
13	558	1913	0.189	46	733	1966	0.689
14	559	1968	0.204	47	740	1935	0.704
15	578	1942	0.219	48	765	1963	0.719
16	579	1948	0.234	49	773	1965	0.734
17	602	1910	0.250	50	774	1907	0.750
18	616	1974	0.265	51	785	1962	0.765
19	625	1945	0.280	52	792	1922	0.780
20	629	1912	0.295	53	797	1928	0.795
21	634	1943	0.310	54	804	1954	0.810
22	639	1931	0.325	55	806	1959	0.825
23	639	1944	0.340	56	826	1957	0.840
24	640	1921	0.356	57	828	1975	0.856
25	646	1947	0.371	58	846	1909	0.871
26	655	1960	0.386	59	855	1955	0.886
27	659	1979	0.401	60	865	1951	0.901
28	663	1978	0.416	61	889	1956	0.916
29	666	1953	0.431	62	899	1950	0.931
30	673	1924	0.446	63	904	1964	0.946
31	679	1914	0.462	64	931	1943	0.962
32	682	1977	0.477	65	952	1936	0.977
33	683	1970	0.492	66	962	1927	0.992

Moyenne : 687mm.

Ecart-type : 128mm.

où les données des années "1940" sont présentes ainsi que celles récentes jusqu'en 1983. La moyenne est de 886 mm. La plus forte valeur observée est de 1504 mm. en 1931. L'année 1983 vient au quatrième rang avec 661 mm., après 1941 avec 657 mm. Depuis 1968, toutes les valeurs observées sont inférieures à la moyenne. L'ajustement de la loi de Pearson III est satisfaisant.

1.4 Kayes (tabl.V, gr.5)

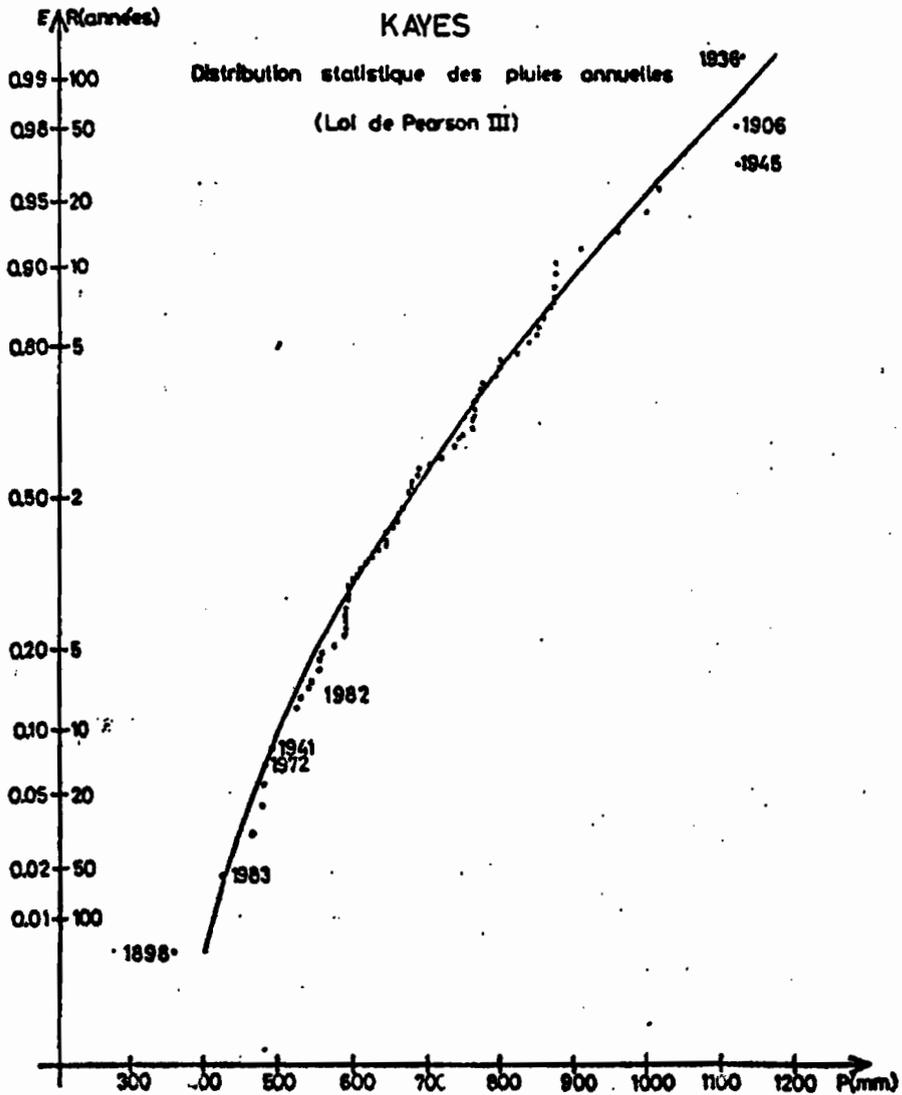
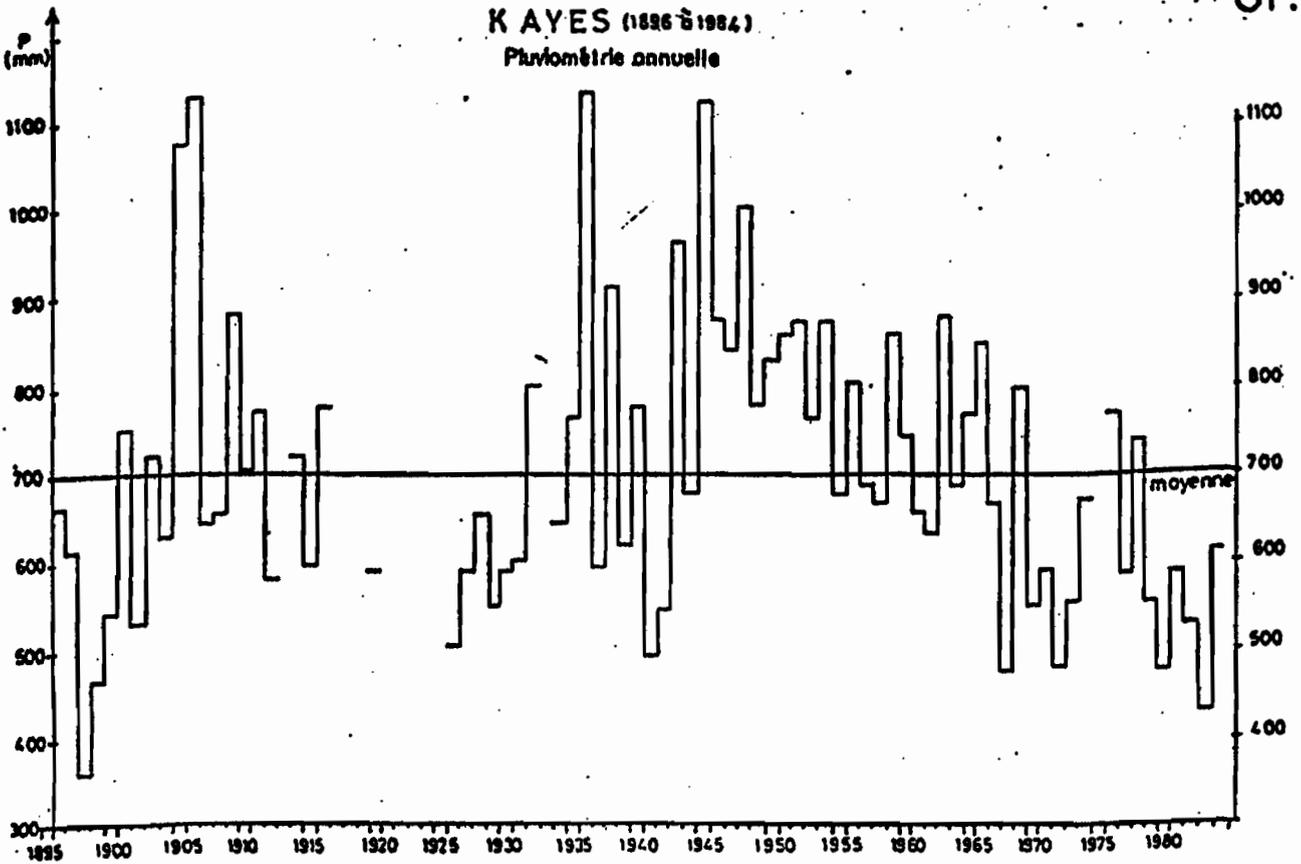
Cette station est très intéressante puisque l'on y possède des relevés depuis 1896. Jusqu'en 1984, 79 années ont été retenues. La moyenne est de 700 mm. La plus faible valeur a été observée en 1898 avec 361 mm. L'année 1984 ne vient qu'au 27^e rang (609 mm.). Elle est précédée par 1983, 2^e rang (428 mm.) et 1941, 7^e rang (495 mm.). L'année 1982 est au 11^e rang avec 532 mm.). Depuis le début du siècle, on note une succession de hauteurs annuelles faibles avec une tendance générale péjorative depuis 1950. Ces remarques seront reprises dans la conclusion générale. L'ajustement de la loi de Pearson III est satisfaisant.

1.5 Ségou (tabl.VI, gr.6)

Nous avons des relevés de 1907 à 1928 avec des lacunes entre 1915 et 1920. Les observations sont ensuite ininterrompues depuis 1935. La moyenne est de 687 mm. La plus forte valeur est de 962 mm. en 1927, la plus faible de 391 mm. en 1982. L'année 1984 vient au 12^e rang avec 554 mm. Sur le graphique 6, on notera les très faibles valeurs enregistrées depuis 1976.

1.6. Nioro du Sahel (tabl.VII, gr.7)

Les observations ont débuté en 1919. De 1926 à 1934, seules les années 1932 et 1933 ont été retenues, les autres sont absentes ou incomplètes. A partir de 1935, la série est continue. La moyenne sur les 59 valeurs considérées est de 554 mm. L'année 1984 est au 5^e rang



SEGOU (1909 à 1984)

Pluviométrie annuelle

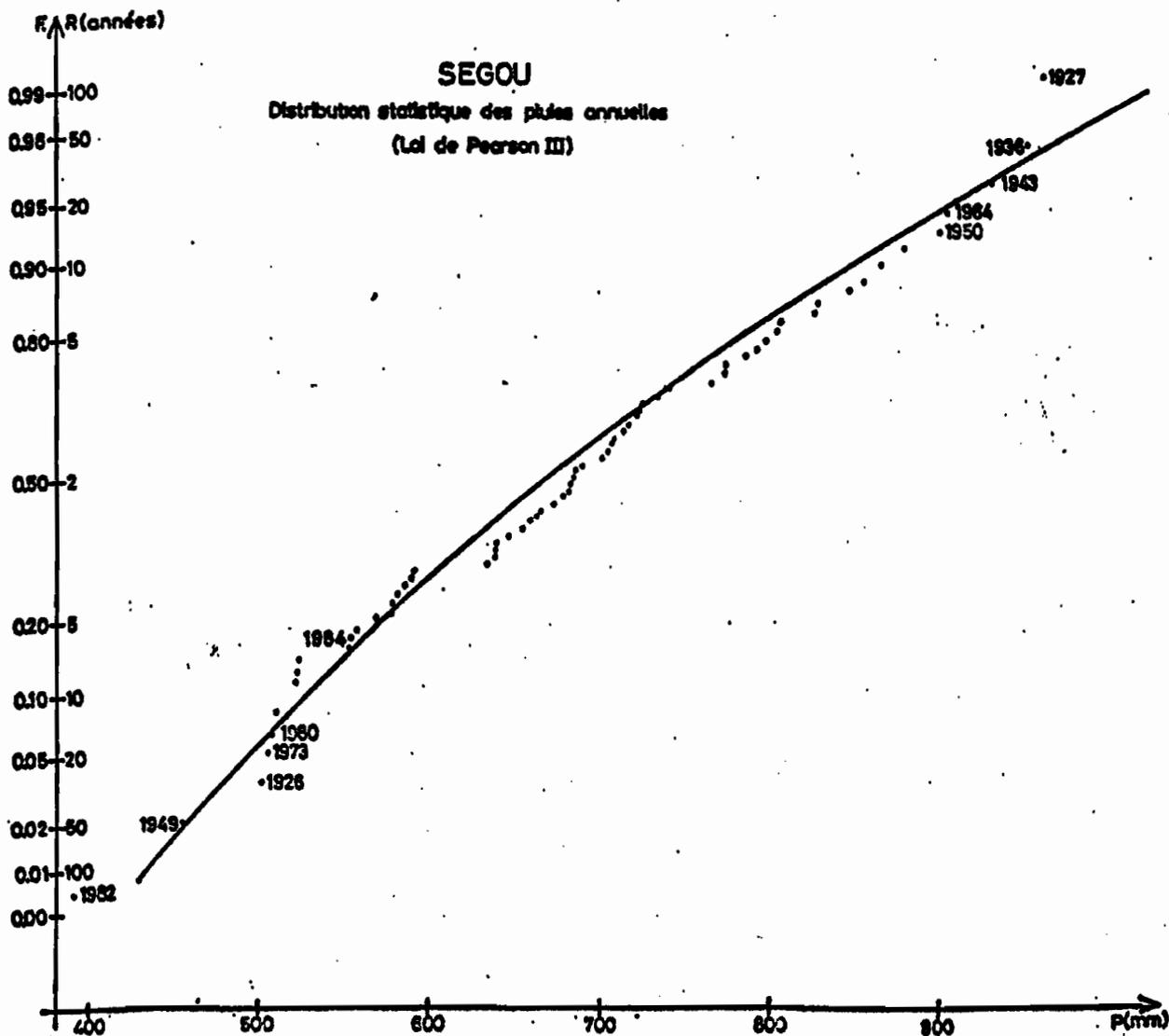
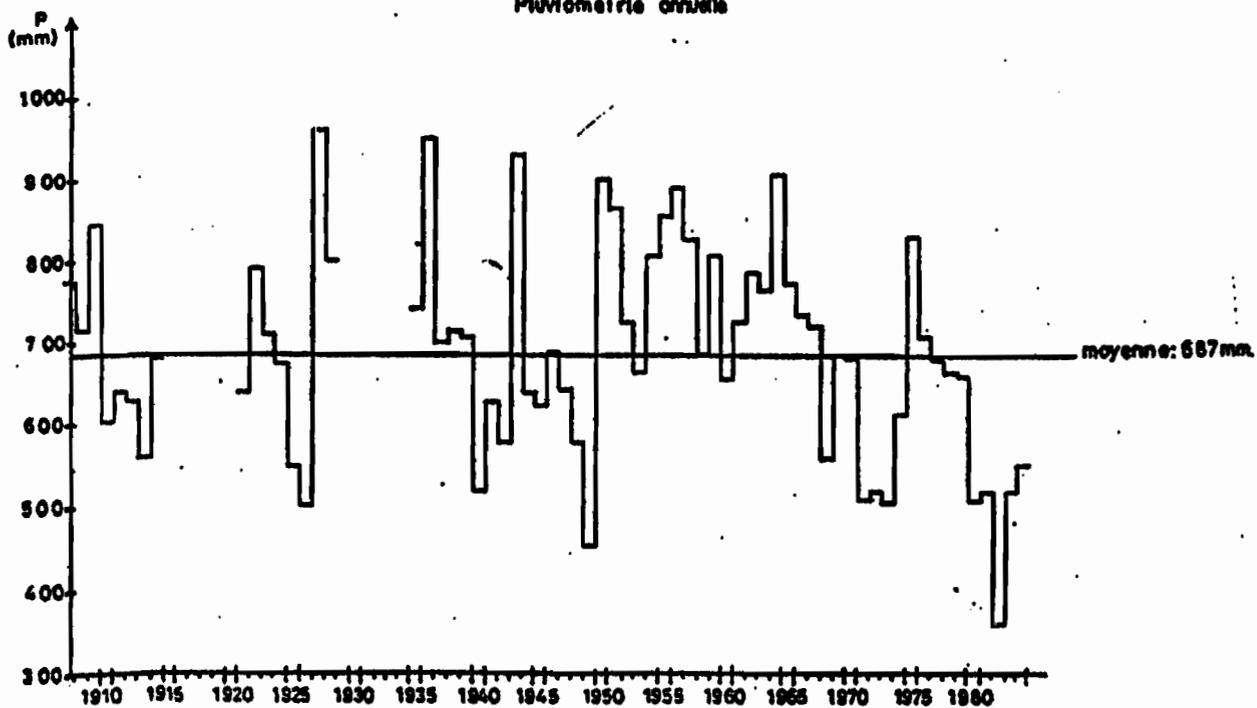


TABLEAU n° VII

Pluviométrie annuelle (mm.) à NIORO du SAHEL

Valeurs classées

Rang	P (mm.)	Année	Fréquence	Rang	P (mm.)	Année	Fréquence
1	248	1921	0.008	34	588	1923	0.567
2	256	1983	0.025	35	595	1920	0.584
3	299	1977	0.042	36	615	1959	0.601
4	310	1980	0.059	37	618	1966	0.618
5	334	1984	0.076	38	620	1944	0.635
6	341	1971	0.093	39	628	1953	0.652
7	357	1925	0.110	40	629	1956	0.669
8	361	1973	0.127	41	631	1955	0.686
9	372	1982	0.144	42	634	1935	0.703
10	374	1919	0.161	43	646	1963	0.720
11	403	1970	0.177	44	657	1957	0.737
12	406	1981	0.194	45	659	1950	0.754
13	420	1974	0.211	46	668	1932	0.771
14	427	1972	0.228	47	673	1962	0.788
15	449	1968	0.245	48	690	1937	0.805
16	450	1979	0.262	49	691	1941	0.822
17	456	1942	0.279	50	706	1945	0.838
18	471	1947	0.296	51	720	1936	0.855
19	473	1938	0.313	52	721	1964	0.872
20	483	1948	0.330	53	741	1924	0.889
21	484	1939	0.347	54	752	1951	0.906
22	491	1976	0.364	55	793	1933	0.923
23	492	1967	0.381	56	799	1949	0.940
24	498	1975	0.398	57	842	1954	0.957
25	499	1961	0.415	58	852	1958	0.974
26	515	1922	0.432	59	965	1952	0.991
27	540	1943	0.449				
28	543	1969	0.466				
29	550	1946	0.483				
30	552	1978	0.500				
31	562	1960	0.516				
32	564	1940	0.533				
33	566	1955	0.550				

Moyenne : 554 mm.

Ecart-type : 157,4 mm.

Tableau n° VIII

Pluviométrie annuelle (mm.) à MOPTI

Valeurs classées

Rang	P (mm.)	Année	Fréquence	Rang	P(mm.)	Année	Fréquence
1	324	1982	0.008	30	502	1925	0.517
2	326	1973	0.026	31	511	1976	0.535
3	334	1984	0.043	32	514	1969	0.552
4	358	1977	0.061	33	520	1951	0.570
5	360	1947	0.078	34	524	1954	0.587
6	371	1926	0.096	35	540	1975	0.605
7	372	1935	0.114	36	544	1958	0.622
8	387	1937	0.131	37	556	1940	0.640
9	388	1948	0.149	38	560	1967	0.657
10	390	1972	0.166	39	585	1962	0.675
11	393	1944	0.184	40	589	1945	0.692
12	409	1974	0.201	41	590	1928	0.710
13	410	1981	0.219	42	591	1955	0.728
14	416	1961	0.236	43	603	1980	0.745
15	416	1978	0.254	44	617	1970	0.763
16	420	1966	0.271	45	620	1959	0.780
17	434	1938	0.289	46	627	1964	0.798
18	445	1983	0.307	47	643	1923	0.815
19	447	1941	0.324	48	662	1936	0.833
20	452	1942	0.342	49	667	1965	0.850
21	454	1968	0.359	50	682	1939	0.868
22	461	1979	0.377	51	687	1957	0.885
23	462	1949	0.394	52	694	1953	0.903
24	475	1927	0.412	53	700	1956	0.921
25	478	1940	0.429	54	701	1929	0.938
26	485	1960	0.447	55	703	1943	0.956
27	491	1963	0.464	56	719	1950	0.973
28	493	1971	0.482	57	964	1952	0.991
29	500	1922	0.500				

Moyenne : 519 mm.

Ecart-type : 127 mm.

Tableau n° IX

Pluviométrie annuelle (mm.) à MENAKA

Valeurs classées

Rang	P (mm.)	Année	Fréquence	Rang	P (mm.)	Année	Fréquence
1	95	1984	0.008	28	241	1968	0.491
2	123	1926	0.026	29	243	1941	0.508
3	130	1982	0.044	30	250	1980	0.526
4	137	1934	0.062	31	258	1967	0.544
5	147	1944	0.080	32	259	1938	0.562
6	155	1974	0.098	33	262	1960	0.580
7	159	1981	0.116	34	263	1950	0.598
8	162	1972	0.133	35	266	1936	0.616
9	172	1949	0.151	36	273	1965	0.633
10	180	1940	0.169	37	279	1927	0.651
11	182	1937	0.187	38	282	1961	0.669
12	184	1955	0.205	39	288	1939	0.687
13	184	1973	0.223	40	288	1956	0.705
14	185	1942	0.241	41	292	1964	0.723
15	199	1976	0.258	42	295	1959	0.741
16	204	1970	0.276	43	299	1928	0.758
17	207	1966	0.294	44	301	1947	0.776
18	209	1975	0.312	45	302	1951	0.794
19	210	1969	0.330	46	319	1924	0.812
20	220	1983	0.348	47	327	1945	0.830
21	227	1948	0.366	48	344	1962	0.848
22	228	1977	0.383	49	355	1946	0.866
23	229	1971	0.401	50	368	1963	0.883
24	234	1979	0.419	51	373	1957	0.901
25	235	1978	0.437	52	396	1954	0.919
26	238	1925	0.455	53	400	1953	0.937
27	238	1935	0.473	54	417	1952	0.955
				55	421	1958	0.973
				56	424	1943	0.991

Moyenne : 253 mm.

Ecart-type : 80,1 mm.

Tableau n° X

Pluviométrie annuelle (mm.) à GAO

Valeurs classées

Rang	P (mm.)	Année	Fréquence	Rang	P(mm.)	Année	Fréquence
1	103	1983	0.007	32	242	1928	0.500
2	113	1984	0.023	33	245	1970	0.515
3	128	1974	0.039	34	256	1968	0.531
4	134	1947	0.055	35	257	1945	0.547
5	143	1973	0.071	36	258	1948	0.563
6	146	1962	0.087	37	262	1937	0.579
7	150	1929	0.101	38	267	1922	0.595
8	154	1966	0.119	39	272	1946	0.611
9	157	1938	0.134	40	274	1923	0.626
10	157	1972	0.150	41	279	1959	0.642
11	164	1967	0.166	42	284	1964	0.658
12	167	1932	0.182	43	285	1963	0.674
13	171	1979	0.198	44	288	1942	0.690
14	173	1971	0.214	45	292	1936	0.706
15	177	1976	0.230	46	298	1925	0.722
16	179	1940	0.246	47	299	1939	0.738
17	183	1941	0.261	48	303	1980	0.753
18	184	1977	0.277	49	304	1952	0.769
19	185	1969	0.293	50	304	1975	0.785
20	191	1981	0.309	51	311	1921	0.801
21	206	1956	0.325	52	315	1950	0.817
22	206	1982	0.341	53	321	1920	0.833
23	210	1978	0.357	54	322	1951	0.849
24	210	1961	0.373	55	333	1957	0.865
25	212	1943	0.388	56	356	1954	0.880
26	218	1960	0.404	57	364	1926	0.896
27	225	1944	0.420	58	377	1958	0.912
28	226	1934	0.436	59	394	1933	0.928
29	230	1955	0.452	60	411	1927	0.944
30	232	1935	0.468	61	412	1924	0.960
31	234	1965	0.484	62	430	1953	0.976
				63	469	1930	0.992

Moyenne : 258 mm.

Ecart-type : 83,5 mm.

avec 334 mm. La plus faible valeur observée est de 248 mm. en 1921. Le 2^e rang correspond à l'année 1983 avec 256 mm. La plus forte valeur a été observée en 1952 avec 965 mm. Depuis 1967, toutes les hauteurs pluviométriques annuelles sont inférieures à la moyenne. L'ajustement de la loi de Pearson III est satisfaisant.

1.7. Mopti (tabl.VIII, gr.8)

Les premières observations remontent à 1921 avec des lacunes jusqu'en 1935. A partir de cette dernière année, les relevés sont complets. Sur 57 années, la moyenne est de 519 mm. La plus faible valeur a été notée en 1982 (324 mm.). L'année 1984 vient au 3^e rang avec 334 mm. La plus forte valeur est de 964 mm. en 1952. La tendance à une baisse générale apparaît bien sur le graphique 8 depuis le maximum de 1952. L'ajustement de la loi de Pearson III est satisfaisant.

