

ORSTOM

LABORATOIRE D'HYDROLOGIE  
Montpellier

C I E H

Ouagadougou

Colloque de OUAGADOUGOU sur les normes hydrologiques

---

Estimation des apports annuels et des étiages, avant et après la récente phase de sécheresse, de la Volta Noire à NOUMBIEL et de la Volta Blanche à Bagré

---

par

Bernard POUYAUD

Directeur de recherches de l'ORSTOM

Montpellier, Janvier 1986

81190

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 39650

Cote : B

13 JUIN 1994

## Préambule

Deux autres communications de l'ORSTOM à ce Colloque traitent, l'une le cas des petits bassins versants inférieurs de 100 à 250 km<sup>2</sup> (RIBSTEIN-RODIER), l'autre celui des très grands bassins fluviaux, d'importance continentale, tels que le SENEGAL et le NIGER (SIRCOULON-OLIVRY). Il nous a donc paru intéressant d'examiner le cas de bassins de surfaces intermédiaires et nous avons choisi la VOLTA NOIRE (MOUN HOU) aux stations de LAWRA-DAPOLA-NOUMBIEL (66540 km<sup>2</sup> sans le SOUROU et 94000 km<sup>2</sup> avec) et la VOLTA Blanche (NAKAMBE) aux stations de NIAOGHO, YAKALA et BAGRE (32000 km<sup>2</sup>).

RIBSTEIN et RODIER montrent que la récente sécheresse n'a finalement guère modifié les apports moyens annuels sur les petits bassins versants, car agissent de façon contradictoire la péjoration pluviométrique et l'augmentation des taux de ruissellement due à la multiplication des surfaces imperméabilisées.

SIRCOULON et OLIVRY mettent en évidence, au contraire, l'effondrement des modules des grands fleuves, qui aboutirent en 1985, à l'assèchement historique du NIGER à NIAMEY.

Notre étude de bassins versants de superficies intermédiaires est opportune, dans la mesure où ces superficies se révèlent être à la charnière de ces deux comportements, pour les sols et le climat considérés évidemment.

Ce choix n'est par ailleurs pas neutre, puisque les sites de NOUMBIEL et de BAGRE avaient été retenus, dans les années 1970, pour être des sites de barrages : hydroélectrique essentiellement pour NOUMBIEL, hydroagricole pour BAGRE. Ces barrages n'ont pas été construits et la présente étude permet d'estimer l'erreur que l'on aurait commis en 1975 sur les prévisions des caractéristiques hydrologiques de ces ouvrages, telles qu'elles apparaissent dans les rapports de l'époque qui n'utilisaient évidemment que les données existantes alors et antérieures à la récente phase de sécheresse.

Notre but est donc plus une mise en garde contre l'utilisation aveugle d'approches statistiques avec un échantillon trop faible, qu'une critique des rapports en cause, auxquels nous avons d'ailleurs contribué ...

## I - LA VOLTA NOIRE AU SITE DE NOUMBIEL

La station limnimétrique de NOUMBIEL fut installée le 25 juillet 1975 au site du barrage projeté, mais l'étude [1] s'appuie sur les deux stations amont de DAPOLA (BURKINA) et de LAWRA (GHANA), situées à une dizaine de kilomètres l'une de l'autre et drainant environ 94000 km<sup>2</sup> en incluant le bassin versant du SOUROU. Les observations débutent en 1951 à LAWRA et en 1955 à DAPOLA. Il y a une bonne corrélation entre ces deux stations, ce qui a permis de reconstituer une bonne chronique de débits journaliers, qui débute avec l'année hydrologique 1951-1952.

Nous n'avons plus les données hydrologiques de la station de LAWRA à partir de 1974-1975. Les données à la station de DAPOLA et à celle de NOUMBIEL sont disponibles après cette date jusqu'à nos jours. Il faut noter que l'écoulement de la VOLTA NOIRE a été perturbé, à partir du 29 octobre 1983, par la construction d'une digue au confluent VOLTA NOIRE/SOUROU, déviant la VOLTA NOIRE dans le SOUROU. Cette perturbation affecte les hautes et basses eaux, mais est plus contraignante en basses eaux.