1.8. Ménaka (tabl.IX, gr.9)

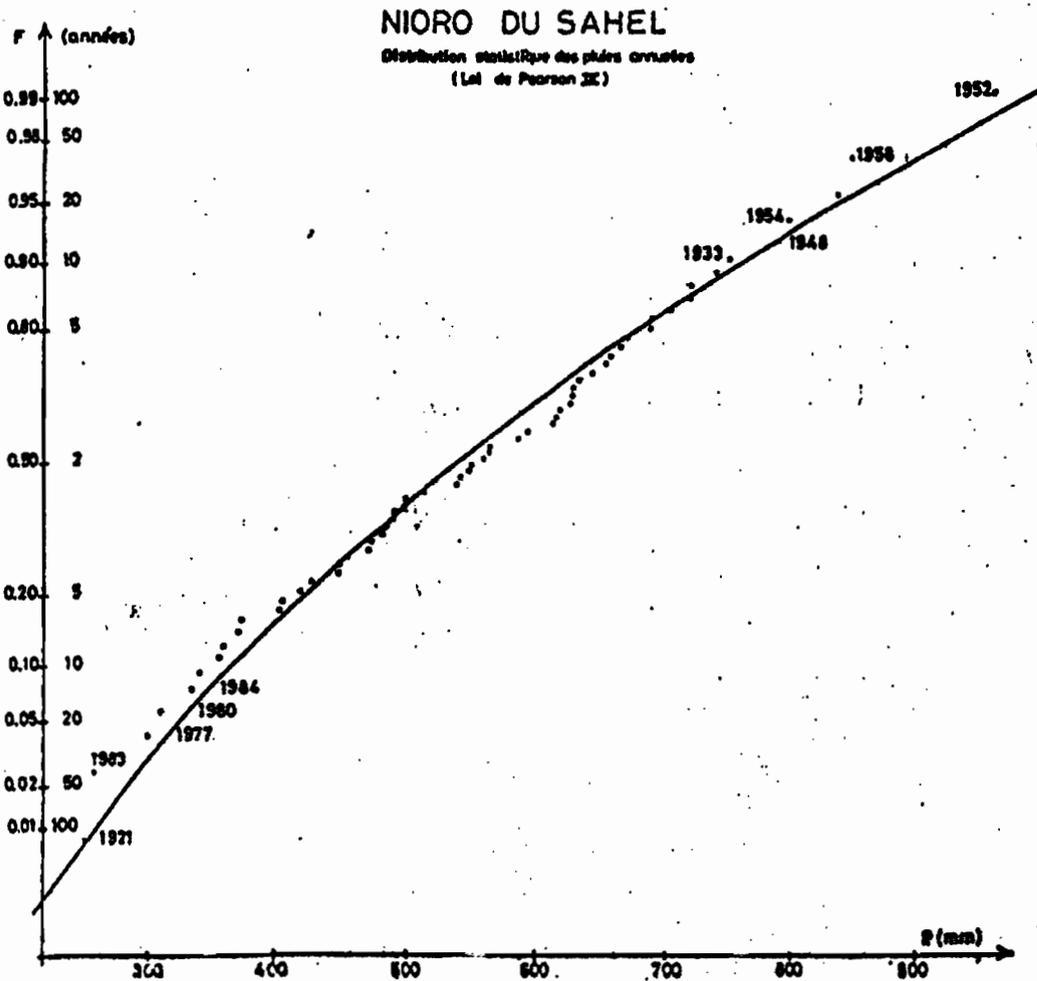
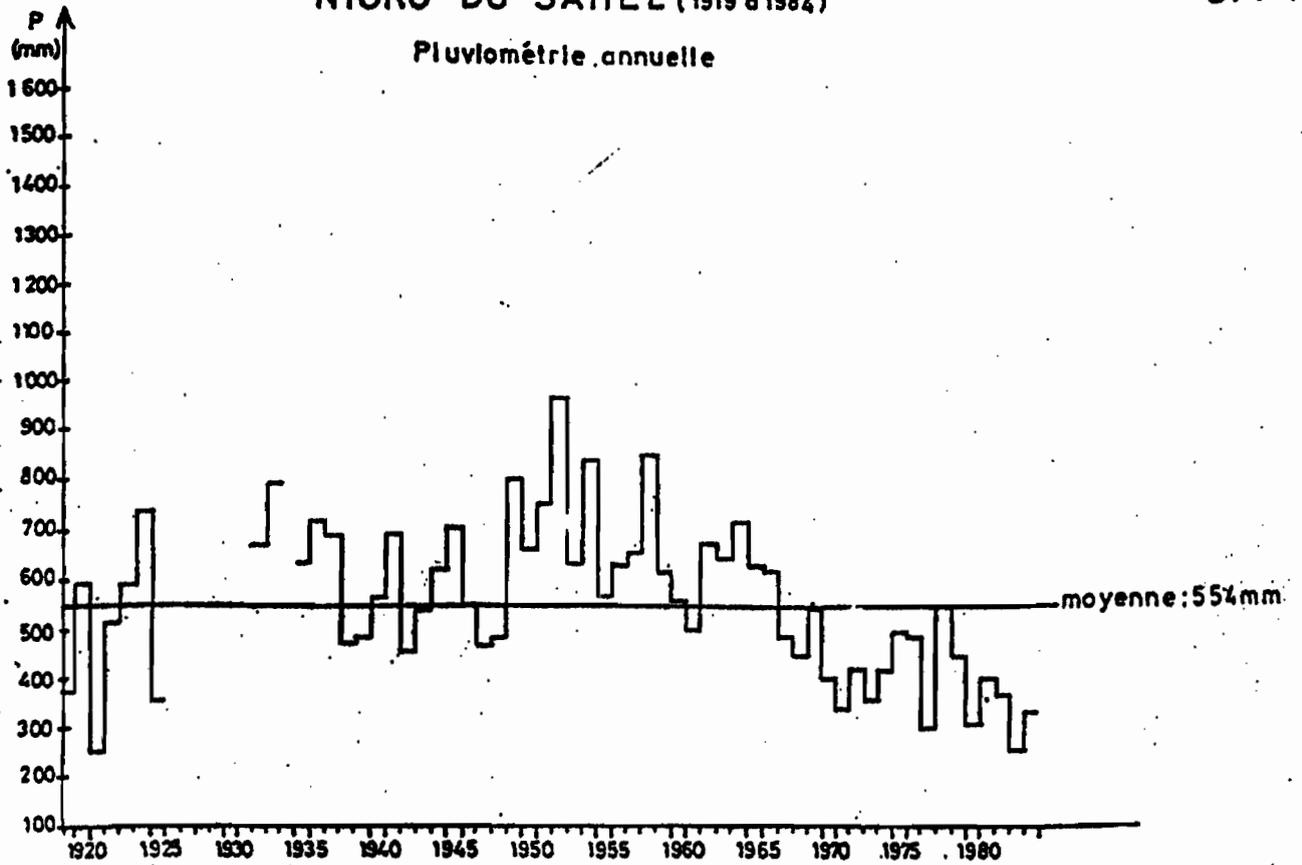
Les premiers relevés remontent à 1923, ils sont continus et complets à partir de 1934. La moyenne sur les 56 années retenues est de 253 mm. L'année 1984 est la plus faible observée avec 95 mm. et est bien individualisée sur le graphique 9. Depuis 1968, aucune hauteur n'a dépassé la moyenne. La plus forte valeur est de 424 mm. en 1943. Elle a été approchée deux autres fois en 1951 (417 mm.) et 1958 (412 mm.). L'ajustement de la loi de Pearson III est satisfaisant.

1.9. Gao (tabl.X, gr.10)

Les premières observations datent de 1919 avec quelques rares lacunes. Sur les 63 années retenues, la moyenne est de 258 mm. L'année 1983 est la plus faible, 1984 vient en 2^e position avec 113 mm. pour 103 mm. l'année précédente. Ces deux années sont particulièrement bien individualisées sur le graphique 10. L'ajustement de la loi de Pearson III est satisfaisant.

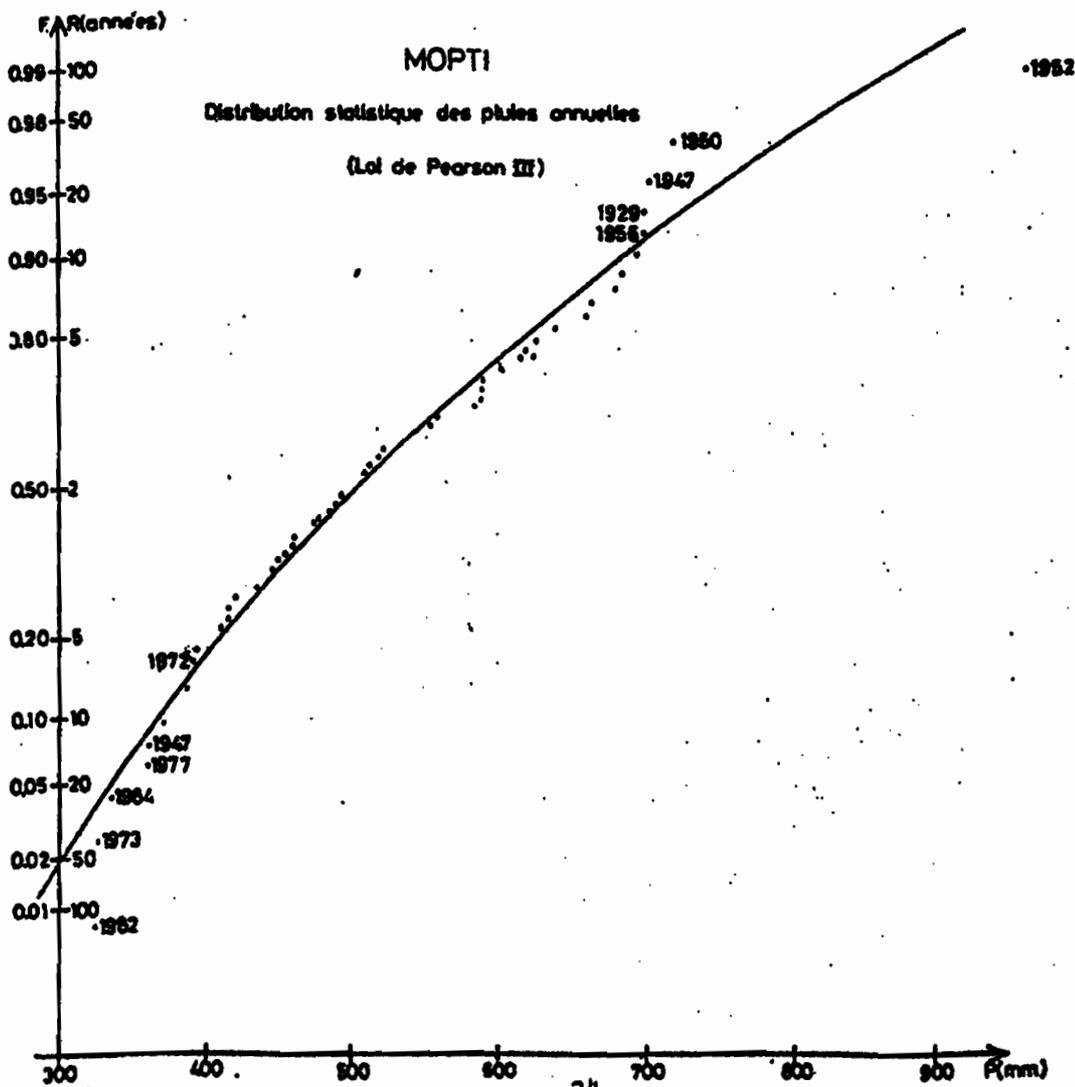
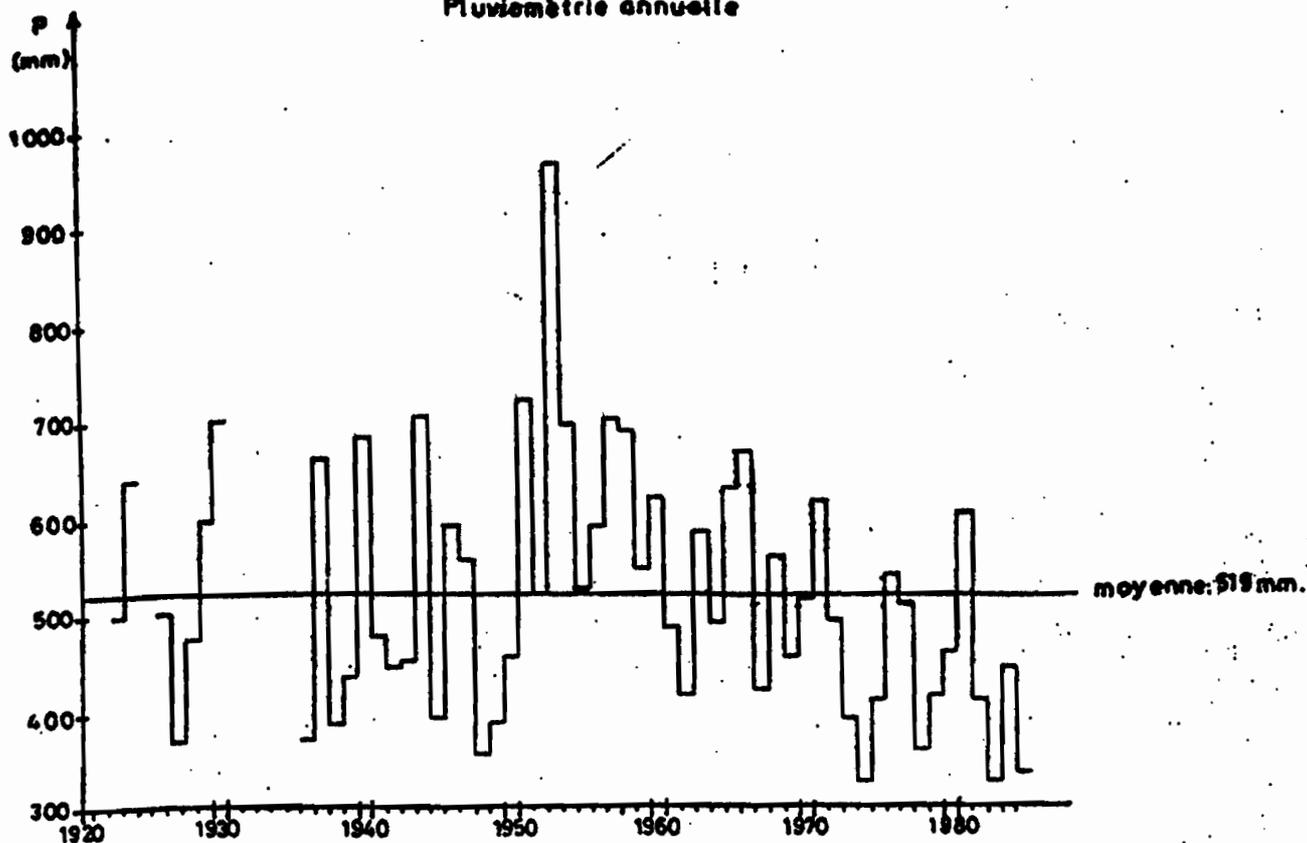
NIORO DU SAHEL (1919 à 1984)

Gr: 7



MOPTI (1921 à 1984)

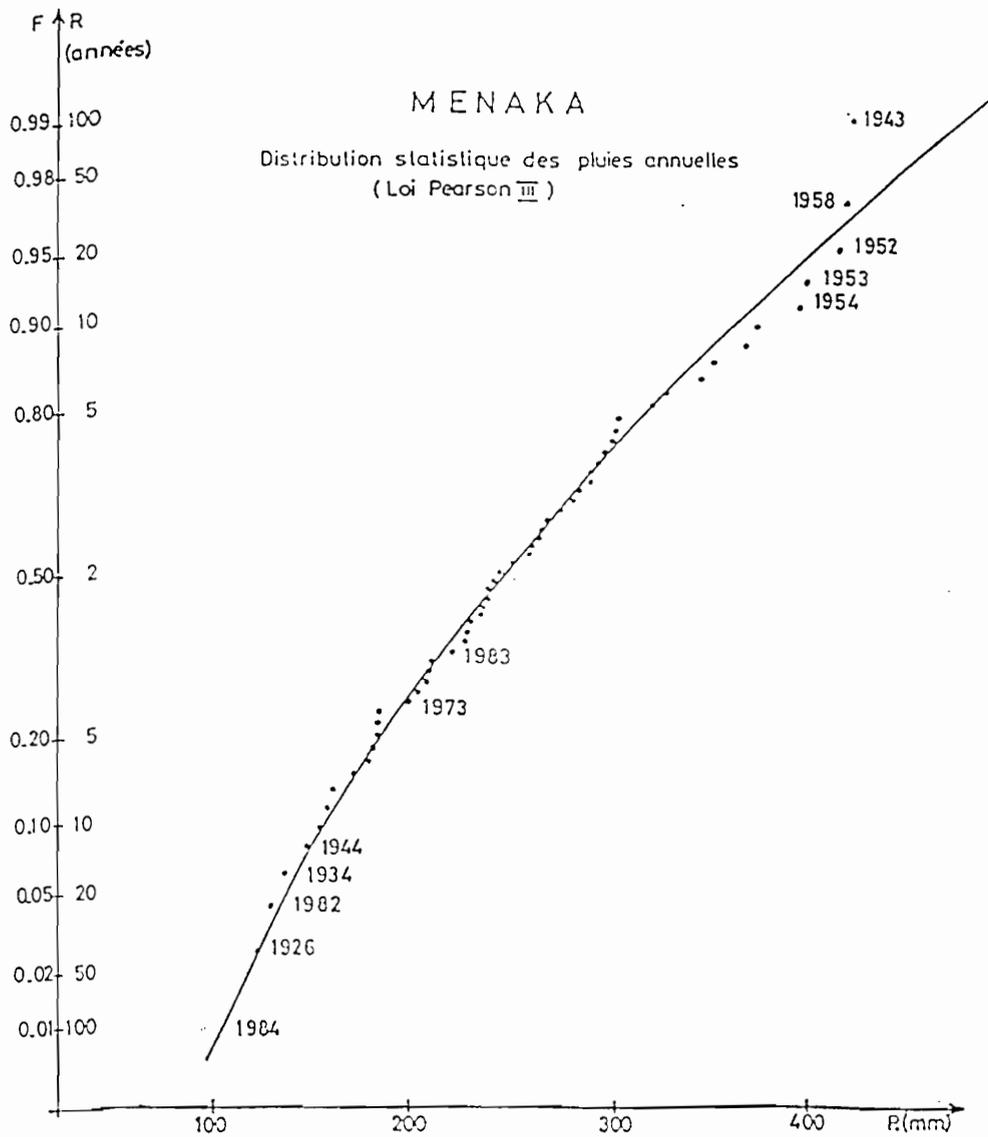
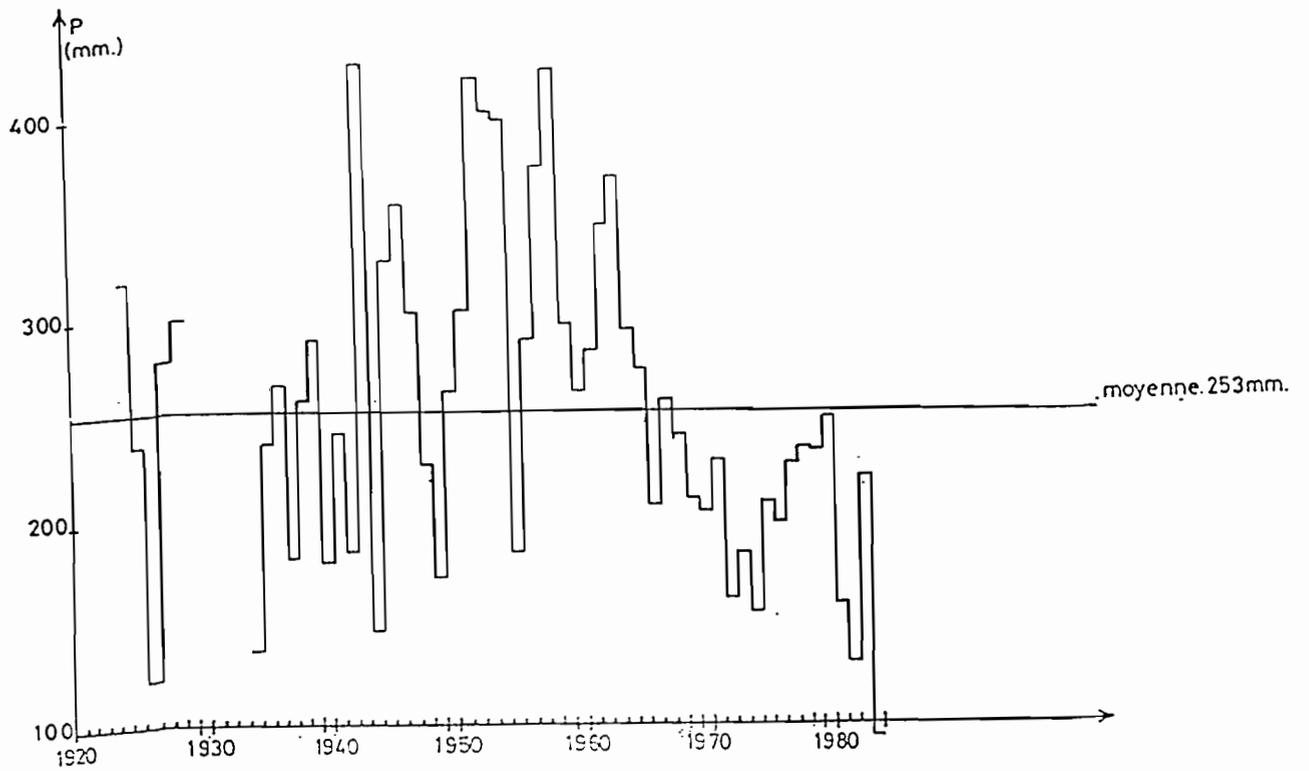
Pluviométrie annuelle



MENAKA (1923 à 1984)

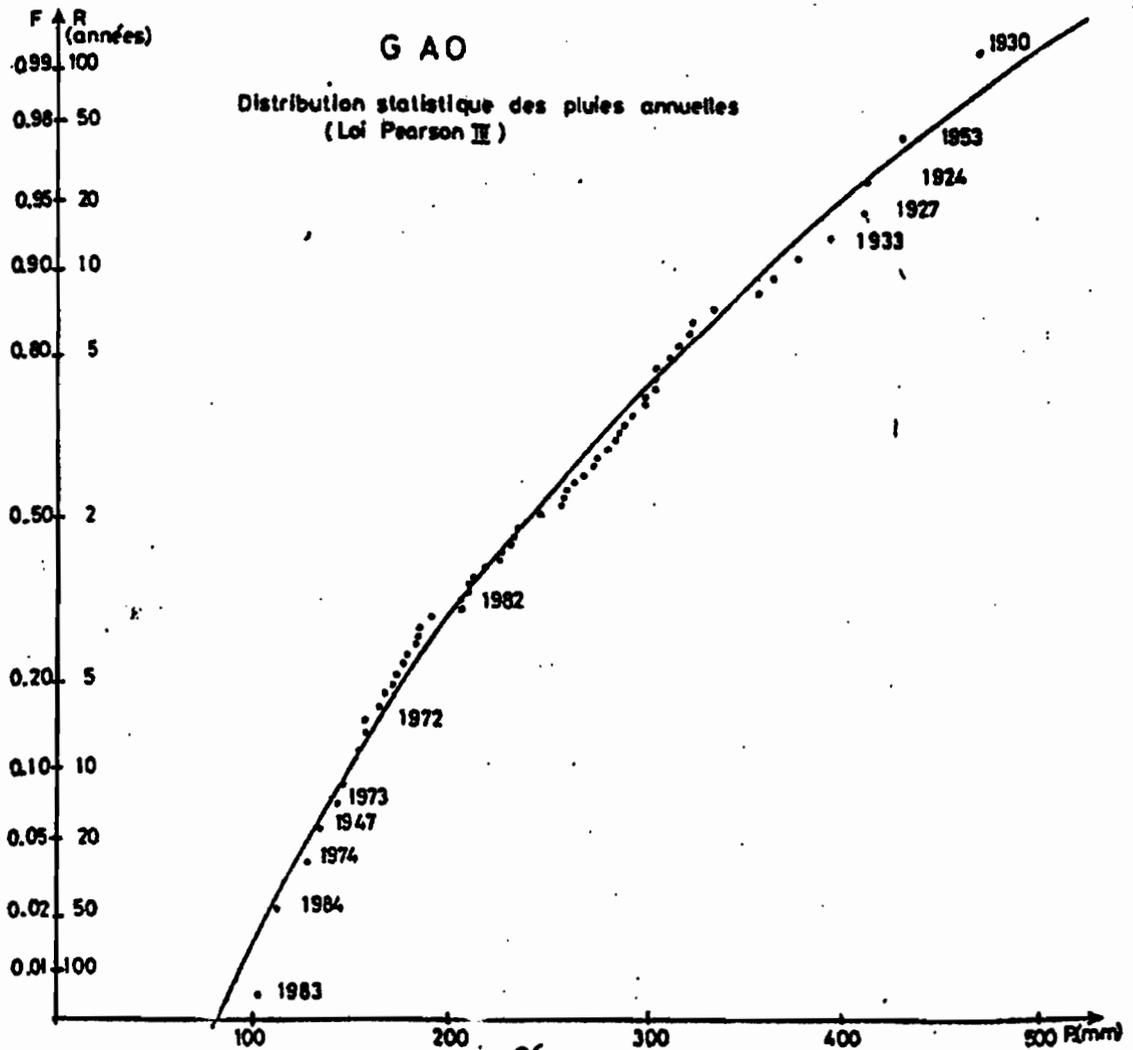
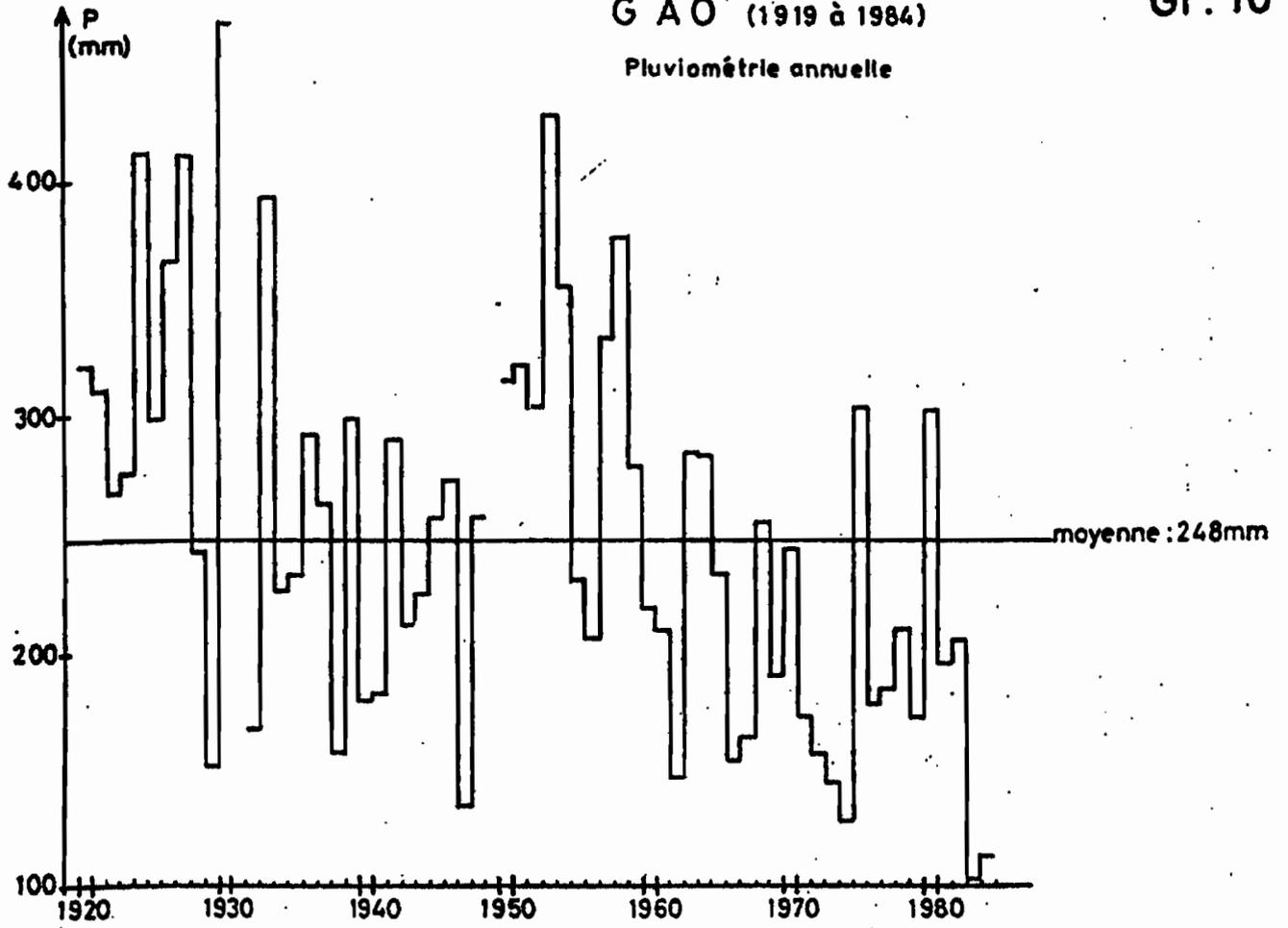
Gr: 9

Pluviométrie annuelle



G A O (1919 à 1984)

Pluviométrie annuelle



1.10. Tombouctou (tabl.XI, gr.11)

Les relevés débutent en 1897. Pour compléter les lacunes de Tombouctou, on a utilisé les données de la station voisine de Kabara. La corrélation Tombouctou-Kabara est très satisfaisante sauf pour les années 1957, 1958, 1959 et 1962. Ainsi 79 années sont disponibles. La moyenne est de 197 mm. L'année la plus faible est 1983 avec 74 mm. En 1982, 112 mm. ont été enregistrés. On note par contre une pluviosité en 1984 supérieure à la moyenne : 232 mm., 56^e rang. Ce phénomène est tout à fait exceptionnel comme souligné plus haut. Cela est à mettre en relation avec l'irrégularité interannuelle, caractéristique des zones désertiques ou sub-désertiques. A l'exception de cette dernière année, la décennie précédente apparaît comme très déficitaire. L'ajustement de la loi de Pearson III est satisfaisant.

1.11 Kidal (tabl.XII, gr.12)

La station a été créée en 1923 et, à part deux lacunes, les relevés sont complets. La moyenne est de 133 mm. sur 60 ans. La plus forte valeur observée est celle de 1930 (334 mm.). Cette année très forte est bien individualisée sur le graphique 12 mais est confirmée par les originaux de l'époque et par les auteurs (J. DUBIEF). On retrouve cette année exceptionnellement forte, à Gao. L'année la plus faible est celle de 1949 avec 59 mm. Aux 2^e et 3^e rangs, nous trouvons les années 1940 et 1983 avec la même valeur de 64 mm. L'année 1982 est au 7^e rang (78 mm.) alors que les années 1972 et 1973 sont aux 14^e et 15^e rangs (même valeur de 92 mm.) En 1984, il est tombé 84,1 mm. dont 40,5 le 1 juillet. Cette averse exceptionnelle a provoqué une crue violente de l'oued, la perte de vies humaines et de nombreux dégâts matériels lui sont imputables.

L'irrégularité interannuelle apparaît bien sur le graphique 12 où l'on note cependant que depuis 1968, seules trois années ont nettement dépassé la moyenne. Les autres étant très inférieures ou à peine supérieures

à la moyenne. L'ajustement de la loi de Pearson III est satisfaisant.

1.12. Tessalit (tabl.XIII, gr.13)

La station a été ouverte en 1948. Les relevés sont continus depuis cette date. Sur 37 années, la moyenne est de 75 mm. La plus faible valeur a été enregistrée en 1972 avec 19 mm. Ensuite viennent les années 1978 et 1982 avec la même valeur de 20 mm. 1984 est au 13^e rang avec 55 mm. La plus forte hauteur est tombée en 1956 avec 186 mm. Depuis 1970, la moyenne n'a été dépassée que deux fois (1976 : 83 mm. et 1980 : 93 mm.). L'ajustement de la loi de Pearson III est satisfaisant.

1.13. Conclusion : résumé de l'analyse statistique.

Données climatologiques complémentaires

Les paramètres de la distribution sont présentés dans le tableau XIV où l'on trouvera également les valeurs moyennes et extrêmes observées ou calculées aux stations retenues. L'irrégularité interannuelle (tabl.XV), rapport entre la valeur, décennale humide et la valeur décennale sèche (coef. K), croît avec la diminution de la pluviosité.

Nous avons vu que l'année 1984 représentait une exception à Tombouctou (hauteur nettement supérieure à la moyenne). Aux stations de Kidal et Tessalit, la valeur de l'année 1984, bien qu'inférieure à la moyenne, n'est pas la plus faible observée (10^e rang à Kidal sur 60 ans d'observations). L'année 1984 n'en demeure pas moins une année très déficitaire ainsi que celles de la dernière période depuis 1968, date communément admise comme début de la sécheresse au Sahel.

Une étude particulière a été entreprise à partir des données de la station synoptique de Kidal ouverte en 1925. Nous résumerons ici les principales observations effectuées et on se reportera à la publication [3] des références en annexe.

Pluviométrie annuelle (mm.) à TOMBOUCTOU

Valeurs classées

Rang	P (mm.)	Année	Fréquence	Rang	P (mm.)	Année	Fréquence
1	74	1983	0.006	41	202	1922	0.512
2	100	1966	0.018	42	204	1955	0.525
3	103	1929	0.031	43	206	1975	0.537
4	105	1973	0.044	44	208	1929	0.550
5	108	1930	0.056	45	208	1961	0.563
6	112	1982	0.069	46	209	1917	0.575
7	120	1910	0.082	47	210	1925	0.598
8	120	1978	0.094	48	213	1937	0.601
9	122	1976	0.107	49	214	1980	0.613
10	128	1912	0.120	50	217	1964	0.626
11	130	1977	0.132	51	219	1948	0.639
12	134	1974	0.145	52	222	1918	0.651
13	142	1913	0.158	53	225	1915	0.664
14	142	1967	0.170	54	229	1898	0.677
15	143	1923	0.183	55	231	1905	0.689
16	144	1941	0.196	56	232	1934	0.702
17	144	1965	0.208	57	233	1928	0.715
18	144	1970	0.221	58	233	1968	0.727
19	147	1969	0.234	59	235	1954	0.740
20	150	1907	0.246	60	239	1952	0.753
21	150	1972	0.259	61	240	1909	0.765
22	152	1922	0.272	62	243	1935	0.778
23	153	1938	0.284	63	243	1960	0.791
24	153	1942	0.297	64	246	1950	0.803
25	154	1956	0.310	65	247	1957	0.816
26	161	1916	0.322	66	257	1931	0.829
27	162	1981	0.335	67	257	1946	0.841
28	168	1926	0.348	68	257	1951	0.854
29	169	1902	0.360	69	260	1906	0.867
30	170	1940	0.373	70	263	1953	0.879
31	171	1971	0.386	71	271	1944	0.892
32	171	1911	0.398	72	274	1908	0.905
33	175	1958	0.411	73	284	1924	0.917
34	176	1962	0.424	74	284	1943	0.930
35	181	1979	0.436	75	289	1933	0.943
36	186	1897	0.449	76	306	1945	0.955
37	187	1934	0.462	77	313	1936	0.968
38	190	1949	0.474	78	339	1927	0.981
39	192	1904	0.487	79	380	1954	0.993
40	200	1963	0.500				

Moyenne : 197 mm.

Ecart-type : 60,4 mm.

TOMBOUCTOU (1897 à 1984)
Pluviométrie annuelle

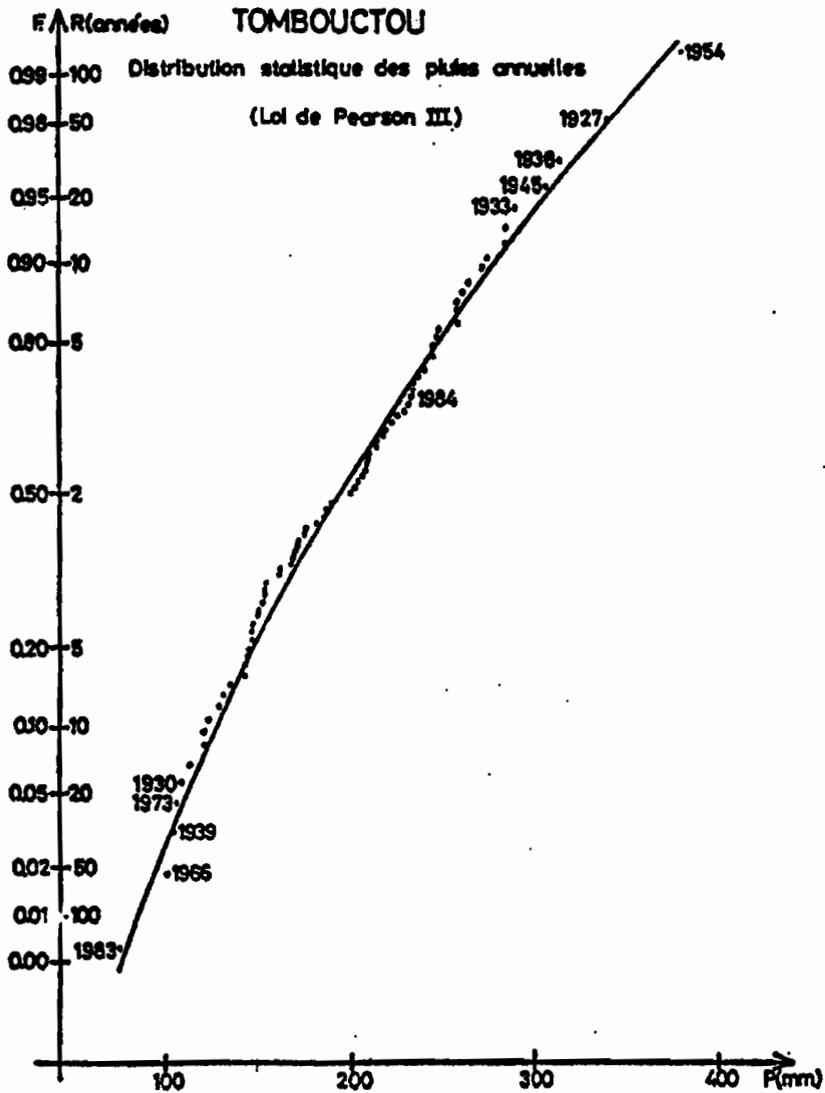
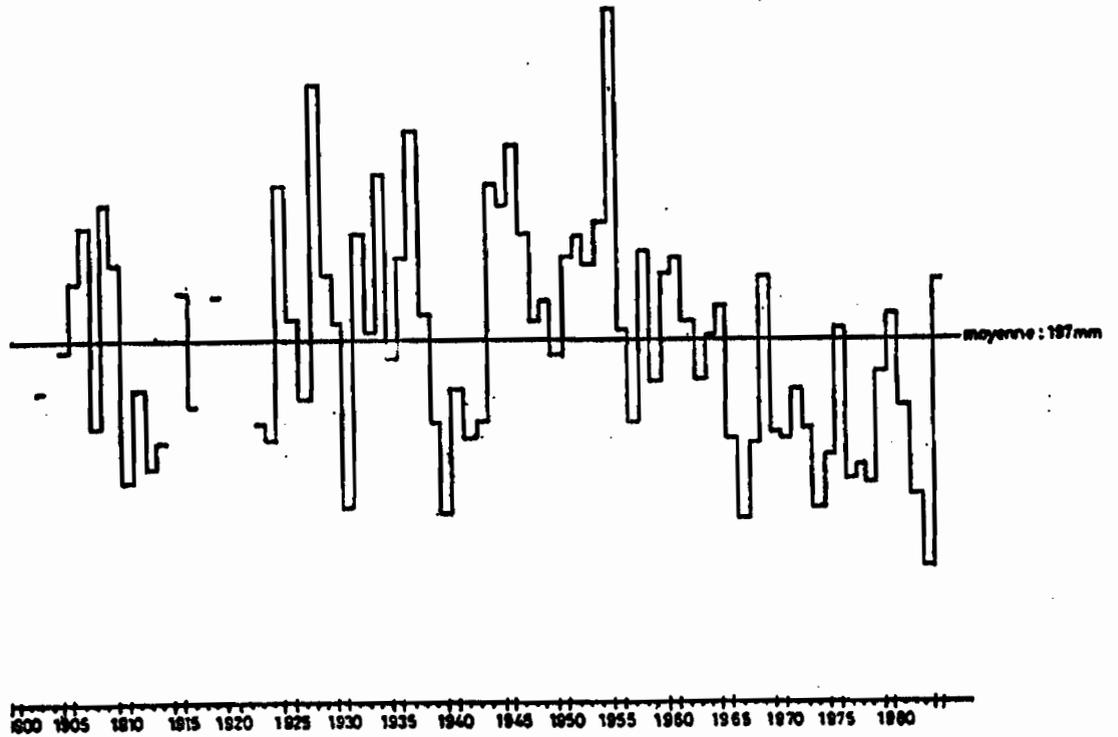


Tableau n° XII

Pluviométrie annuelle (mm.) à KIDAL

Valeurs classées

Rang	P (mm.)	Année	Fréquence	Rang	P (mm.)	Année	Fréquence
1	59	1949	0.008	31	125	1946	0.508
2	64	1940	0.025	32	126	1963	0.525
3	64	1983	0.041	33	126	1942	0.541
4	66	1951	0.058	34	127	1937	0.558
5	69	1925	0.075	35	128	1979	0.575
6	75	1938	0.091	36	134	1954	0.591
7	75	1982	0.108	37	135	1956	0.608
8	79	1945	0.125	38	137	1976	0.625
9	83	1969	0.141	39	138	1978	0.641
10	84	1984	0.158	40	146	1939	0.658
11	87	1948	0.175	41	153	1929	0.675
12	89	1965	0.191	42	157	1981	0.691
13	90	1971	0.208	43	159	1928	0.708
14	92	1972	0.225	44	161	1965	0.725
15	92	1973	0.241	45	161	1967	0.741
16	93	1923	0.258	46	166	1957	0.758
17	93	1924	0.275	47	169	1943	0.775
18	96	1975	0.291	48	174	1958	0.791
19	96	1960	0.308	49	175	1953	0.808
20	102	1933	0.325	50	183	1952	0.825
21	107	1931	0.341	51	185	1936	0.841
22	107	1944	0.358	52	188	1934	0.858
23	110	1926	0.375	53	189	1935	0.875
24	121	1941	0.391	54	193	1974	0.891
25	121	1962	0.408	55	197	1980	0.908
26	122	1944	0.425	56	197	1966	0.925
27	123	1970	0.441	57	203	1959	0.941
28	124	1961	0.458	58	227	1950	0.958
29	124	1977	0.475	59	228	1927	0.975
30	125	1968	0.491	60	334	1930	0.991

Moyenné : 133mm.

Ecart-type : 50,8mm.

KIDAL (1923 à 1984)

Pluviométrie annuelle

Gr : 12

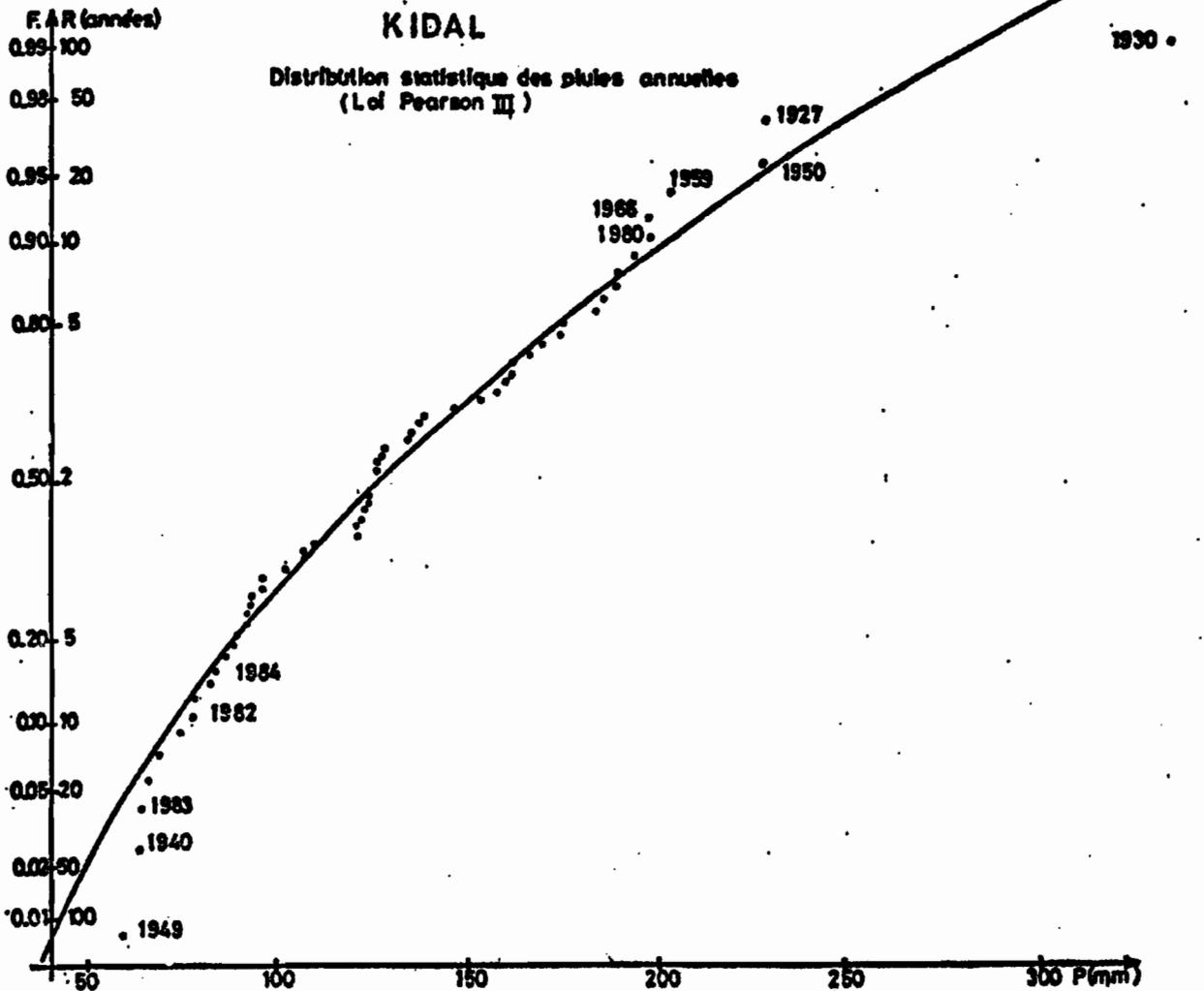
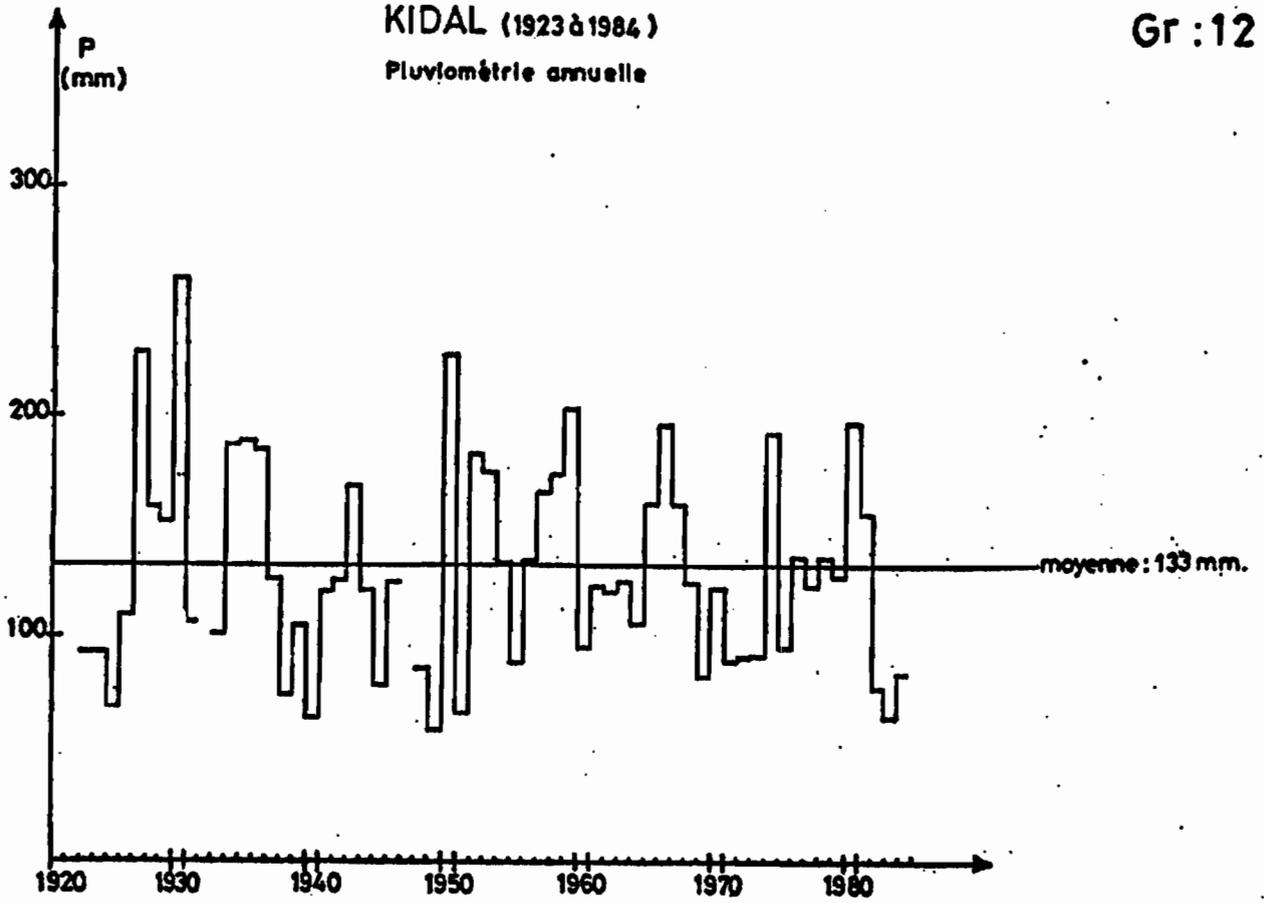


Tableau n° XIII

Pluviométrie annuelle (mm.) à TESSALIT

Valeurs classées

Rang	P (mm.)	Année	Fréquence
1	19	1972	0.013
2	20	1978	0.040
3	20	1982	0.067
4	30	1975	0.094
5	40	1948	0.121
6	41	1973	0.148
7	42	1968	0.175
8	42	1963	0.202
9	44	1981	0.229
10	46	1977	0.256
11	50	1969	0.283
12	55	1979	0.310
13	55	1984	0.337
14	56	1971	0.364
15	58	1959	0.391
16	60	1949	0.418
17	65	1962	0.445
18	66	1965	0.472
19	68	1974	0.500
20	72	1954	0.527
21	72	1983	0.554
22	73	1967	0.581
23	74	1952	0.608
24	81	1951	0.635
25	83	1976	0.662
26	88	1950	0.689
27	92	1961	0.716
28	93	1980	0.743
29	107	1966	0.770
30	116	1955	0.797
31	119	1970	0.824
32	121	1960	0.851
33	121	1953	0.878
34	123	1964	0.905
35	129	1958	0.932
36	166	1957	0.959
37	186	1956	0.986

Moyenne : 75,0 mm.

Ecart-type : 39,3 mm.

TESSALIT (1948 à 1984)

Gr: 13

Ptyviométrie annuelle

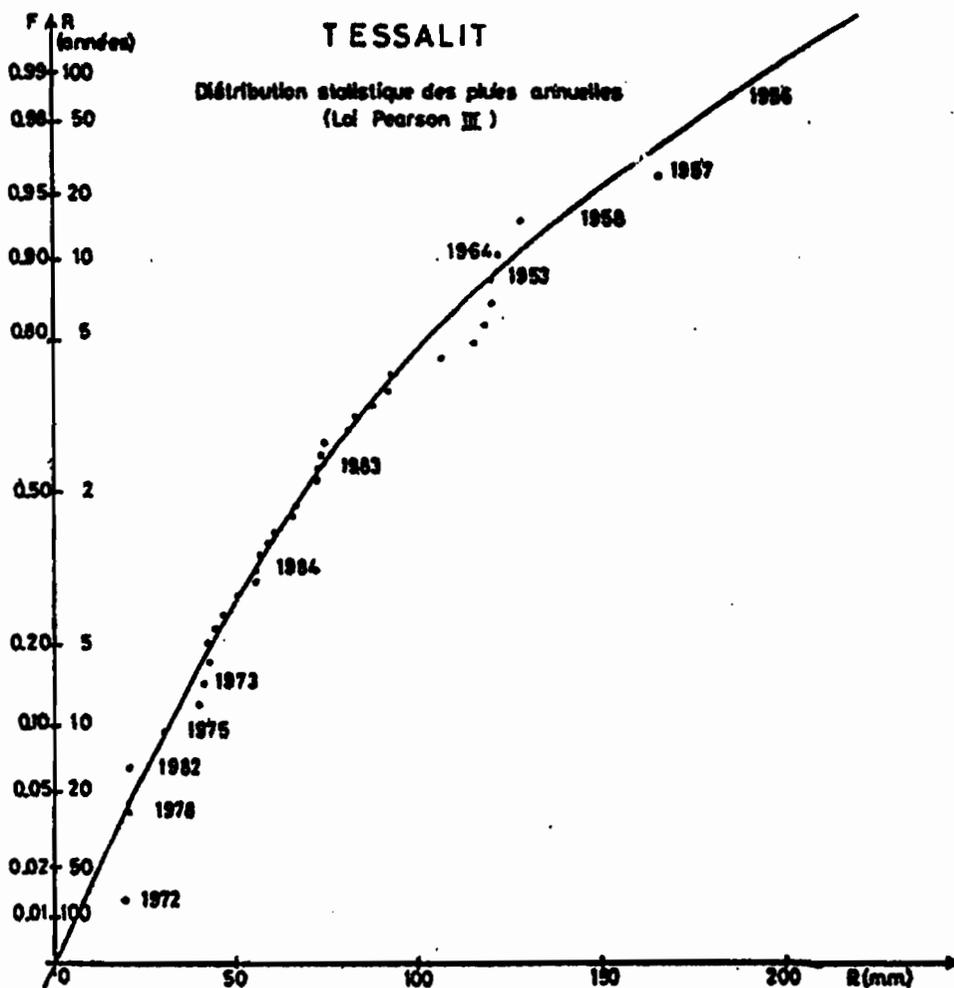
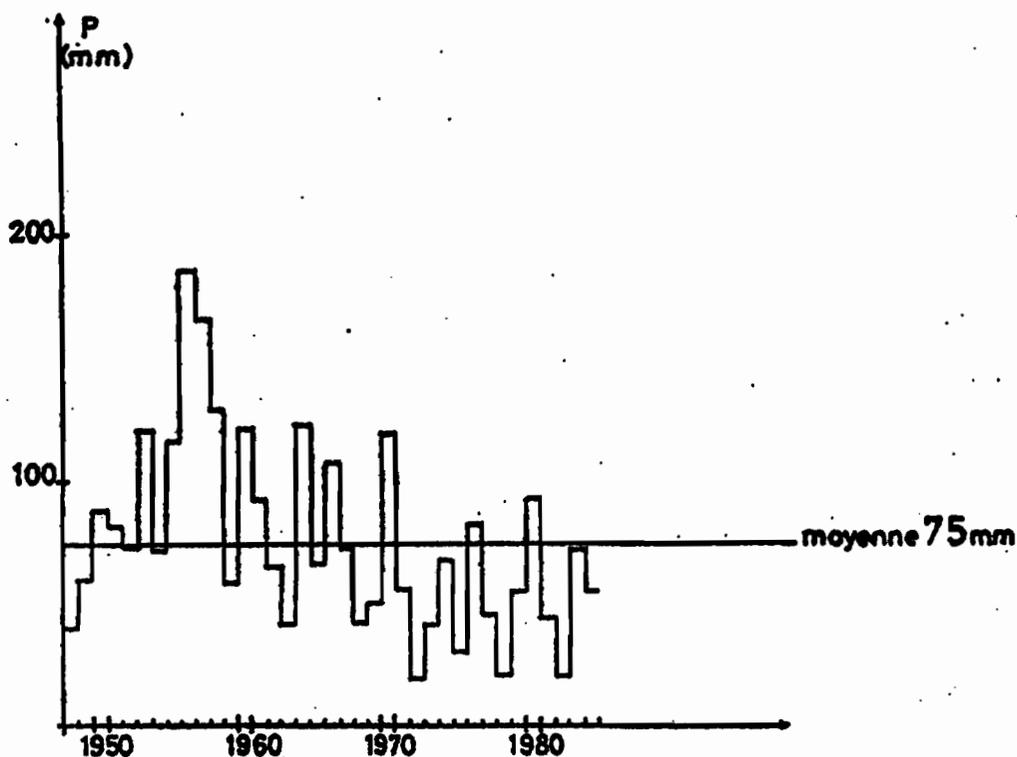


Tableau n° XIV

Distribution de la pluviométrie annuelle

Station	Nombre d'années	Pluviométrie annuelle (mm)			Loi de Pearson III paramètres		Valeurs pour un temps de récurrence				
		Moy.	Max.	Min.	γ	$\frac{1}{\beta}$	Années pluvieuses		Médiane	Années sèches	
							100 ans	10 ans		2 ans	10 ans
SIKASSO	66	1 257	1 871	756	31, 64	39, 83	1 845	1 525	1 216	980	816
BARAKO	33	1 037	1 626	722	27, 7	37, 42	1 555	1 280	1 010	790	646
BAPOULABE	47	886	1 504	569	12, 5	71, 35	1 580	1 225	867	587	418
KAYES	79	700	1 136	361	18, 3	38, 46	1 140	913	668	500	416
SEGOU	66	687	962	391	28, 9	23, 75	1 024	843	666	526	434
NIOBO DU SAHEL	59	554	965	248	12, 4	44, 72	984	763	539	365	254
NOPTI	57	519	964	324	16, 6	31, 29	863	685	507	364	269
GAO	63	258	469	103	8, 8	28, 11	482	359	239	149	94, 8
NERAKA	56	253	424	95	10, 0	25, 36	475	359	245	157	104
TOMBOUCTOU	79	197	380	74	10, 7	18, 48	364	277	191	125	83, 9
KIDAL	60	133	334	59	6, 9	19, 40	279	201	126	73, 3	43, 5
TESSALIT	37	78	186	19	3, 6	20, 60	195	127	68, 4	30, 8	6, 3

Tableau n° XV

Irregularité interannuelle

Station	K	Pluie annuelle médiane (mm.)	Station	K	Pluie annuelle médiane (mm.)
SIKASSO	1,55	1216	NOPTI	1,88	507
BARAKO	1,62	1010	NERAKA	2,29	245
BAPOULABE	2,09	867	GAO	2,41	239
KAYES	1,83	668	TOMBOUCTOU	2,22	191
SEGOU	1,60	666	KIDAL	2,74	126
NIOBO du SAHEL	2,09	539	TESSALIT	4,12	68,4

Pour la température, les données disponibles retenues concernent la période 1926 à 1984. Afin de comparaison, trois séries de moyennes ont été calculées : une de 1926 à 1984, une de 1926 à 1967 et enfin de 1968 à 1984. Ces différentes valeurs montrent, pour la saison des pluies, une nette augmentation des températures moyennes et extrêmes depuis 1968, en particulier pour les minimums. Pour les autres facteurs de climat, nous n'avons de données qu'à partir de 1953 à 1956. En ce qui concerne la température, les résultats sur la période 1953 à 1984 mettent en évidence le même phénomène que celui précédemment observé sur 1926 à 1984.

Pour l'hygrométrie, nous n'observons pas un phénomène comparable à celui noté pour la température dans les périodes avant et après la sécheresse. On remarque cependant de 1968 à 1984, pour les mois d'août et septembre, une diminution de l'hygrométrie de l'ordre de 3 à 6%.

Pour l'évaporation mesurée sur Piche, les données concernent la période 1955 à 1984 et sont comparées à celles de 1984. L'année 1984 se distingue par une très forte évaporation au mois de mai et, contrairement aux observations moyennes et minimales, une remontée de l'évaporation en août et septembre. L'évaporation est dans l'ensemble nettement supérieure à la moyenne. L'évaporation moyenne annuelle 1984 est de 4015 mm. alors que la valeur moyenne est de l'ordre de 3680 mm. Comme cité plus haut, des comparaisons ont été établies entre les trois périodes 1955 à 1984, 1955 à 1967 et 1968 à 1984. Il apparaît pour la période 1968 à 1984, une augmentation de l'évaporation pour les mois principaux de la saison des pluies (août et septembre). Par contre, pour la même période, toutes les valeurs sont inférieures à celles des deux autres séries de la comparaison.

On obtient pour la valeur annuelle 3680 mm. de 1955 à 1984

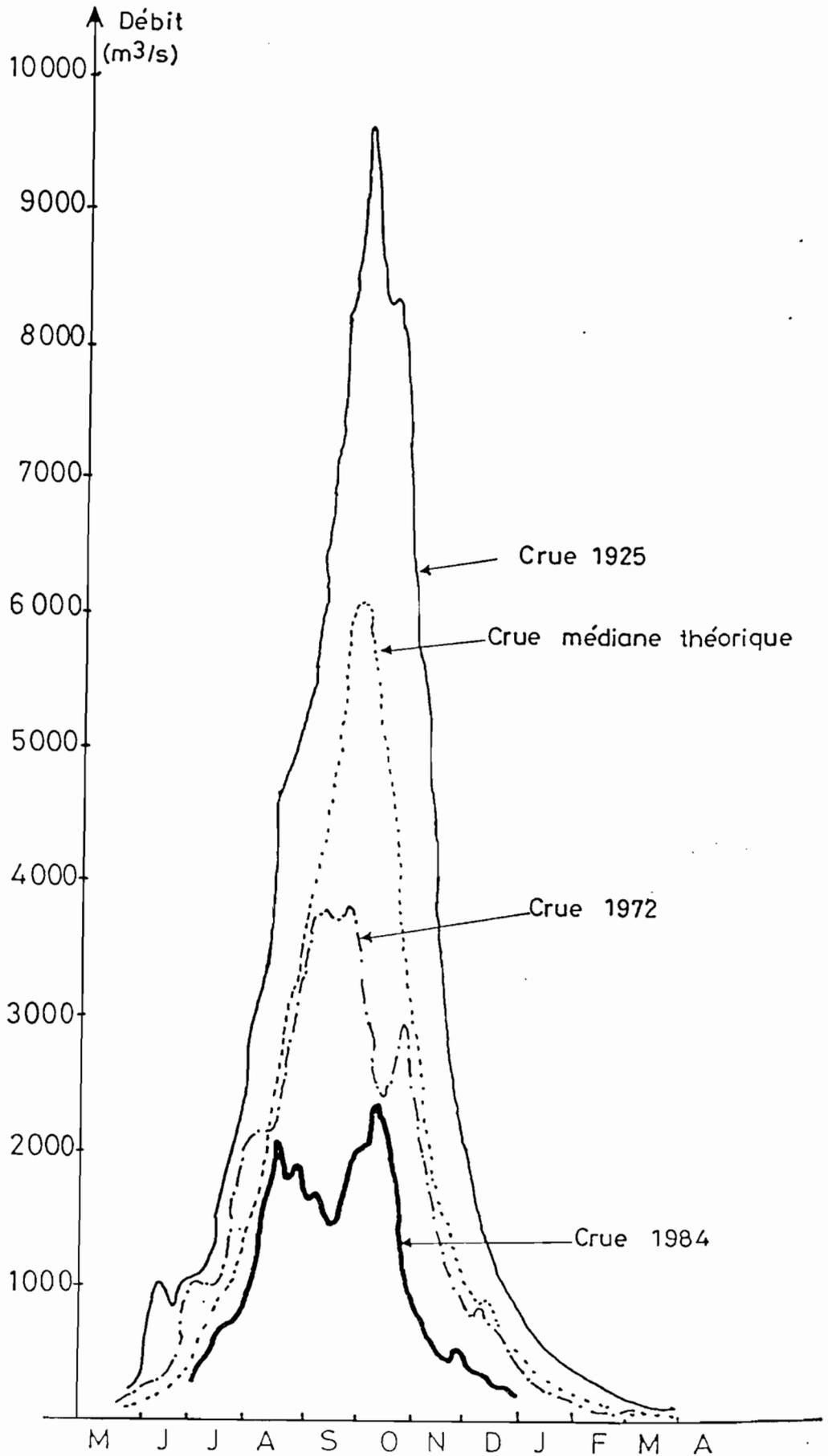
3700 mm. de 1955 à 1967

3650 mm. de 1968 à 1984

donc trois valeurs voisines de 3700 mm. alors que l'année 1984, comme nous l'avons vu, est de 4018 mm.

LE NIGER A KOULIKORO

Hydrogrammes de crue



DEBITS MAXIMUMS - Liste chronologique (Qm³/s.)

Année	KAYES	GALOUGO	KOULIKORO	DOGNA	NANTAKA	DIRE
1903	3415	---				
1904	3825	3740				
1905	3290	3000				
1906	4805		----			
1907	2530	2580	(4230)			
1908	4485	4180	(45000)			
1909	4790	4860	6870			
1910	3505	3410	4750			
1911	2625		6670			
1912	3135		5540			
1913	1005	913	3580			
1914	2085	2110	4400			
1915	3070	3000	5200			
1916	3605	3570	5980			
1917	4235	4430	6815			
1918	4610	4860	4900			
1919	2975	2910	5300			
1920	5475		4900			
1921	2660	2740	5300			
1922	5880	4470	6330		---	
1923	3855	4300	5430	---	3400	---
1924	4550	4430	9410	3270	4080	2390
1925	4360		9670	2700	3980	2420
1926	2215		6930	1450	3320	2400
1927	4425		6890	2920	3840	2350
1928	4425		8610	2990	3980	2480
1929	4295		7430	4050		2470
1930	3605		6760	2880		2440
1931	3785		6400	3340		2330
1932	4295		7610	3490		2320
1933	5380		7280	3500		2340
1934	4235		5880	2060	3310	2260
1935	5765		5740	2620	3530	2230
1936	5730		7360	2680	3790	2410
1937	2785		5060			2340
1938	4485		6350			2260
1939	3260		5610			2180
1940	1790		3940			2070
1941	2785		6150			1950
1942	3035		4840			1820
1943	3165		5140		3170	2040
1944	1620		4840		2850	1850
1945	4805		5150		3510	2120

DEBITS MAXIMUMS - Liste chronologique. (Qm³/s.) Suite.

Année	KAYES	GALOUGO	KOULIKRO	DOUNA	NANTAKA	DIRE
1946	3730		5510		3590	2240
1947	3035		6210		3070	2180
1948	4080		6490		3080	2120
1949	4170		6850		3270	2040
1950	5945		6400	2610	3580	2370
1951	4675	5070	6380	3010	3730	2540
1952	4015	4730	6260	3450	3830	2530
1953	3710	3615	6870	3300	3970	2580
1954	5290	5350	6440	3460	3970	2680
1955	4500	4470	7240	2930	3970	2670
1956	4890	4410	6190	2490	3420	2640
1957	4185	4060	7380	3090	3960	2610
1958	6840	(6880)	5560	2840	3670	2660
1959	4425	4560	7070	2970	3470	2350
1960	3480	3690	6670	2640	3480	2370
1961	4740	4650	6290	3230	3510	2360
1962	3325	3280	7940	2580	3620	2520
1963	3260	2730	7360	2040	3410	2490
1964	5400	5380	6760	3550	3750	2550
1965	4560	4440	5880	2410	3400	2490
1966	3860	4150	5740	2780	3420	2320
1967	4240	4500	9340	3250	3840	2710
1968	2720	3060	5310	1850	3050	2580
1969	3450	3650	7860	2340	3400	2610
1970	3180	3470	5340	2810	3200	2500
1971	3820	4070	5710	1940	3050	2220
1972	1530	1710	3830	840	2370	1890
1973	2650	2800	4300	970	2390	1700
1974	4850	5440	6260	1560	3040	2340
1975	3360	3820	6830	1770	3170	2390
1976	1840	1990	5060	965	2810	2260
1977	1490	1530	4130	1030	2380	2130
1978	2110	2310	5490	1040	2780	2180
1979	2520	1260	5910	1470	2930	2300
1980	1220	2700	4470	1260	2570	1750
1981	1860	2080	4640	1520	2850	2050
1982	1800	1780	3720	860	2270	1630
1983	1005	1090	3600	370	1940	1480
1984	700	670	2400	400	1500	1350
1985	1630	1940	4460	770	2200	1840

Tableau n° XVII

Le Niger à Koulikoro
Débits maximums annuels. Valeurs classées

Rang	Qm³/a.	Année	Fréquence	Rang	Qm³/a.	Année	Fréquence
1	2400	1984	0.009	40	5980	1916	0.506
2	3580	1913	0.022	41	6150	1941	0.519
3	3600	1983	0.034	42	6190	1950	0.532
4	3720	1982	0.047	43	6210	1947	0.545
5	3830	1972	0.060	44	6260	1974	0.557
6	3940	1940	0.073	45	6260	1952	0.570
7	4130	1977	0.085	46	6290	1961	0.583
8	4230	1907	0.098	47	6330	1922	0.596
9	4300	1973	0.111	48	6350	1938	0.608
10	4400	1914	0.124	49	6380	1951	0.621
11	4470	1980	0.136	50	6400	1931	0.634
12	4640	1981	0.149	51	6400	1950	0.647
13	4750	1910	0.162	52	6440	1954	0.659
14	4840	1942	0.175	53	6490	1948	0.672
15	4840	1944	0.186	54	6670	1911	0.685
16	4900	1920	0.200	55	6670	1960	0.698
17	4900	1918	0.213	56	6760	1964	0.710
18	(5000)	1908	0.226	57	6760	1930	0.723
19	5060	1937	0.239	58	6815	1917	0.736
20	5060	1976	0.239	59	6830	1975	0.749
21	5140	1943	0.264	60	6850	1949	0.761
22	5150	1945	0.277	61	6870	1909	0.774
23	5200	1915	0.290	62	6870	1953	0.787
24	5300	1921	0.302	63	6890	1927	0.800
25	5300	1919	0.315	64	6930	1926	0.813
26	5310	1968	0.328	65	7070	1959	0.825
27	5430	1923	0.341	66	7240	1955	0.838
28	5490	1978	0.353	67	7280	1933	0.851
29	5510	1946	0.366	68	7360	1963	0.864
30	5540	1912	0.379	69	7360	1936	0.876
31	5560	1958	0.392	70	7380	1957	0.889
32	5610	1939	0.404	71	7430	1929	0.902
33	5710	1971	0.417	72	7610	1932	0.915
34	5740	1935	0.430	73	7860	1969	0.927
35	5740	1966	0.443	74	7940	1962	0.940
36	5840	1970	0.455	75	8610	1928	0.953
37	5880	1934	0.468	76	9340	1967	0.966
38	5880	1965	0.481	77	9410	1924	0.978
39	5910	1979	0.494	78	9670	1925	0.991

Moyenne : 5986 m³/a.

Ecart-type : 1360 m³/a.

Pour l'insolation, nous avons considéré les données de 1956 à 1984. On note une insolation de 14% inférieure à la moyenne calculée sur 1956 à 1967 pour l'année 1984. Sur la période 1968-1984, la durée de l'insolation diminue également par rapport à la moyenne 1956-1984. Une explication peut être recherchée dans l'augmentation de l'apparition de vents de sable depuis la période de sécheresse.

Des études similaires portant sur d'autres stations ou d'autres pays du Sahel (Tchad, par exemple) ont mis en évidence le même phénomène.

2 - Hydrologie

La liste chronologique des débits maximums annuels aux stations retenues est donnée dans le tableau XVI.

2.1. Bassin du Niger

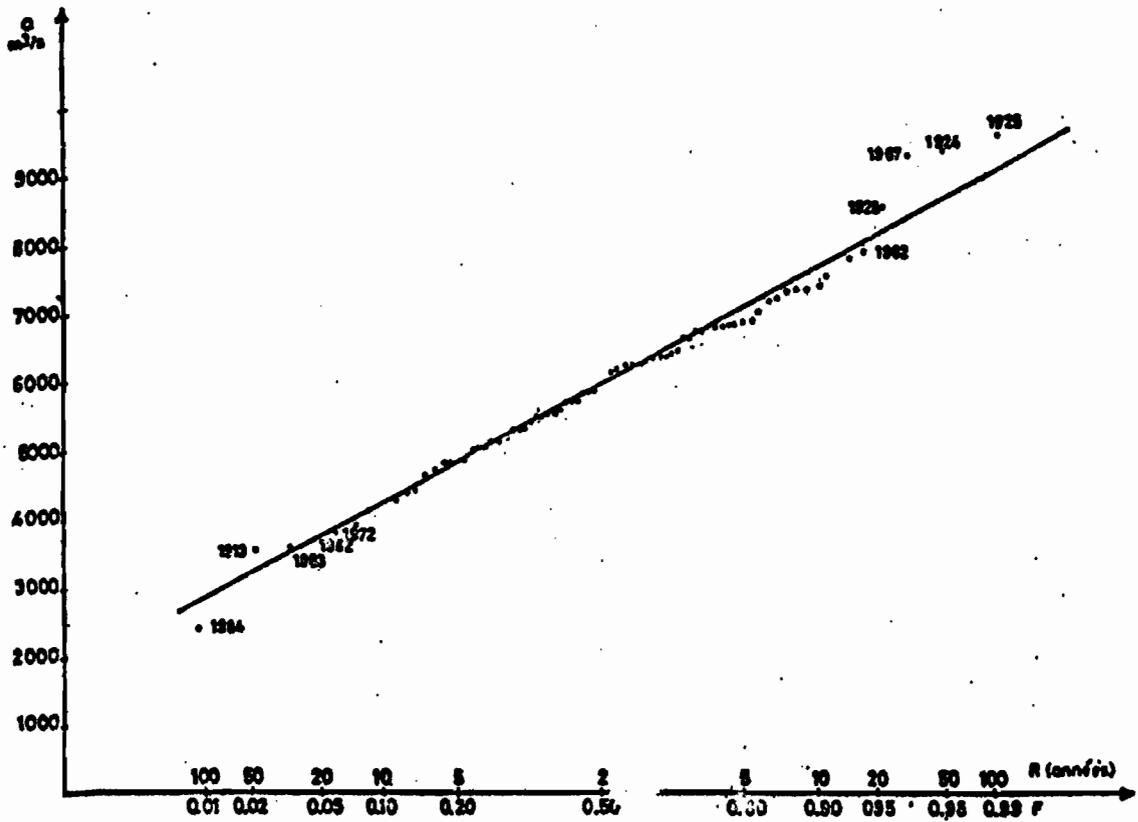
2.1.1. Le Niger à Koulikoro (tabl.XVII, gr.14 et 15)

La station de Koulikoro est la plus ancienne des stations du fleuve Niger au Mali. On y dispose de relevés continus sans lacunes depuis 1907. Nous avons considéré pour l'analyse statistique les données de 1907 à 1984, soit 78 années. Cette station est précieuse pour l'étude car c'est la seule pour laquelle on possède des observations à la fois sur les sécheresses "1913" et "1940" qui avaient fortement marqué les populations du bassin moyen du Niger et celles récentes de "1970" et "1980".

La moyenne sur ces 78 années est de 5986 m³/s. L'année la plus forte a été observée en 1925 avec 9670 m³/s. L'année 1984 vient au 1^e rang en termes de sévérité avec 2400 m³/s. Sa position dans la série apparaît clairement sur le graphique 14 où l'on a reporté les différents hydrogrammes caractéristiques observés et comparés à la crue médiane théorique. Les crues 1913, 1982 et 1983 sont voisines et du même ordre de grandeur que celle de 1972.

LE NIGER A KOULIKORO

Distribution statistique des débits maximums annuels
Ajustement loi de GAUSS



LE BANI A DOLNA

Distribution statistique des débits maximums annuels
Ajustement loi de GAUSS

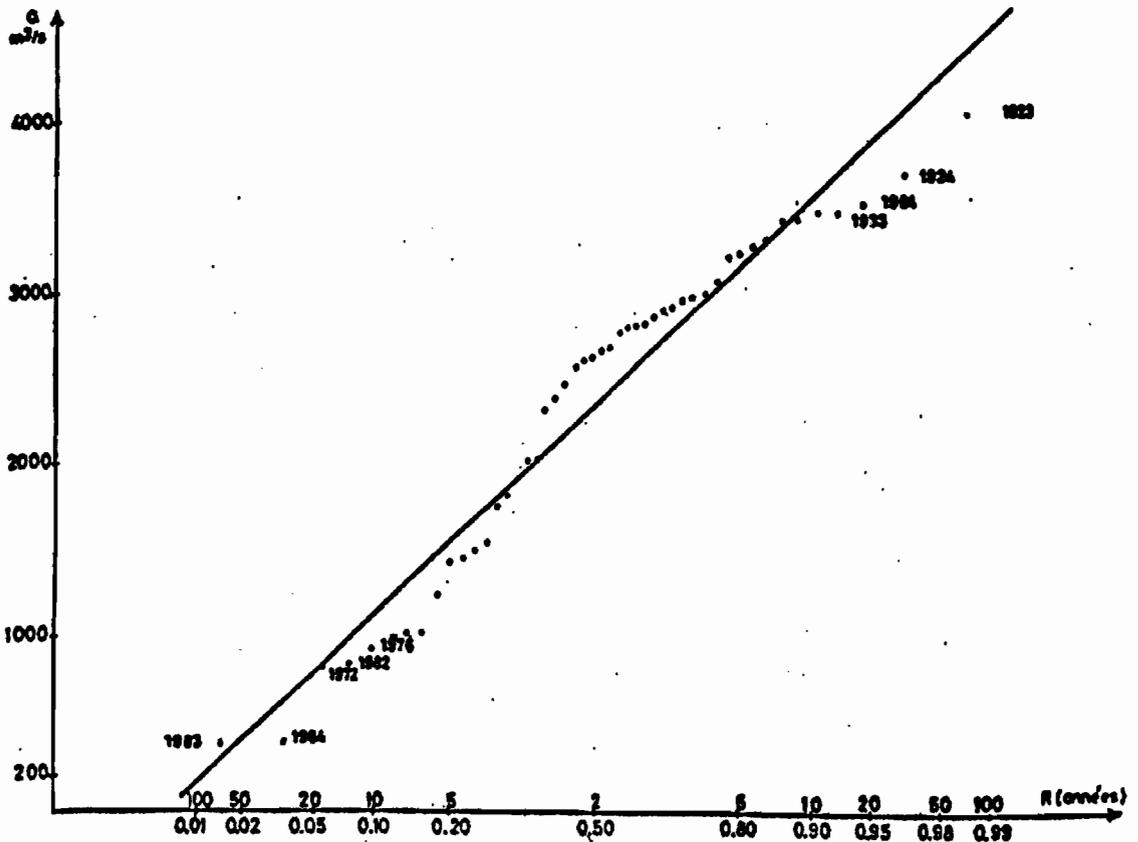


Tableau n° XVIII

Le Bani à Douna
Débits maximums annuels. Valeurs classées

Rang	Qm ³ /s.	Année	Fréquence	Rang	Qm ³ /s.	Année	Fréquence
1	370	1983	0.014	25	2680	1936	0.510
2	400	1984	0.035	26	2700	1925	0.531
3	840	1972	0.056	27	2780	1966	0.552
4	860	1982	0.076	28	2810	1950	0.572
5	965	1976	0.097	29	2810	1970	0.593
6	970	1973	0.118	30	2840	1958	0.614
7	1030	1977	0.138	31	2880	1930	0.634
8	1040	1978	0.159	32	2920	1927	0.655
9	1260	1980	0.180	33	2930	1955	0.676
10	1450	1926	0.200	34	2970	1959	0.696
11	1470	1979	0.221	35	2990	1928	0.717
12	1520	1981	0.242	36	3010	1951	0.738
13	1560	1974	0.262	37	3090	1957	0.758
14	1770	1975	0.283	38	3230	1961	0.779
15	1850	1968	0.304	39	3250	1967	0.800
16	1940	1971	0.324	40	3300	1953	0.820
17	2040	1963	0.345	41	3340	1931	0.841
18	2060	1934	0.366	42	3450	1952	0.862
19	2340	1969	0.386	43	3460	1954	0.882
20	2410	1965	0.407	44	3490	1932	0.903
21	2490	1956	0.428	45	3500	1933	0.924
22	2580	1962	0.448	46	3550	1964	0.944
23	2620	1935	0.469	47	3720	1924	0.965
24	2640	1960	0.490	48	4050	1929	0.986

Moyenne : 2380 m³/s.

Ecart-type : 959 m³/s.

La crue 1984 a été assez tardive. On note deux maximums, l'un à la mi-août, l'autre en octobre. A l'aval, suite à l'effet d'amortissement du delta central, on retrouve une seule pointe de crue plus ou moins étalée. La retenue du lac de Sélingué a été remplie en début de crue et la cote maximale atteinte à la mi-septembre. Le remplissage a donc écarté la première pointe d'août mais pas celle d'octobre. Par contre, le barrage a un effet indéniable de soutien à l'étiage. Fin avril, le débit naturel du Niger à Koulikoro aurait été inférieur à 20 m³/s. alors que le débit observé était supérieur à 100 m³/s. L'ajustement d'une loi de Gauss est très satisfaisant. L'année 1984 approcherait la valeur centennale sèche. Bien qu'il y ait quelques légères différences entre les barèmes d'étalonnage de cette station entre ceux appliqués par la DNHE et l'ORSTOM, il est indéniable que la crue 1984 a été la plus faible jamais observée depuis 1907 et qu'elle est bien inférieure à celles de 1913, 1983, 1982, 1972 et 1940.

2.1.2. Le Bani à Douna (tabl. XVIII, gr.15)

La station de Douna est la plus ancienne des stations du Bani. Elle a été ouverte en 1923. Jusqu'en 1984, on y dispose de 40 années d'observations avec, malheureusement, une lacune de 1937 à 1949. La plus faible valeur est ici celle de 1983 avec 370 m³/s. L'année 1984 vient au 2^e rang avec 400 m³/s, nettement inférieure à la crue de 1972, 3^e rang, 840 m³/s, 1982, 4^e rang, 860 m³/s et 1973, 6^e rang, 970 m³/s. La moyenne sur la série retenue est de 2380 m³/s, on note la série déficitaire depuis 1968 et principalement 1972. Le Bani a cessé de couler au cours de l'étiage 1984. La plus forte crue a été enregistrée en 1929 avec 4050 m³/s. L'ajustement de la loi de Gauss est à peu près satisfaisant. La crue de 1984 serait de récurrence de 80 à 100 ans.

2.1.3. Le Niger à Nantaka (tabl. XIX, gr.16)

On dispose à cette station de 51 années d'observations

Le Niger à NANTAKA
Débits maximums annuels. Valeurs classées.

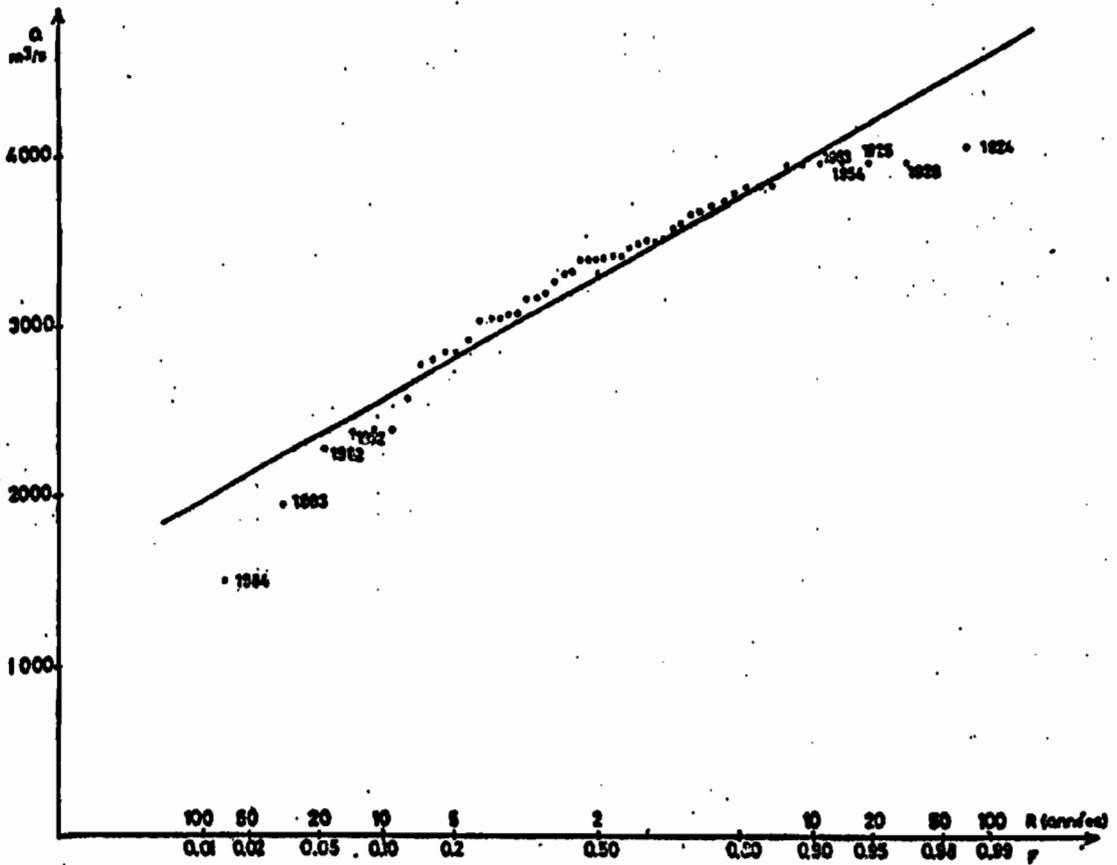
Rang	Qm ³ /s.	Année	Fréquence	Rang	Qm ³ /s.	Année	Fréquence
1	1500	1984	0.014	27	3410	1963	0.519
2	1940	1983	0.033	28	3420	1966	0.539
3	2270	1982	0.052	29	3420	1956	0.558
4	2370	1972	0.072	30	3470	1959	0.578
5	2380	1977	0.091	31	3480	1960	0.597
6	2390	1973	0.111	32	3510	1945	0.617
7	2570	1980	0.131	33	3510	1961	0.636
8	2780	1978	0.150	34	3530	1935	0.655
9	2810	1976	0.169	35	3590	1946	0.675
10	2850	1981	0.189	36	3620	1962	0.695
11	2850	1944	0.208	37	3670	1958	0.714
12	2930	1979	0.228	38	3680	1950	0.733
13	3040	1974	0.247	39	3730	1951	0.753
14	3050	1968	0.267	40	3750	1964	0.772
15	3050	1971	0.286	41	3790	1936	0.792
16	3070	1947	0.305	42	3830	1952	0.811
17	3080	1948	0.325	43	3840	1967	0.831
18	3170	1975	0.344	44	3840	1927	0.850
19	3170	1943	0.364	45	3960	1957	0.870
20	3200	1970	0.383	46	3970	1955	0.889
21	3270	1949	0.403	47	3970	1953	0.909
22	3310	1934	0.422	48	3970	1954	0.928
23	3320	1926	0.442	49	3980	1925	0.947
24	3400	1965	0.461	50	3980	1928	0.967
25	3400	1923	0.481	51	4080	1924	0.986
26	3400	1969	0.500				

Moyenne : 3290 m³/s.

Ecart-type : 573 m³/s.

LE NIGER A MANTAKA

Distribution statistique des débits maximums annuels
Ajustement tel de GAUSS



LE NIGER A DIRÉ

Distribution statistique des débits maximums annuels
Ajustement graphique

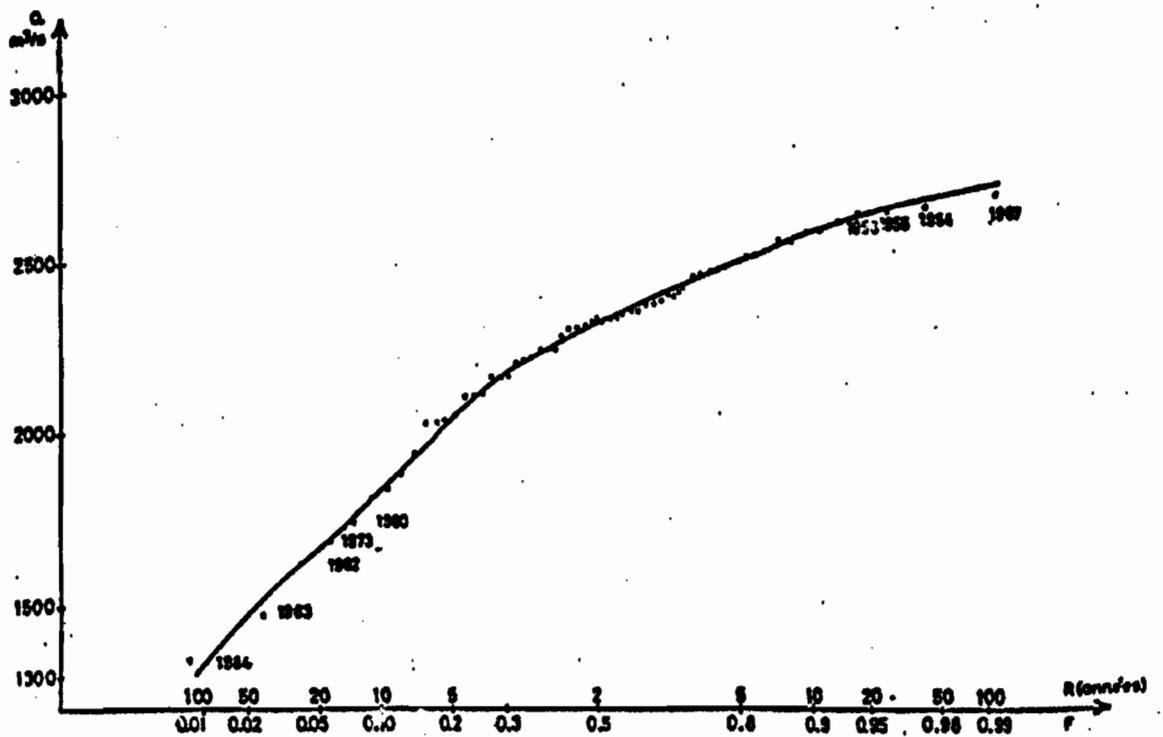


Tableau n° XX

Le Niger à DIRE
Débits maximums annuels. Valeurs classées

Rang	Qm ³ /s.	Année	Fréquence	Rang	Qm ³ /s.	Année	Fréquence
1	1350	1984	0.008	32	2340	1974	0.516
2	1480	1983	0.024	33	2350	1927	0.532
3	1630	1982	0.040	34	2350	1959	0.548
4	1700	1973	0.057	35	2380	1981	0.565
5	1750	1980	0.073	36	2370	1950	0.581
6	1820	1942	0.090	37	2370	1960	0.598
7	1850	1944	0.108	38	2380	1924	0.614
8	1890	1972	0.122	39	2380	1975	0.631
9	1950	1941	0.139	40	2400	1928	0.647
10	2040	1943	0.155	41	2420	1938	0.663
11	2040	1949	0.172	42	2420	1925	0.680
12	2050	1981	0.188	43	2440	1930	0.696
13	2070	1940	0.204	44	2470	1929	0.713
14	2120	1945	0.221	45	2480	1928	0.729
15	2120	1948	0.237	46	2490	1965	0.745
16	2130	1977	0.254	47	2490	1963	0.762
17	2180	1939	0.270	48	2500	1970	0.778
18	2180	1947	0.286	49	2520	1982	0.795
19	2180	1979	0.303	50	2530	1952	0.811
20	2220	1971	0.319	51	2540	1951	0.827
21	2230	1935	0.336	52	2550	1984	0.844
22	2240	1946	0.352	53	2580	1953	0.860
23	2260	1934	0.368	54	2580	1966	0.877
24	2280	1938	0.385	55	2610	1957	0.893
25	2280	1976	0.401	56	2610	1969	0.909
26	2300	1978	0.418	57	2640	1958	0.926
27	2320	1932	0.434	58	2660	1959	0.942
28	2320	1968	0.450	59	2670	1955	0.958
29	2330	1931	0.467	60	2680	1954	0.975
30	2340	1933	0.483	61	2710	1967	0.991
31	2340	1937	0.500				

Moyenne : 2278 m³/s.

Ecart-type : 298m³/s.

de 1923 à 1984. Il existe des lacunes de 1929 à 1933 et de 1937 à 1942. La moyenne sur la série disponible est de 3290 m³/s. La plus forte crue a été observée en 1924 avec 4080 m³/s. La plus faible est celle de 1984 avec 1500 m³/s avec une période de retour de l'ordre de 80 à 100 ans. Elle est nettement inférieure à celles de 1983, 1982 et 1972. L'année 1944 est au 11^è rang avec 2850 m³/s, valeur égale à celle de 1981.

L'ajustement de la loi de Gauss est peu satisfaisant principalement pour les valeurs extrêmes de la distribution.

2.1.4. Le Niger à Diré (tabl.XX, gr.16)

La station a été ouverte en 1923. On y dispose de relevés continus depuis 1924. La moyenne est de 2276 m³/s. La crue la plus faible observée est celle de 1984 avec 1350 m³/s. Les années 1983 et 1982 viennent respectivement aux 2^è et 3^è rangs devant 1973 (1700 m³/s) et les années 40. La crue la plus forte a été enregistrée en 1967 avec 2710 m³/s.

On observait autrefois, à cette station, une irrégularité interannuelle beaucoup moins prononcée qu'aux autres stations amont par suite du laminage de la crue par épandage dans les zones inondées et du stockage d'une année sur l'autre. La période déficitaire se prolongeant, les crues faibles ne bénéficient plus de ce stockage interannuel qui est devenu très faible ou inexistant ces dernières années.

L'ajustement de la loi de Gauss n'est pas satisfaisant. Sur la distribution statistique, on observe, à partir d'une certaine cote (H. environ = à 6,10 m.), un infléchissement, car la montée de l'eau a été fortement freinée par l'extension des zones inondées. Nous avons adopté un ajustement graphique et les valeurs obtenues sont comparées sur le tableau XXIII, à celles données par un ajustement de la loi de Gauss. L'ajustement des lois exponentielles tronquées conduit à des valeurs voisines de celles résultant de l'ajustement graphique. L'année 1984 serait de l'ordre de la fréquence centennale sèche.

Tableau n° XXI

Le Sénégal à GALOUGO
Débits maximums - Valeurs classées

Rang	Qm ³ /s.	Année	Fréquence	Rang	Qm ³ /s.	Année	Fréquence
1	670	1984	0.014	28	3740	1904	0.539
2	913	1913	0.033	29	3820	1975	0.558
3	1090	1983	0.053	30	4060	1957	0.577
4	1260	1979	0.072	31	4070	1971	0.597
5	1530	1977	0.091	32	4150	1966	0.617
6	1710	1972	0.111	33	4180	1908	0.636
7	1980	1982	0.130	34	4300	1923	0.656
8	1990	1976	0.150	35	4405	1956	0.675
9	2080	1981	0.169	36	4430	1917	0.695
10	2110	1914	0.189	37	4430	1924	0.714
11	2310	1978	0.208	38	4440	1965	0.733
12	2580	1907	0.228	39	4470	1922	0.753
13	2700	1980	0.247	40	4470	1955	0.772
14	2730	1963	0.267	41	4500	1967	0.792
15	2740	1921	0.286	42	4560	1958	0.811
16	2800	1973	0.305	43	4650	1961	0.831
17	2910	1919	0.325	44	4730	1952	0.850
18	3000	1905	0.344	45	4860	1909	0.869
19	3000	1915	0.364	46	4860	1918	0.889
20	3060	1968	0.383	47	5070	1951	0.909
21	3280	1962	0.403	48	5350	1954	0.928
22	3410	1910	0.422	49	5380	1964	0.947
23	3470	1970	0.442	50	5440	1974	0.967
24	3570	1917	0.461	51	6890	1958	0.986
25	3615	1953	0.481				
26	3650	1960	0.500				
27	3650	1969	0.519				

Moyenne : 3510 m³/s.

Ecart-type : 1325 m³/s.

Le Sénégal à KAYES
Débits maximums - Valeurs classées

Rang	Qm ³ /s.	Année	Fréquence	Rang	Qm ³ /s.	Année	Fréquence
1	700	1984	0.008	42	3730	1946	0.506
2	1005	1913	0.021	43	3785	1931	0.518
3	1005	1983	0.033	44	3820	1971	0.530
4	1220	1980	0.045	45	3825	1904	0.542
5	1480	1977	0.057	46	3825	1923	0.555
6	1530	1972	0.069	47	3860	1966	0.567
7	1620	1944	0.081	48	4015	1952	0.579
8	1790	1940	0.093	49	4080	1948	0.591
9	1800	1982	0.106	50	4170	1949	0.603
10	1840	1976	0.118	51	4185	1957	0.615
11	1860	1981	0.130	52	4235	1917	0.627
12	2085	1914	0.142	53	4235	1934	0.640
13	2110	1978	0.154	54	4240	1967	0.652
14	2215	1926	0.166	55	4295	1929	0.664
15	2520	1979	0.178	56	4295	1932	0.676
16	2530	1907	0.191	57	4360	1925	0.688
17	2625	1911	0.203	58	4425	1927	0.700
18	2650	1973	0.215	59	4425	1928	0.712
19	2660	1921	0.227	60	4425	1959	0.725
20	2720	1968	0.239	61	4485	1908	0.737
21	2785	1937	0.251	62	4485	1938	0.749
22	2785	1941	0.263	63	4500	1955	0.761
23	2975	1919	0.275	64	4550	1924	0.773
24	3035	1942	0.288	65	4580	1965	0.785
25	3035	1947	0.300	66	4610	1918	0.797
26	3070	1915	0.312	67	4675	1951	0.809
27	3135	1912	0.324	68	4740	1961	0.822
28	3165	1943	0.336	69	4790	1909	0.834
29	3180	1970	0.348	70	4805	1906	0.846
30	3260	1939	0.360	71	4805	1945	0.858
31	3260	1963	0.373	72	4850	1974	0.870
32	3290	1905	0.385	73	4890	1956	0.882
33	3325	1962	0.397	74	5290	1954	0.894
34	3360	1975	0.409	75	5380	1933	0.907
35	3415	1903	0.421	76	5400	1964	0.919
36	3450	1969	0.433	77	5475	1920	0.931
37	3480	1960	0.445	78	5730	1936	0.943
38	3505	1910	0.458	79	5765	1935	0.955
39	3605	1916	0.470	80	5880	1922	0.967
40	3605	1930	0.482	81	5945	1950	0.979
41	3710	1953	0.494	82	6840	1958	0.992

Moyenne : 3623 m³/s.

Ecart-type : 1284 m³/s.

2.2 Bassin du Haut Sénégal

2.2.1. Le Sénégal à Galougo (tabl. XXI, gr.17)

La station de Galougo est bien représentative du haut bassin du Sénégal. Elle a été ouverte en 1903, on y note cependant des lacunes au début du siècle et malheureusement une absence totale de relevés de 1925 à 1950. Les observations sont continues de 1951 à nos jours. La série retenue porte néanmoins sur 51 années. La moyenne est de 3510 m³/s. La crue la plus faible est celle de 1984 avec 670 m³/s devant 1913 avec 913 m³/s. Elle est nettement inférieure aux crues de la sécheresse "1970" et des dernières années 1980. La plus forte crue a été notée en 1958 avec 6890 m³/s.

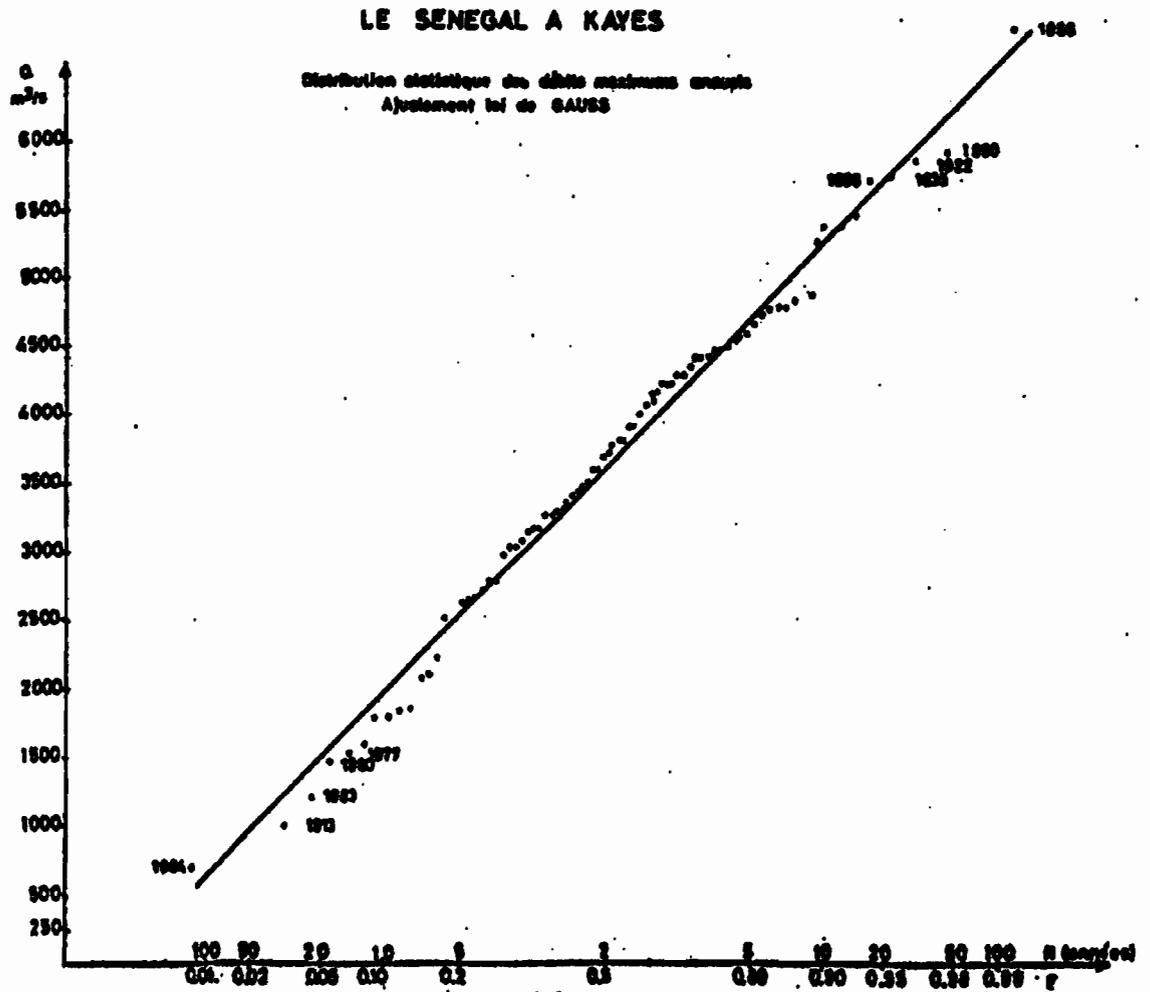
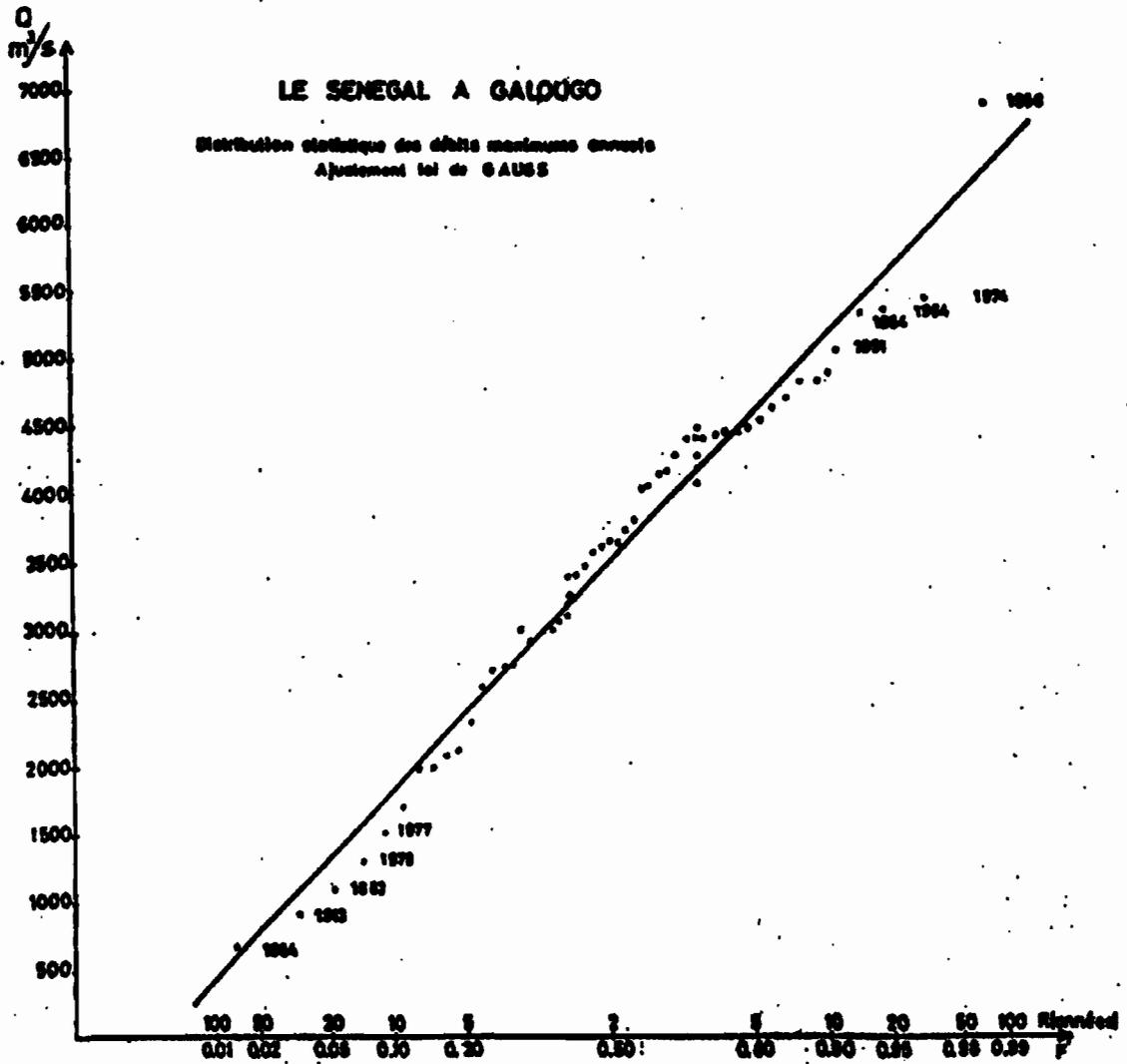
L'ajustement de la loi de Gauss est satisfaisant. La crue 1984 serait de récurrence 80 ans (fréquence sèche).

2.2.2 Le Sénégal à Kayes (tabl. XXII, gr.17)

La station de Kayes est encore plus intéressante car nous y disposons de données ininterrompues depuis 1903. Sur la série de 1903 à 1984, la moyenne est de 3623 m³/s. L'année la plus faible observée depuis le début du siècle est celle de 1984, dont le débit maximal a à peine atteint 700 m³/s. Cette valeur est nettement plus faible que celles des crues 1913, 1940 et des dernières années 1980. L'année la plus forte a été notée en 1958 avec 6840 m³/s. Malgré, ici aussi, quelques légères différences entre les barèmes d'étalonnage DNHE et ORSTOM, la crue 1984 est de plus loin la plus faible observée depuis 1903. L'ajustement de la loi de Gauss est très satisfaisant. L'année 1984 serait de fréquence centennale sèche.

2.3. L'Adrar des Iforas : l'oued de Kidal

L'étude hydrologique du bassin versant de l'oued de Kidal dans l'Adrar des Iforas, en zone saharienne, a été initiée dès 1983 et une première reconnaissance effectuée en janvier 1984 [1]. Le bassin versant a été choisi à la demande des autorités locales, suite



aux problèmes de la sécheresse. Aucune études hydrologiques suivies n'y ont été menées auparavant malgré les propositions présentées par différents responsables. Quelques barrages à vocation agro-pastorale réalisés par des administrateurs civils ou militaires ont abouti à des échecs malgré leurs efforts et l'intérêt manifesté par les populations locales.

Bien que nous ne disposons pas de données hydrologiques antérieures à 1984, et malgré la période de sécheresse actuelle, nous présentons ici les résultats obtenus à la suite de deux campagnes réalisées en collaboration avec la Division Hydrologie de la DNHE et la Météorologie Nationale. Nous ne rappellerons pas ici les conséquences de la sécheresse dans cette région qui sont bien résumées dans la publication [2]. En 1984, seulement 6 mesures de débit ont pu être effectuées. La crue du 1.07.84 est tout à fait exceptionnelle et est à mettre en relation avec l'irrégularité interannuelle, caractéristique des régions sahariennes [3]. Cette crue exceptionnelle a pu être estimée égale à environ 370 m³/s [4]. Malgré cela, la campagne 1984 peut être considérée comme représentative d'une période de sécheresse très grave. Les points d'eau traditionnels ont été, pour certains, totalement asséchés et beaucoup de pâturages ont disparu.

2.4. Conclusion

Les tableaux XXIII et XXIV présentent les principaux paramètres de cette analyse statistique pour les stations hydrologiques retenues.

Toutes les observations mettent en évidence que l'année 1984 est tout à fait exceptionnelle dans la série des stations hydrométriques de longue durée à notre disposition.

Comme nous l'avons vu, elle est dans tous les cas la plus faible jamais enregistrée. L'occurrence est de 80 à 100 ans, fréquence sèche. Les étiages correspondants sont aussi tout à fait exceptionnels et l'on a noté l'assèchement du Bani de même que celui des affluents du haut-Sénégal. A Kayes, le Sénégal a cessé de couler pendant 10 jours en juin 1985.

Tableau n° XXIII Paramètres de la distribution statistique (Bassin du Niger)

Le Niger à KOULIKORO

Moyenne : 5986 m³/s.

Ecart-type : 1360 m³/s.

F	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
années	100	50	20	10	5	2	5	10	20	50	100
m ³ /s.	2822	3207	3749	4242	4842	5986	7130	7730	8223	8765	9150

Le Niger à NANTAKA

Moyenne : 3290 m³/s.

Ecart-type : 573 m³/s.

F	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
années	100	50	20	10	5	2	5	10	20	50	100
m ³ /s.	1957	2119	2347	2556	2807	3290	3773	4024	4233	4461	4623

Le Niger à DIRE

Moyenne : 2276 m³/s.

Ecart-type : 298 m³/s.

F	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
années	100	50	20	10	5	2	5	10	20	50	100
m ³ /s.	1582	1667	1785	1894	2025	2276	2526	2657	2766	2884	2969
m ³ /s.	1350	1480	1680	1840	2340	2610	2520	2610	2670	2710	2740

GAUSS

graphique

Le Bani à DOUNA

Moyenne : 2380 m³/s.

Ecart-type : 959 m³/s.

F	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
années	100	50	20	10	5	2	5	10	20	50	100
m ³ /s.	148	420	802	1150	1573	2380	3187	3610	3957	4339	4611

Tableau n° XXIV

Paramètres de la distribution statistique (Bassin du Sénégal)

Le Sénégal à KAYES

Moyenne : 3623 m³/s.
Ecart-type : 1284 m³/s.

F	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
années	100	50	20	10	5	2	5	10	20	50	100
m ³ /s.	635	1000	1510	1977	2543	3623	4703	5268	5735	6247	6610

Le Sénégal à GALOUGO

Moyenne : 3510 m³/s.
Ecart-type : 1325 m³/s.

F	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
années	100	50	20	10	5	2	5	10	20	50	100
m ³ /s.	427	802	1330	1811	2395	3510	4624	5208	5689	6217	6592

3 - L'année 1985 et rappel des données antérieures

3.1. Pluviométrie

La pluviométrie de l'année 1985 n'a été guère plus abondante qu'en 1984, mais elle a été particulièrement bien répartie et concentrée de la mi-juin à la mi-septembre, avec très peu de pluies d'arrière saison [5]. Cette année de bien meilleures récoltes ont été enregistrées dans le pays.

Nous résumerons ici brièvement les données de 1985 aux stations retenues et nous les comparerons aux autres années de la série.

A Sikasso, sur les 66 années étudiées, la moyenne est de 1257 mm. L'année 1985 avec 1161 mm est au 24^e rang et de l'ordre de la fréquence sèche 5 ans. L'année 1984 n'avait reçu qu'une pluviométrie de 889 mm. La dernière décennie est toujours inférieure à la moyenne.

A Bamako-ville, la pluviométrie de 1985 a été de 855 mm. Elle est un peu supérieure à celle de l'année précédente mais encore inférieure à 1973. Elle est de l'ordre de la fréquence décennale sèche.

A Bafoulabé, nous ne possédons pas les relevés de 1984. Sur 47 années d'observations, la moyenne est de 886 mm. L'année 1985 représente 824 mm. et vient au 20^e rang. Elle est de l'ordre de la fréquence médiane.

A Kayes, sur 79 années la moyenne est de 700 mm. La pluviométrie 1984 a été de 609 mm., celle de 1985 de 730^x mm. Ces deux dernières années à cette station sont proches de la médiane.

A Ségou, sur 66 années la moyenne est de 687 mm. L'année 1984 est au 12^e rang avec 554 mm. L'année 1985, avec 463 mm., vient au 3^e rang après 1982 et 1949. La période de retour est voisine de la fréquence cinquantennale sèche.

A Nioro du Sahel, la moyenne est de 554 mm sur 59 années. L'année 1984 vient au 5^e rang avec 334 mm. L'année 1985, avec une pluviométrie de 479 mm. ne

vient qu'au 20^e rang. Elle est toujours à considérer comme faisant partie des années sèches (période de retour d'environ 5 ans).

A Mopti, l'année 1985 est ici aussi supérieure à 1984 avec 438 mm. contre 334 mm. Sur 57 années, la moyenne est de 519 mm. L'année 1984 est au 5^e rang en terme de sévérité. 1985 se place au 18^e rang avec une période de retour comprise entre 5 et 10 ans.

A Ménaka, sur 56 années d'observations (moyenne: 253 mm.), l'année 1984 avec 95 mm. est de loin la plus faible observée. Sa période de récurrence est de l'ordre de la fréquence centennale sèche. 184 mm. ont été enregistrés en 1985. Cette année est au 12^e rang et de fréquence décennale sèche.

A Gao, sur 63 années la moyenne est de 258 mm. L'année 1984 vient au 2^e rang avec 113 mm. contre 103 mm. en 1983. Ces deux années sont de fréquence centennale à cinquantennale sèche. L'année 1985 avec 204 mm. se classe au 21^e rang avec une recurrence sèche de l'ordre de 5 ans.

A Tombouctou, nous avons déjà noté la place tout à fait exceptionnelle de l'année 1984 qui est au 56^e rang (232 mm.) sur 79 années (moyenne : 197 mm.). L'année 1985 avec 122 mm. rappelle que nous sommes toujours dans une période de sécheresse. Elle est au 10^e rang avec une valeur identique à 1976, soit une fréquence sèche de l'ordre de 10 à 20 ans.

A Kidal, l'année 1984 vient au 10^e rang avec 84 mm. mais, comme nous l'avons vu, dont 40 mm. sont tombés en un seul jour (01.07.84). L'année 1985 avec 99 mm. est quelque peu supérieure à l'année précédente avec cependant une bien meilleure répartition dans le temps qui a conduit à une nette amélioration des pâturages. Au cours de cette dernière année, l'évaporation s'est rapprochée de la courbe moyenne calculée sur 1955-1984 (cf. 1.13).

A Tessalit, la moyenne sur 37 années est de 75 mm. L'année 1984 vient au 13^e rang avec 55 mm. (fréquence sèche de 5 ans).

L'année 1985 avec 146 mm. est très extraordinaire. Sur 38 années d'observations, elle n'a été dépassée que deux fois, en 1957 (166 mm) et en 1956 (186 mm). Elle est de l'ordre de la fréquence vingtennale humide. On notera la très forte hauteur tombée en août : 99,9 mm. Ce phénomène n'est pas anormal à cette station. Déjà en août 1956 on avait relevé 166,5 mm dont 64,8 mm le 30. Tessalit est une station saharienne dont le coefficient d'irrégularité interannuelle est très élevé (tabl. XV).

3.2 Hydrologie

Sur le plan hydrologique, les caractéristiques de la pluviométrie 1985 sont peu propices à de gros écoulements puisque le ruissellement est faible : peu de fortes précipitations totales et très peu de grosses averses [5].

On notera les étiages exceptionnels enregistrés en régime naturel, allant jusqu'à des assèchements précoces qui n'avaient encore jamais été notés ou des arrêts de l'écoulement de fleuve pendant une courte période (ex. du Sénégal à Kayes). Par contre, le rôle du barrage de Sélingué sur le Sankarani pour un soutien aux étiages des stations aval du Niger a été mis en évidence comme nous l'avons souligné plus haut.

Nous présenterons ici les données qui ont pu être rassemblées concernant les lacs de rive droite et rive gauche de la cuvette lacustre du Niger, en particulier le système Télé-Faguibine qui est très important pour un développement de cette région centrale du Mali [6].

Nous donnerons également les observations concernant la zone saharienne de l'Adrar des Iforas dans la région de Kidal.

3.2.1. Le bassin du Niger

Le Niger à Koulikoro a eu un maximum de crue de 4460 m³/s. le 25 septembre 1985. Cette crue est bien supérieure à celle de l'année passée mais elle n'en demeure pas moins très inférieure à la médiane. Elle est de l'ordre de la fréquence sèche 5 à 10 ans . La décrue a été très

rapide et l'on a retrouvé rapidement les cotes de l'année passée en basses eaux.

A Nantaka, la crue 1985 a été de 2200 m³/s. le 9 octobre. La moyenne à cette station est de 3290 m³/s. La crue 1985 est de l'ordre de la fréquence vingtennale sèche et vient au 3^e rang après 1984 et 1983.

A Diré, la crue 1985 avec 1840 m³/s. est de fréquence décennale sèche. Dans la série, elle vient au 7^e rang. La moyenne est de 2276 m³/s.

Sur le Bani à Douna où la moyenne est de 2380 m³/s., le maximum de 1985 n'a été que de 770 m³/s., récurrence de l'ordre de la fréquence vingtennale sèche, et vient au 3^e rang en terme de sévérité après 1983 et 1984. Dès avril 1986, le Bani est asséché à l'étiage.

3.2.2 Les lacs rive gauche et rive droite de la cuvette lacustre du Niger

Nous résumerons ici les données recueillies au cours de cette période récente et qui seront brièvement comparées aux observations anciennes disponibles.

- En ce qui concerne l'alimentation du système Télé-Faguibine, à la suite de la toujours faible hydraulité de 1985 on a noté les observations suivantes :

* dans la région du Kessou, à la station de Bourem Sidey (marigot de Kondi ou de Bourem), on ne note plus d'écoulement à la fin mars 1986 et les échelles (mires limnimétriques) sont hors d'eau en face d'une mare résiduelle. Le marigot est franchi sans difficulté en véhicule.

Le début de l'écoulement a eulieu en août 1985 (H.max.= 5,06 m le 17/11/85). L'arrêt de l'écoulement s'est produit à la fin du mois de janvier 1986.

* Le marigot de Goundam a cessé de couler le 9/02/86. On a noté une coupure à 300 m. à l'aval du pont pour H à l'échelle égale à 1,03 m.

A la fin mars 1986, on ne note plus d'écoulement à la sortie du Lac Télé à Alfao.

* A Bintagoungou, station de contrôle des apports au lac Faguibine, l'eau est arrivée le 24 octobre 1985. A la

fin février 1986, on ne notait plus d'écoulement.

* A M'Bouna, autrefois station principale d'observation du niveau du Faguibine, l'eau est revenue à l'échelle le 16 décembre 1985 (H. max. = 0,35 m. le 1 janvier 1986). Au début février 1986, cette zone était de nouveau asséchée et l'inondation n'a jamais dépassé l'aval de cette échelle depuis 1976. En 1983, l'eau ne serait même pas arrivée au niveau de l'échelle pour la première fois de mémoire d'homme. Nous rappellerons ici que la surface du lac Faguibine, plus grand lac de l'Afrique de l'ouest, peut atteindre 600 Km² où être nulle. Il a connu un assèchement en 1880, 1910, 1924 et 1941. Il a été partiellement asséché en 1982 et totalement en 1983 et 1984. Il aurait connu un remplissage complet en 1883, 1894, 1917, 1930 et 1956 [7].

- En ce qui concerne les autres lacs, à la fin mars 1986, il ne restait plus qu'environ 30 cm. à l'échelle de Tondigame sur le lac Fati. L'eau a atteint les échelles le 18 septembre 1985 (H. max. = 2,68 m. le 15 novembre 1985). Le 2 avril 1986, le lac Tanda était à sec à Dianké. L'eau s'est arrêtée à 5 km. des échelles. Le lac n'a pas été alimenté en 1982-83 et 1983-84. Le marigot de Koradan alimente le lac Korarou lorsque les crues du Niger sont suffisantes. A la station de Enguirde, les crues de 1975 à 1977 et de 1979 à 1985 ont été observées. Le maximum de crue le plus fort est relevé à la cote 1,27 m. en novembre 1977. Les crues de 1984 et 1985 n'ont même pas atteint les échelles ce qui n'avait encore jamais été noté de mémoire d'homme. Le lac Korarou n'a pas été alimenté par le fleuve en 1973, 1982 et 1983. D'après les villageois, il aurait été toujours alimenté les autres années (station de Diona).

En 1983 et 84, le lac Aougoundou à Kofel n'a pas été en eau, chose qui ne se serait jamais vue de mémoire d'homme. En 1985, l'eau n'est encore pas arrivée à l'échelle mais a bien envahi la partie sud du lac à la suite de la rupture d'une digue lors de la décrue.

Nous ne disposons pas de beaucoup d'informations sur la limnimétrie du lac Niangaye épisodiquement observé

à Kanicoumé. Au cours des crues 1982-83 et 1983-84, l'eau n'est même pas arrivée dans le marigot d'alimentation ce qui, ici aussi, ne se serait jamais vu de mémoire d'homme.

De même, le lac Kabara à Diartou n'a pas été alimenté pendant ces mêmes périodes.

3.2.3. Le bassin du Sénégal

La crue du fleuve Sénégal à Galougo en 1985 a eu son débit maximum le 26 août avec 1940 m³/s. Elle est très faible par rapport à la moyenne sur 51 ans qui est de 3510 m³/s. Elle vient au 7^e rang et est de l'ordre de la fréquence décennale sèche.

La station de Kayes est la plus ancienne du haut bassin du Sénégal. Sur 82 années d'observations (1903 à 1984), la moyenne des débits maximums annuels de crue est de 3623 m³/s. L'année 1985 ne vient qu'au 8^e rang avec 1630 m³/s. le 22 août. La période de retour (fréquence sèche) est de l'ordre de 20 ans.

A la mi-février 1986, les principaux affluents du haut-Sénégal ont cessé de couler.

3.2.4. La zone saharienne : l'oued de Kidal (Adrar des Iforas)

Comme nous l'avons vu, la pluviométrie 1985 a été à peine supérieure à celle de l'année antérieure. L'irrégularité interannuelle de cette zone est bien mise en évidence. La répartition, au cours de l'hivernage 1985, a été bien meilleure et 16 mesures de débit ont pu être réalisées. Le ruissellement n'est pas meilleur mais l'extension des zones de pâturages est relativement satisfaisante par rapport aux années passées. Néanmoins, des délaissées de crues relevées par Y. PEPIN, sur observations et renseignements obtenus auprès des populations locales ont confirmé que, par exemple, l'année 1980 avait été plus favorable. La persistance de la sécheresse dans cette zone saharienne est malheureusement toujours évidente.

CONCLUSION

Une étude réalisée par l'OMM [8] montre que en 1984, la période allant de juin à août s'est caractérisée par la persistance de la sécheresse dans la région du Sahel, du Cap-Vert à l'ouest, jusqu'à l'Ethiopie à l'est. Des sécheresses prolongées frappent cette région depuis 1969 (surtout sa partie ouest) et, après une mauvaise année 1983, 1984 s'est révélée pire encore en beaucoup d'endroits. La zone de convergence intertropicale (ZITC) n'est pas remontée suffisamment haut dans le nord pendant l'été, demeurant à deux degrés de latitude environ de sa position moyenne quinquennale pour la période considérée, ce qui réduit la durée et l'intensité de la saison des pluies. Le Burkina-Faso, la Gambie, le Mali, la Mauritanie, le Niger, le Sénégal et le Tchad ont figuré parmi les pays les plus durement atteints.

Prise dans son ensemble, l'année 1984 a été la plus sèche que la région du Sahel ait connue depuis 1940.

Une étude a été réalisée par le Groupe de Recherches Interdisciplinaires en Zones Arides [9] sur les stations pluviométriques au Mali de Douentza, Hombori, Gao, Tombouctou, Gourma-Rharous et Tessalit. Les courbes de tendance, établies suivant le principe des moyennes quinquennales, montrent clairement une nette diminution de la pluviosité sur l'ensemble de la région considérée avec un minimum accusé durant la période 1968-1973.

Bien que cette méthode, comme le précisent les auteurs, présente des inconvénients, elle rend compte non seulement de la nette péjoration climatique qui semble s'être dessinée aux alentours de 1955, mais également d'une certaine "normalité" du phénomène. En effet, au regard des courbes de tendance, abondances et indigences climatiques paraissent se succéder inexorablement. On

* Barry J.P., Boudet G., Bourgeot A., Celles J.C., Coulibaly A.M., Leprun J.C., Manière R.

Tableau n° XXV

Le Niger à Koulikoro
Débits maxima. Moyennes pondérées et courbe lissée:
(a = 2, b = 0.7)

Année	Q1	Qp	Qc	Q1 - Qc	Année	Q1	Qp	Qc	Q1 - Qc
1907	4230				1947	6210	5561	5092	1118
1908	5000				1948	6490	5929	5418	1072
1909	6870				1949	6850	6296	5766	1084
1910	4750				1950	6400	6249	5914	486
1911	6670	5796	5359	1311	1951	6380	6210	5965	415
1912	5540	5584	5389	151	1952	6260	6120	5938	322
1913	3580	4488	4845	-1265	1953	6870	6376	6047	823
1914	4400	4325	4465	-65	1954	6440	6284	6049	391
1915	5200	4676	4483	717	1955	7240	6643	6231	1009
1916	5980	5211	4744	1236	1956	6190	6298	6150	40
1917	6815	5912	5228	1587	1957	7380	6723	6323	1057
1918	4900	5332	5194	-294	1958	5560	6015	6051	-491
1919	5300	5231	5130	170	1959	7070	6423	6123	947
1920	4900	4969	4961	-61	1960	6670	6416	6148	522
1921	5300	5027	4898	402	1961	6290	6238	6077	213
1922	6330	5559	5123	1207	1962	7940	6956	6394	1546
1923	5430	5401	5164	266	1963	7360	7050	6609	751
1924	9410	7307	6139	3271	1964	6760	6774	6572	188
1925	9670	8390	7168	2502	1965	5880	6203	6268	-388
1926	6930	7551	7259	-329	1966	5740	5856	5947	-207
1927	6890	7099	7070	-180	1967	9340	7458	6577	2763
1928	8600	7748	7304	1306	1968	5310	6247	6283	-973
1929	7430	7421	7227	203	1969	7860	6930	6483	1377
1930	6760	6919	6922	-162	1970	5840	6273	6262	-422
1931	6400	6531	6589	-189	1971	5710	5883	5963	-253
1932	7610	6944	6637	973	1972	3930	4696	5196	-1366
1933	7280	6958	6658	622	1973	4300	4402	4687	-387
1934	5880	6283	6336	-456	1974	6260	5197	4821	1439
1935	5740	5888	5986	-246	1975	6830	5908	5254	1576
1936	7360	6507	6127	1233	1976	5060	5377	5209	-149
1937	5060	5647	5761	-701	1977	4130	4678	4855	-725
1938	6350	5869	5690	660	1978	5490	5003	4846	644
1939	5610	5631	5546	64	1979	5910	5345	5000	910
1940	3940	4679	5005	-1065	1980	4470	4786	4787	-317
1941	6150	5288	5031	1119	1981	4640	4620	4606	34
1942	4840	4569	4898	-58	1982	3720	4092	4263	-543
1943	5140	4942	4814	326	1983	3600	3749	3916	-316
1944	4840	4789	4700	140	1984	2400	2973	3350	-950
1945	5150	4894	4710	440	1985	4460	3639	3411	1049
1946	5510	5092	4805	705					

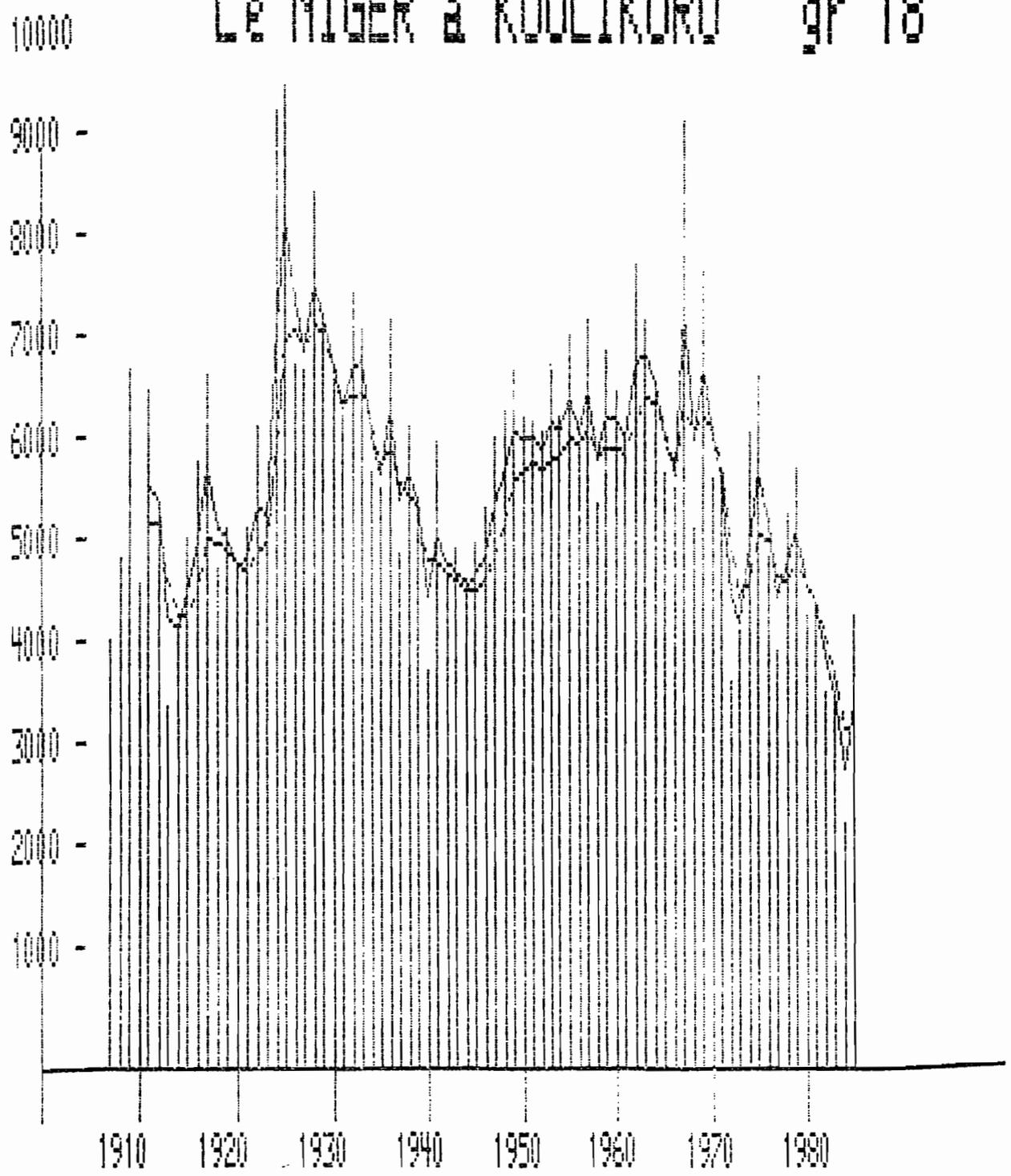
Q1 observations; Qp moyenne pondérée; Qc courbe lissée

Moy. Q1 = 5961m³/s., Ecart-type = 1357 m³/s.

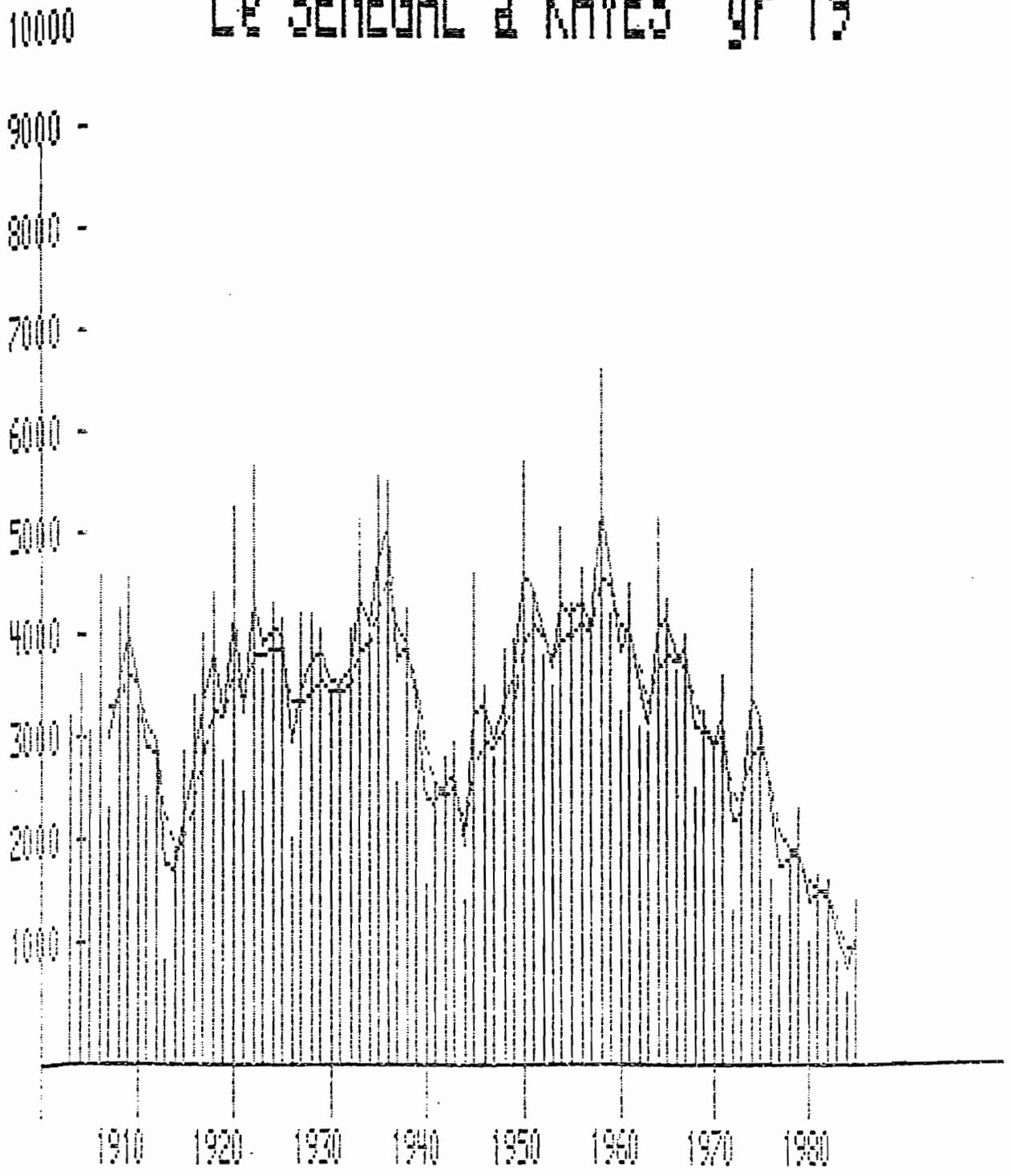
Moy. Qp = 6701

Moy. Qc = 6001

L^o NIGER & KOULIKORO gr 18



Le SENEGAL à KAYES gr 19



retiendra cependant le caractère aléatoire des précipitations pour les stations à tendance saharienne et l'on notera la durée exceptionnelle de la séquence sèche actuelle qui est bien mise en évidence par les exemples que nous présentons ci-après.

Nous reprendrons ici, sur quelques stations pluviométriques ou hydrologiques de longue durée au Mali, l'étude entreprise dès 1982 par J.C. OLIVRY [10] sur l'évolution de la sécheresse en Sénégambie et au Cap-Vert. Le traitement informatique des données a été réalisé par Y. PEPIN suivant la méthode largement explicitée dans la publication citée en référence. Nous rappellerons simplement qu'il s'agit d'une application de moyennes mobiles pondérées qui présentent l'intérêt de ne pas introduire "d'artefact" de périodicité tout en permettant un lissage minimal des observations. L'utilisation de ces moyennes présente l'avantage de rester calé dans le temps avec la réalité des observations et de traduire l'approche d'une réalité physique susceptible d'être interprétée.

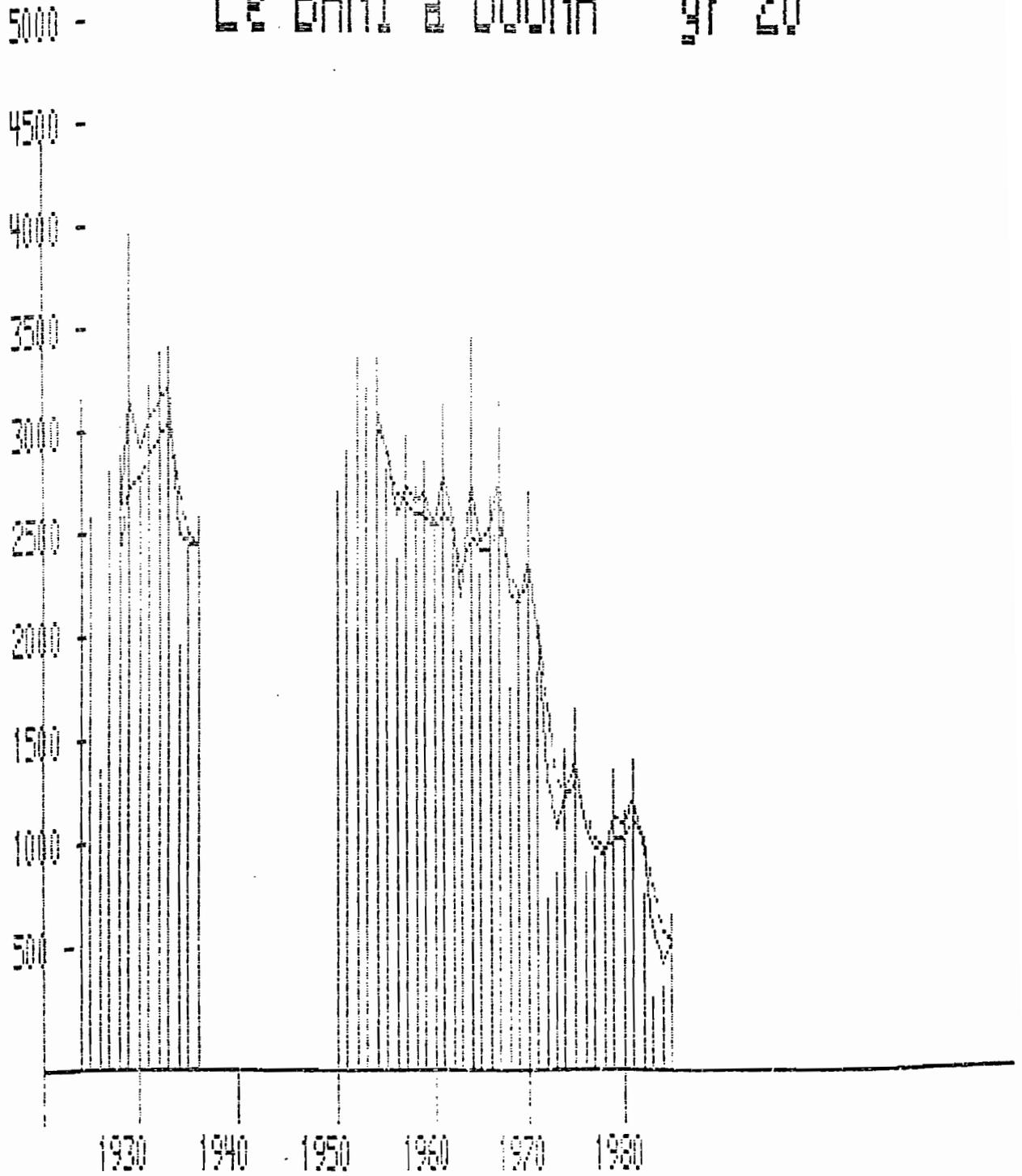
Pour cette étude, nous avons pris en considération, en ce qui concerne les crues annuelles, les stations hydrologiques du Niger à Koulikoro, du Sénégal à Kayes et du Bani à Douna. Le tableau XXV rassemble à titre d'exemple les différentes données de Koulikoro : débits maximums observés de 1907 à 1985 (Q_1 m³/s.), moyenne pondérée (Q_p), courbe lissée (Q_c) et les écarts $Q_1 - Q_c$.

En ce qui concerne la pluviométrie annuelle, nous avons effectué les calculs pour les postes pluviométriques de Kayes, Tombouctou et Sikasso.

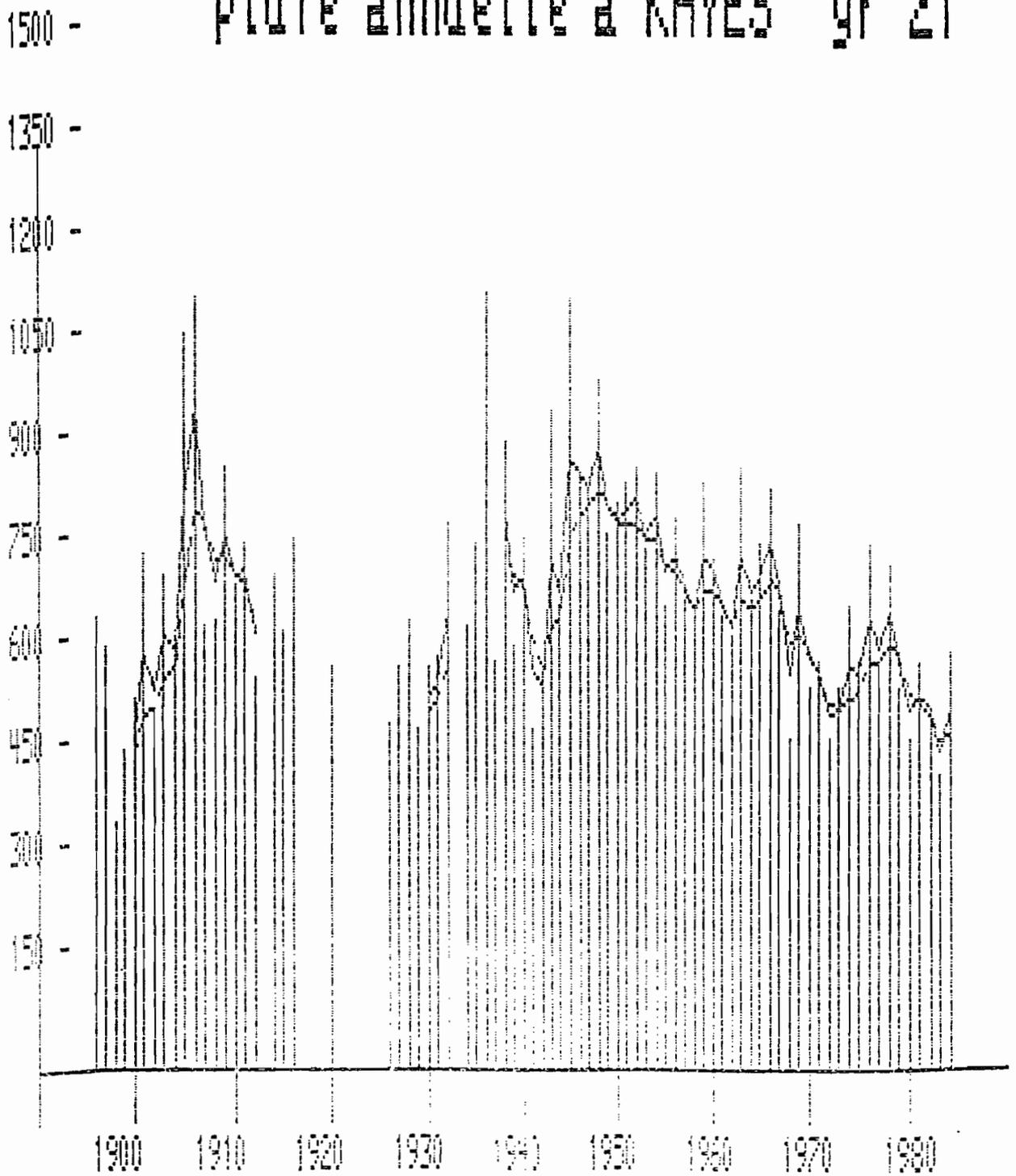
A Koulikoro, nous avons la série complète des crues annuelles de 1907 à 1985 (gr.18). Selon les termes de la publication [11] (J. SIRCOULON, 1976), les sécheresses "1913" et "1940" sont bien mises en évidence. La sécheresse 1972-1973 est également individualisée mais est incluse dans une séquence sèche très bien marquée et dont on note la durée exceptionnelle depuis 1968 environ. La crue de 1967 n'a été qu'un accident dans la série chronologique.

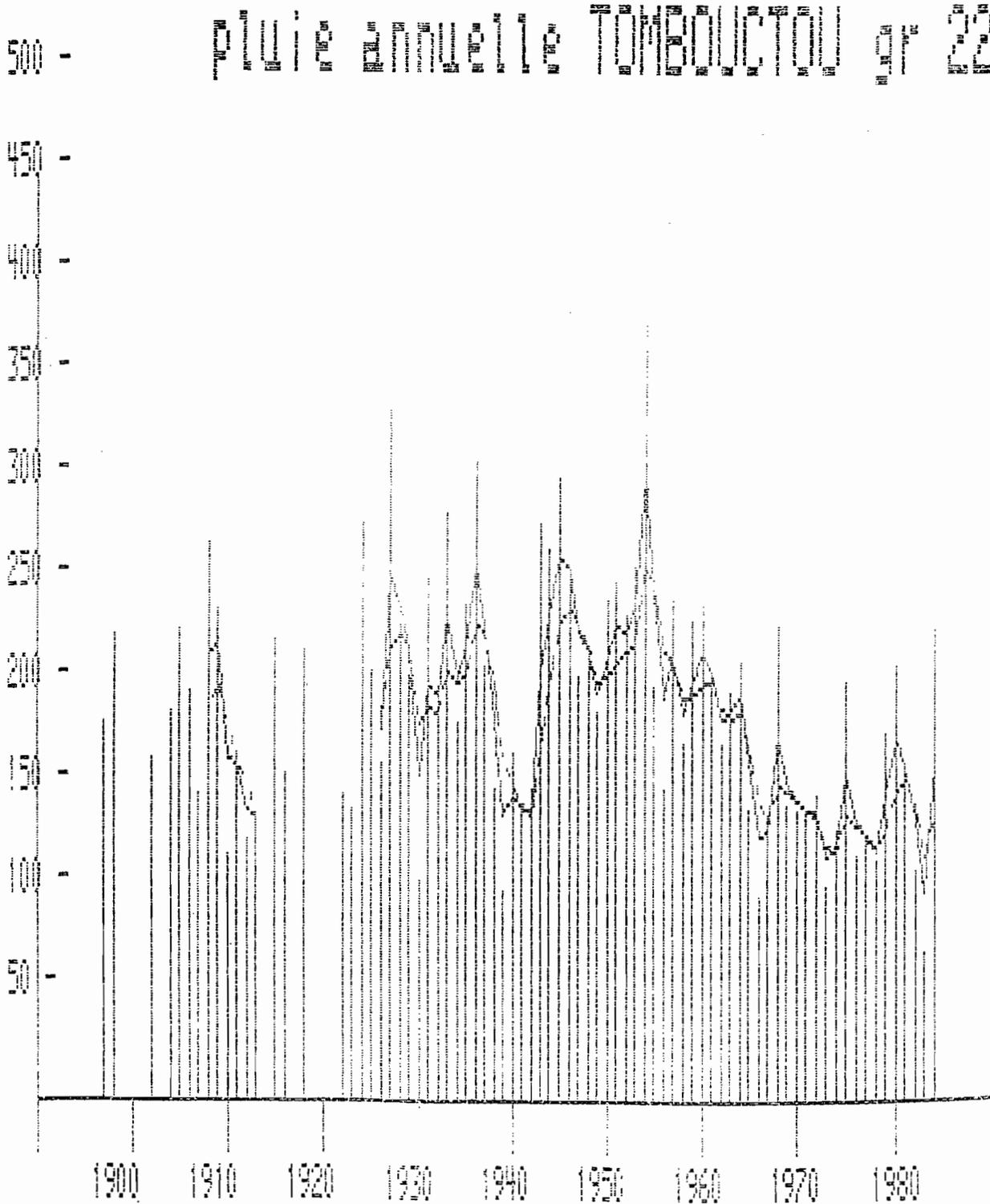
A Kayes (gr.19), autre station de longue durée,

LABOR FORCE OF 20



pluie annuelle à KAYES gr 21

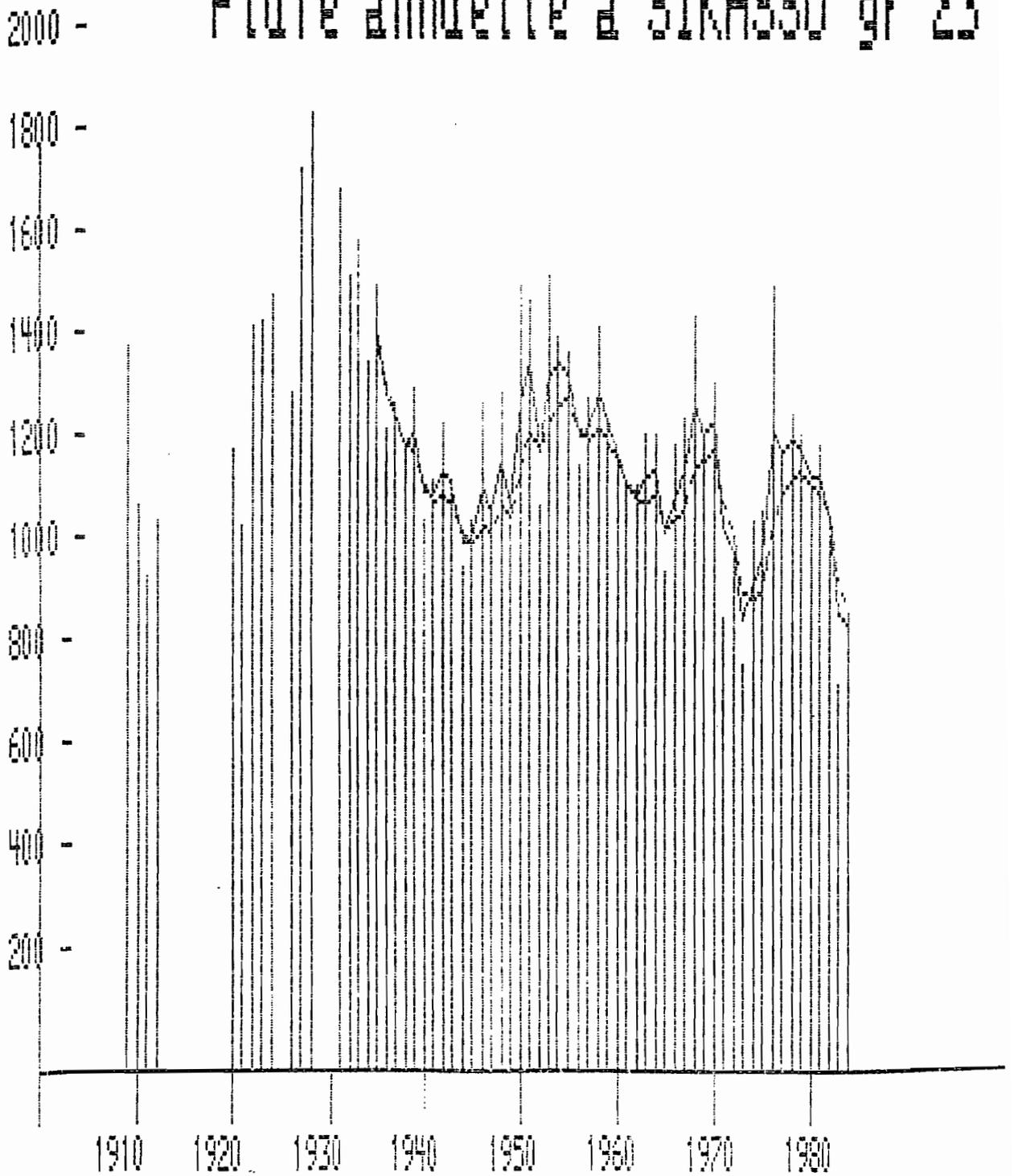




500
 450
 400
 350
 300
 250
 200
 150
 100
 50

1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980

Pluie annuelle à SIKASSO gr 23



on note le même phénomène. La séquence sèche débute en 1958.

A Douna sur le Bani (gr.20), nous ne disposons malheureusement pas des données "1913" et "1940". On note cependant une séquence sèche depuis environ 1955 et qui est devenue particulièrement sévère depuis 1970. On remarque également sa durée exceptionnelle comme noté aux stations anciennes.

Les observations de la pluviométrie annuelle à Kayes (gr.21), malgré les lacunes, mettent ici aussi en évidence la durée de la période sèche notée depuis 1950. L'époque actuelle est inférieure à "1913", "1940" et "1970". Une phase sèche a affecté cette région au début du siècle mais n'a été que de très courte durée.

A Tombouctou (gr.22), l'irrégularité interannuelle apparaît, on peut cependant noter une séquence sèche prolongée grâce aux moyennes pondérées et à la courbe lissée, malgré l'exception de la pluviosité en 1984.

Dans la partie méridionale du Mali, à Sikasso (gr.23), le phénomène est moins marqué. On note quand même actuellement une séquence sèche plus sévère qu'en "1940" et "1970".

- Le lac Tchad représente un indicateur climatique de choix pour la région du Sahel. Vestige de la mer paléotchadienne qui s'étendait à l'Holocène sur près de 350.000 km², il est une cuvette fermée sans émissaires. Formé d'une nappe d'eau peu profonde, ce qui le rend particulièrement vulnérable aux atteintes de la sécheresse, il est constitué d'une cuvette nord et une cuvette sud séparées par un léger étranglement des rives et une zone de hauts fonds, la Grande Barrière. Les deux cuvettes sont bordées au nord et à l'est par un erg fixé dont les sommets des dunes, orientés sud-est - nord-est, forment un vaste archipel. Celui-ci est prolongé vers l'intérieur du lac par des "îlots-bancs" correspondant à des hauts-fonds dunaires, autrefois colonisés par des phanérogames aquatiques.

Les variations de son niveau, qui connaît un

minimum en juin-juillet et un maximum en décembre-janvier, résultent de l'équilibre entre les apports, constitués à plus de 80% par le Chari (soit environ $40.10^9.m^3$ en année médiane) et les pertes principales par évaporation et pratiquement négligeables par infiltration pour un bilan général. Réagissant fidèlement aux variations du climat, il constitue donc un indicateur précieux de la situation actuelle. Il a, à ce titre, fait l'objet d'études de la part des hydrologues et hydrobiologistes de l'ORSTOM de N'Djaména. Elles sont résumées, en ce qui concerne l'hydrologie, dans la publication [11] de J. SIRCOULON-1976.

A la suite des événements politiques survenus au Tchad, ces études ont été mises en sommeil. Cependant, avec l'imagerie-satellite disponible et suite aux travaux de J. LEMOALLE en 1979 [12], une actualisation est en cours principalement pour l'évolution hydrologique du Lac (Centres de Recherches Océanographiques de Lannion-France et de Thiaroye-Sénégal).

A partir de nos données et, grâce à la collaboration du Service Hydrologique de la République du Tchad, nous pouvons présenter, dans le tableau ci-dessous les caractéristiques principales des crues observées à la station du Chari à N'Djaména.

Tableau XXVI : Caractéristiques des crues du Chari à N'Djaména

Année	H.max. (m.)	Q.max. (m ³ /s.)	Module (m ³ /s.)	Volume annuel* 10 ⁹ m ³
1961-62	9,10	5.160	1.700	53,7
Médiane (1938-67)	7,86	3.690	1.280	40,0
1973-74	5,55	2.130	570	18,0
1972-73	4,35	1.435	543	17,2
1984-85	3,02	785	200	6,3
1975-86	5,65	2.190	(533)	(16.8)

* volume annuel apporté au lac. L'évaporation annuelle est du même ordre de grandeur sur le lac que l'apport en année médiane du Chari à la station de contrôle de N'Djaména (échelle T.P.)

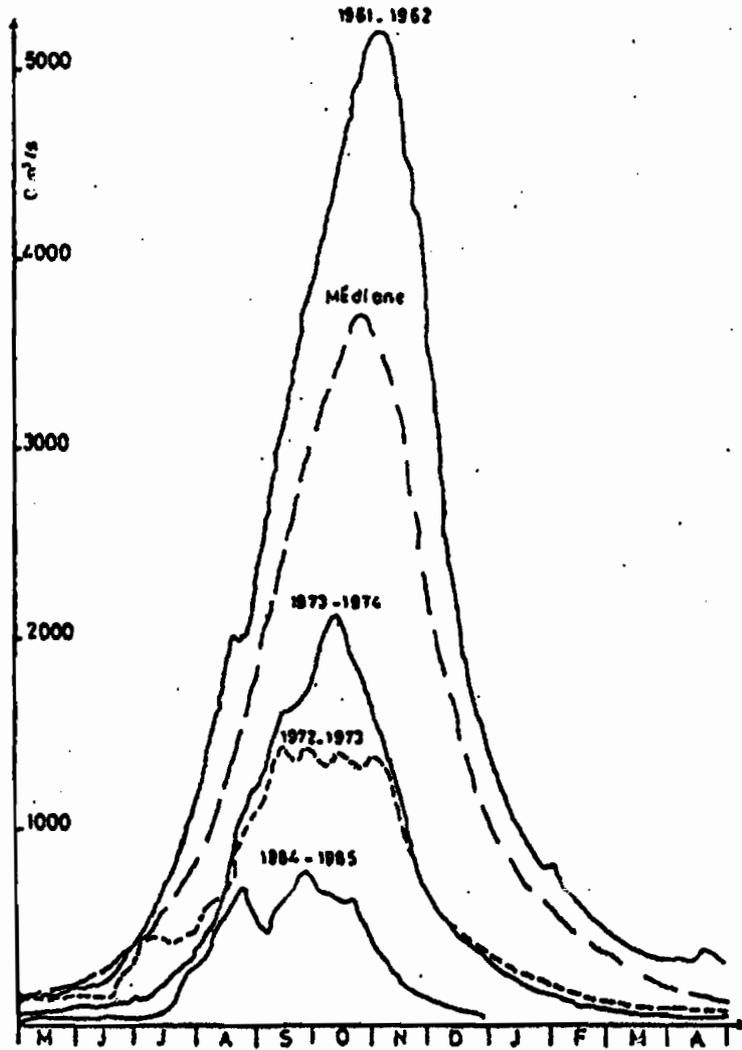
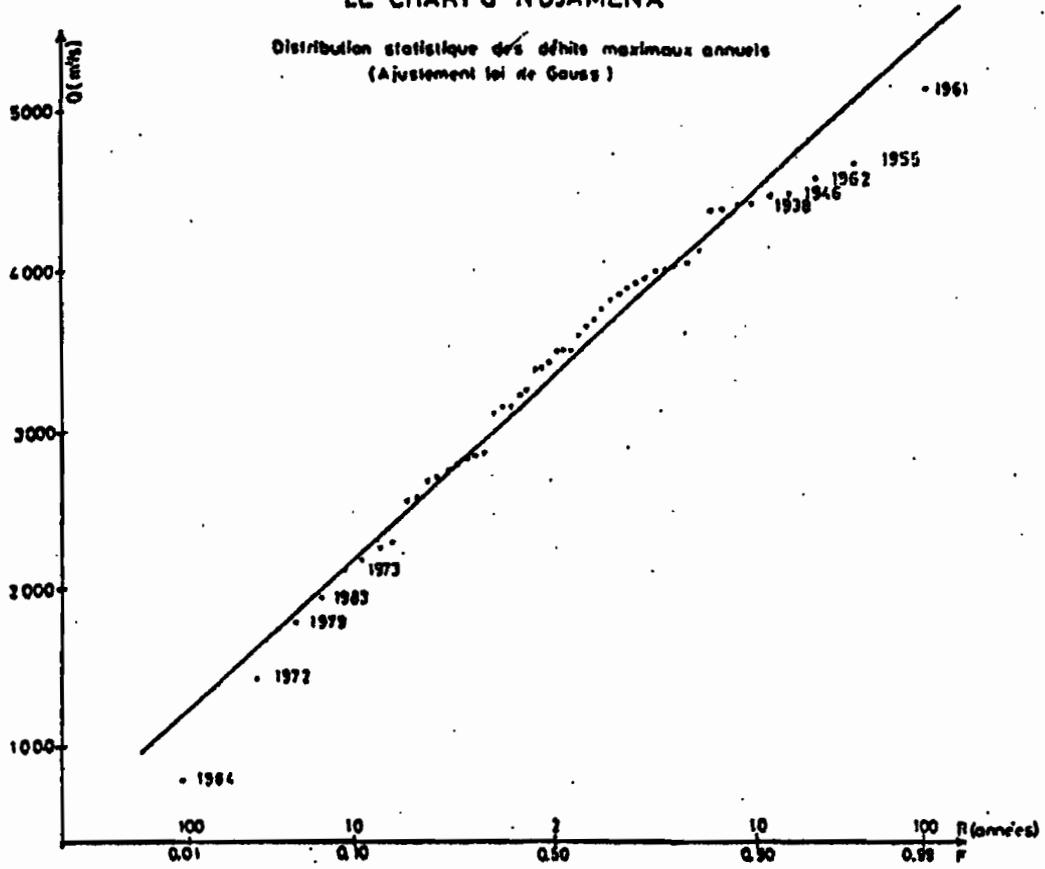
On note l'exceptionnelle hydraulicité déficitaire de l'année hydrologique 1984-85 qui est bien mise en évidence sur le graphique 23. Elle est de fréquence centennale sèche. Alors que sur la période 1938-1967, l'étiage médian du Chari à N'Djaména est de l'ordre de $125 \text{ m}^3/\text{s}$., on pensait avoir mesuré des records en 1973 et 1974 (avril 73 : $Q = 47,7 \text{ m}^3/\text{s}$.; avril 74 : $Q = 38,6 \text{ m}^3/\text{s}$.; valeur confirmée par un jaugeage effectué la veille), en mai 1983, l'étiage a été de $25,5 \text{ m}^3/\text{s}$. et en avril 1984, il est égal à $28,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Au cours de la campagne hydrologique 1984-85, des jaugeages effectués par le service national Tchadien ont donné la valeur exceptionnelle de $7,3 \text{ m}^3/\text{s}$. le 9 avril 1985. On a noté un arrêt de l'écoulement du Chari sous le pont de Chagoua en avril-mai de la même année.

Lors d'une mission effectuée en février-mars 1983 (A. CHOURET), avec l'aide de la Mission Française de Coopération de N'Djaména, un survol du Lac Tchad a pu être réalisé au début mars et une carte schématique dressée (gr.25). Suite à une longue série déficitaire aggravée par l'occurrence de la crue de 1984, la superficie du lac a été pratiquement réduite, en mai-juin 1985, à la seule poche d'eau en face du delta du Chari, ce qui représente environ 2000 km^2 d'eaux libres bordées de marécages. La superficie du "Tchad normal" [13], schématisée par le tireté sur le graphique 25, est d'approximativement 20.000 km^2 .

D'après les renseignements obtenus auprès du Service Hydrologique du Tchad, les stations d'observations du Lac (Bol, îles de Kindjéria et de Kalom) ont été asséchées en 1984 et 1985. La zone de l'archipel de Bol était à sec en juin 1984, ce qui ne s'était jamais vu depuis le début du siècle, et l'eau s'est retirée à environ 40 km de la station. La remise en eau a eu lieu le 2 septembre 1985. Pour la cuvette nord, des franchissements de la

LE CHARI à N'DJAMENA

Distribution statistique des débits maximaux annuels
(Ajustement loi de Gauss)

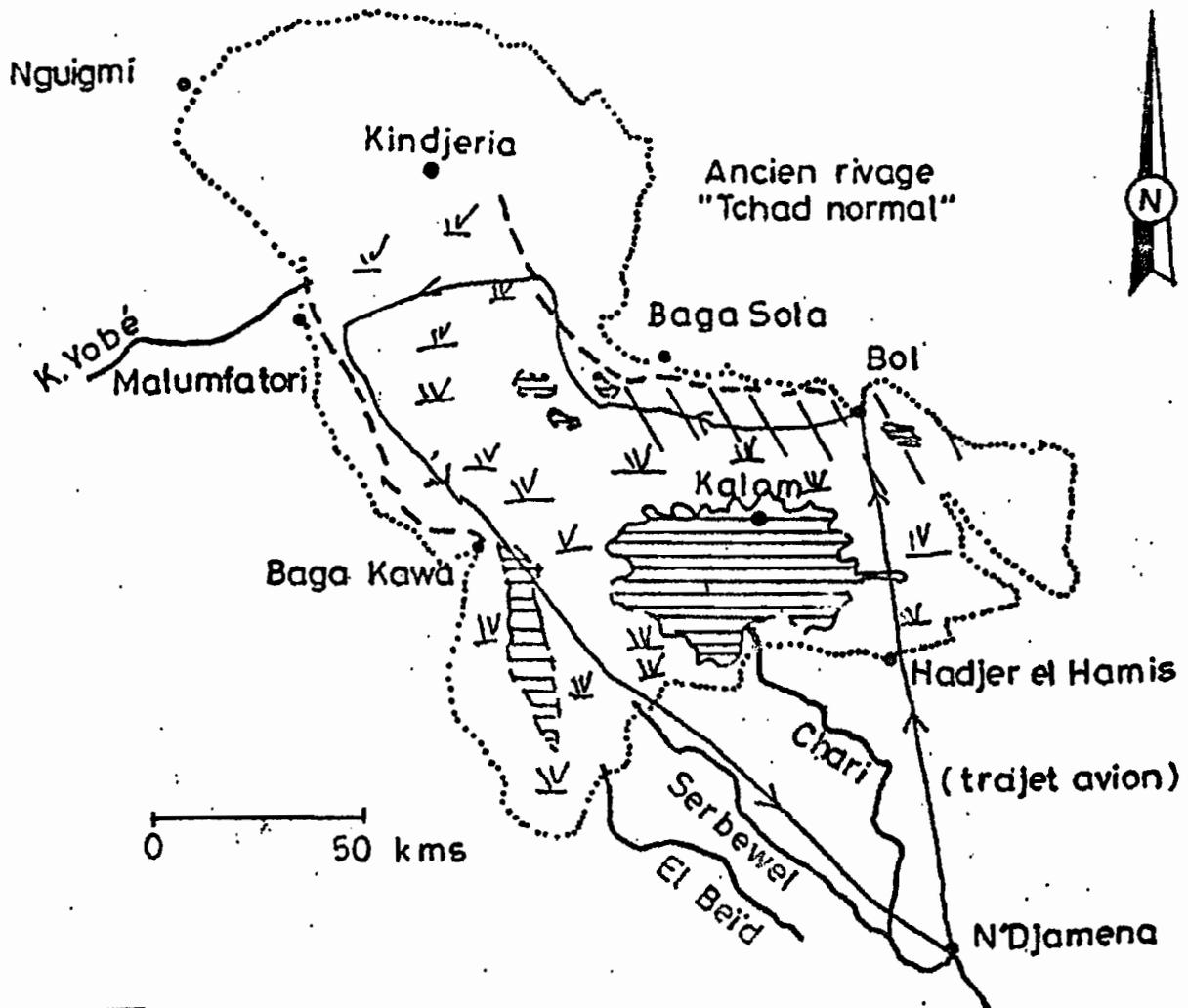


-Hydrogrammes du Chari à N'Djaména.

CARTE SCHEMATIQUE DU LAC TCHAD

5 MARS 1983

Altitude approximative du plan d'eau dans la cuvette Sud = 280m IGN 50
(échelle de BOL)



Eaux libres



Marécages à végétation dense



Archipel Iles sableuses peu de végétation

zone des hauts-fonds de la Grande-Barrière se sont produites et l'on notait en janvier et début février 1986 une lame d'eau d'environ 50 cm. autour du 14^e parallèle nord.

La crue du Chari en 1985 (2190 m³/s.) est bien supérieure à celle de l'année précédente mais se situe toujours dans la séquence sèche actuellement observée et présente une décrue très rapide. Elle est du même ordre de grandeur que celle de 1973. Le volume annuel estimé apporté au Lac ne sera que d'environ 17.10⁹m³. A la fin novembre 1985, la cote du plan d'eau à Bol était à 279,76 m. IGN 56. Cela ne concerne qu'une faible superficie de la cuvette sud alors qu'à la fin 1971, le niveau général du Lac, à un stade de remplissage total, était à 281 m. A cette date [14], il ne couvrait qu'environ 60% de sa cuvette totale sur, comme nous l'avons vu, en partie une très faible lame d'eau qui est en cours d'assèchement suite à l'évaporation qui demeure la même d'une année sur l'autre. La réduction de la superficie lacustre ne tendrait d'ailleurs qu'à aggraver l'effet de l'évaporation.

- Ces différentes observations ne peuvent que concourir à mettre en évidence la persistance de la sécheresse au Sahel. On retiendra en particulier l'exceptionnelle durée de la séquence sèche actuellement observée. La sécheresse sévit toujours et se manifeste encore dans toute son ampleur. L'année 1985, encore faible mais bien supérieure à 1984, n'est peut-être qu'un "accident" comparable à ce qui avait été noté en 1974 et 1975 après les observations que l'on croyait alors exceptionnelles de 1972 et 1973. Rien n'indique vraiment l'amorce d'une quelconque amélioration, du moins pour le court terme.

Une étude récente a été réalisée sur les stations pluviométriques de longue durée du Burkina Faso (CARBONNEL) J.P., HUBERT P. - 1985).

Par l'application d'une méthode bayésienne de détection de changement de moyenne dans une série chronologique

(méthode définie par Lee et Heghinian, 1977), les auteurs ont principalement mis en évidence une rupture climatique qui serait intervenue entre 1966 et 1972. Cette rupture, qui apparait à partir des tests statistiques, est en outre corroborée par d'autres faits d'observation [15], comme la raréfaction depuis cette période des pluies journalières supérieures à 40 mm ou la modification de la structure temporelle de la mousson.

A la mi-1986, comme en 1982 [10], la situation montre qu'aucun effort ne doit être relâché dans ce qui doit concourir à la maîtrise des maigres ressources en eau dont disposent les populations du Sahel.

- REFERENCES -

- [1] CHURET (A.), BERTHAULT (C.), Diadié WELE (A.). 1984 - Reconnaissance hydrologique dans l'Adrar des Iforas (région de Kidal). Propositions d'études et données sur la sécheresse. ORSTOM-DNHE, Bamako, 4Op., 2 cartes, 8gr., 7 tabl.

- [2] "Vivre au bord du désert", 1982 - Ministère des Sports, des arts et de la Culture. Bamako. Musée d'outre-mer de Brême avec le concours du Ministère des Affaires Etrangères de la R.F.A.

- [3] CHURET (A.), BERTHAULT (C.), KONE (B.), 1985 - Bassin versant de l'oued de Kidal (Adrar des Iforas). Campagne 1984. DNHE-ORSTOM, Bamako. 62p., 22 gr., tabl. et annexes.

- [4] PEPIN (Y.), KONE (B.), 1986 - Bassin versant de l'oued de Kidal (Adrar des Iforas). Campagne 1985. DNHE-ORSTOM, Bamako. 56p., 24gr., tabl.

- [5] Note sur la crue 1985 au Mali, 1986 - Div. Hydrologie de la DNHE, Bamako. 1Op., 10fig., tabl.

- [6] DUREUIL (P.), 1960 - Alimentation en eau des lacs Télé et Faguibine. Conf. interafricaine sur l'hydrologie. Nairobi, 16-21 janvier 1961, 8p., 7gr.

- [7] VAUCHEL (P.), GUIQUEN (N.), 1984 - Etude hydrologique complémentaire de la cuvette lacustre du Niger. DNHE-ORSTOM, Bamako. 46p., 7gr., tabl. et annexes.

- [8] Bulletin de l'O.M.M. - 4, vol. 34, octobre 1985.

- [9] Etude des potentialités pastorales et de leur évolution en milieu sahélien au Mali - 1983. A.C.C., G.R.I.Z.A., L.A.T. Groupe de recherches interdisciplinaires en zones arides.

- [10] OLIVRY (J.C.), 1983 - Le point en 1982 sur l'évolution de la sécheresse en Sénégambie et aux îles du Cap-Vert. Examen de quelques séries de longue durée (débits et précipitations). Cah. ORSTOM, série Hydrol., vol. XX, n°1 : 47-69.

- [11] SIROUILLON (J.), 1976 - les données hydropluviométriques de la sécheresse récente en Afrique intertropicale. Comparaison avec les sécheresses "1913" et "1940". Cah. ORSTOM, série Hydrol., vol. XIII, n°2 (numéro spécial sécheresse).
- [12] LEMALLE (J.), 1979 - Etude des potentialités du bassin conventionnel du lac Tchad. Hydrobiologie. Utilisation de la télédétection pour l'évaluation des surfaces inondées. ORSTOM, Ministère de la Coopération Paris. 61p., 27fig.
- [13] TILHO (J.), 1910 - Documents scientifiques de la mission TILHO 1906-1909. Imprimerie Nationale Paris, t.I, 420p., t.II, 598p.
- [14] Veille climatique satellitaire n°10, nov. 1985. Antenne ORSTOM et Centre de Météorologie spatiale de Lannion.
- [15] CARBONNEL (J.P.), HUBERT (P.), 1985 - Sur la sécheresse au Sahel d'Afrique de l'Ouest. Une rupture climatique dans les séries pluviométriques du Burkina Faso. C.R. Acad. Sc. Paris, t.301, Série II, n°13, 1985.
- Documentation Météorologie Nationale - Bamako
 - Documentation interne - D.N.H.E., Bamako
 - Documentation interne - ORSTOM, Bamako et Paris
 - Annuaire hydrologiques de la République du Mali - D.N.H.E., Div. Hydrologie, Bamako
 - Renseignements communiqués par le Service hydrologique de la République du Tchad (Minist. d'Etat à l'Agriculture et au Développement rural, Dir. des Ressources en Eau et de la Météorologie, N'Djaména).
 - Annuaire Hydrologiques de la République du Tchad, Service Hydrologie, N'Djaména.

LISTE DES TABLEAUX ET DES GRAPHIQUES

<u>Tableaux</u>	<u>page</u>
I Totaux pluviométriques annuels des stations de longue durée	4
II Pluviométrie annuelle à Sikasso. Valeurs classées	6
III Pluviométrie annuelle à Bamako. Valeurs classées	8
IV Pluviométrie annuelle à Bafoulabé. Valeurs classées	11
V Pluviométrie annuelle à Kayes. Valeurs classées	13
VI Pluviométrie annuelle à Ségo. Valeurs classées	14
VII Pluviométrie annuelle à Niéro du Sahel. Valeurs classées	18
VIII Pluviométrie annuelle à Mopti. Valeurs classées	19
IX Pluviométrie annuelle à Ménaka. Valeurs classées	20
X Pluviométrie annuelle à Gao. Valeurs classées	21
XI Pluviométrie annuelle à Tombouctou. Valeurs classées	29
XII Pluviométrie annuelle à Kidal. Valeurs classées	31
XIII Pluviométrie annuelle à Tessalit. Valeurs classées	33
XIV Distribution statistique de la pluviométrie annuelle	35
XV Coefficient d'irrégularité interannuelle	35
XVI Débits maximaux. Liste chronologique aux stations de longue durée	38-39
XVII Le Niger à Koulikoro. Débits maximaux annuels. Valeurs classées	40
XVIII Le Beni à Douna. Débits maximaux annuels. Valeurs classées	43
XIX Le Niger à Nantaka. Débits maximaux annuels. Valeurs classées	45
XX Le Niger à Diré. Débits maximaux annuels. Valeurs classées	47
XXI Le Sénégal à Galougo. Débits maximaux annuels. Valeurs classées	49
XXII Le Sénégal à Kayes. Débits maximaux annuels. Valeurs classées	50
XXIII Paramètres de la distribution statistique pour Koulikoro, Nantaka, Diré et Douna	54
XXIV Paramètres de la distribution statistique pour Kayes et Galougo	55
XXV Le Niger à Koulikoro. Moyennes pondérées et courbe lissée	63
XXVI Caractéristiques des crues du Chari à N'Djaména (Tchad)	72

Graphiques

1 Carte de situation	3
2 Pluviométrie annuelle à Sikasso	7
3 Pluviométrie annuelle à Bamako	10
4 Pluviométrie annuelle à Bafoulabé	12
5 Pluviométrie annuelle à Kayes	16
6 Pluviométrie annuelle à Ségo	17

7	Pluviométrie annuelle à Nioro du Sahel	23
8	Pluviométrie annuelle à Mopti	24
9	Pluviométrie annuelle à Ménaka	25
10	Pluviométrie annuelle à Gao	26
11	Pluviométrie annuelle à Tombouctou	30
12	Pluviométrie annuelle à Kidal	32
13	Pluviométrie annuelle à Tessalit	34
14	Hydrogrammes de crue du Niger à Koulikoro	37
15	Le Niger à Koulikoro et le Bani à Douna. Distribution statistique des débits maximums annuels	42
16	Le Niger à Nantaka et à Diré. Distribution statistique des débits maximums annuels	46
17	Le Sénégal à Galougo et à Kayes. Distribution statistique des débits maximums annuels	52
18	Le Niger à Koulikoro. Moyennes pondérées et courbe lissée	64
19	Le Sénégal à Kayes. Moyennes pondérées et courbe lissée	65
20	Le Bani à Douna. Moyennes pondérées et courbe lissée	67
21	Pluie annuelle à Kayes. Moyennes pondérées et courbe lissée	68
22	Pluie annuelle à Tombouctou. Moyennes pondérées et courbe lissée	69
23	Pluie annuelle à Sikasso. Moyennes pondérées et courbe lissée	70
24	Le Chari à N'Djaména. Distribution statistique des débits maximums et Hydrogrammes caractéristiques	74
25	Carte schématique du Lac Tchad, début mars 1983	75