### 1) Analyse des modules annuels

Nous avons rassemblé, dans le tableau n° 1, les modules annuels (débits moyens annuels) aux trois stations de LAWRA, DAPOLA et NOUMBIEL, tels que nous avons pu les reconstituer à partir des observations complétées et corrigées grâce aux corrélations interstations existantes. Les observations antérieures à 1976 sont reprises dans la monographie de la VOLTA [2], celles postérieures proviennent de renseignements gracieusement communiqués par le service hydrologique burkinabé.

Tableau n° 1

MOUN HOU (VOLTA NOIRE) à LAWRA, DAPOLA et NOUMBIEL

Débits moyens annuels : Modules

	LAWRA	DAPOLA	NOUMBIEL
1951-1952	203	216	
1952-1953	189	201	
1953-1954	105	114	
1954-1955	139	149	
1955-1956	153	161	
1956-1957	96,5	105	
1957-1958	112	124	
1958-1959	82,1	92,2	
1959-1960	70,0	77,0	
1960-1961	108	117	
1961-1962	85,5	96,8	
1962-1963	120	129	
1963-1964	184	196	
1964-1965	145	147	
1965-1966	127	139	
1966-1967	84,7	88,5	
1967-1968	75,7	84,6	
1968-1969	105	108	
1969-1970	134	154	
1970-1971	139	149	
1971-1972	111	120	
1972-1973	47,0	52,0	
1973-1974	42,3	47,0	
1974-1975		12	
1975-1976		74,8	
1976-1977		62,7	86,1
1977-1978		74,8	-
1978-1979		60,0	87,6
1979-1980		95,4	149
1980-1981		80,3	125
1981-1982		65,7	77,0
1982-1983		48,8	66,4
1983-1984		31,7	45,2
1984-1985		(26,8)	(38,9)
1985-1986		(105)	(150)

DAPOLA obtenu par corrélation directe depuis LAWRA.

Fichiers opérationnels : débits moyens observés, complétés, corrigés

Les échantillons de débits moyens annuels de la VOLTA NOIRE aux stations de LAWRA et DAPOLA ont fait l'objet d'ajustements statistiques à dix lois de distributions, en appliquant la méthode du maximum de vraisemblance :

- loi de Gauss ou loi normale
- loi de Gumbel ou loi double-exponentielle
- loi de Galton ou loi gaussio-logarithmique
- loi de Pearson III ou loi gamma incomplète en x
- loi de Pearson V ou loi gamma incomplète en 1/x
- loi de Goodrich ou loi exponentielle généralisée en x
- loi de Fréchet ou loi exponentielle généralisée en 1/x
- loi WRC-USA ou loi log-gamma de première espèce
- loi des fuites
- loi de Polya

Un test d'ajustement, basé sur la mesure des aires déterminées, de part et d'autre de la courbe ajustée par les points représentant les valeurs de l'échantillon, permet d'estimer la qualité de l'ajustement réalisé avec chacune de ces dix lois.

Nous avons rassemblé, dans le tableau n° 2, les valeurs de ces tests pour chacune de ces dix lois pour les échantillons retenus, ainsi que le classement qui en résulte.

Tableau n° 2

Stations	LAWRA				DAPOLA					
	1951-1973		1951-1971		1951-1985		1951-1971		1972-1985	
Gauss	0,804	5	0,268	10	0,586	6	0,288	10	0,658	8
Gumbel	0,583	6	0,947	1	0,912	5	0,975	1	0,963	4
Galton	0,315	7	0,947	1	0,222	7	0,971	2	0,841	6
Pearson III	0,818	4	0,870	6	0,951	4	0,919	6	0,976	3
Pearson V	0,073	9	0,944	4	0,015	9	0,971	2	0,480	9
Goodrich	0,889	2	0,880	5	0,987	2	0,924	5	0,925	5
Fréchet	0,006	10	0,551	9	0,001	10	0,621	9	0,098	10
Log-gamma	0,259	8	0,946	3	0,171	8	0,971	2	0,802	7
Fuites	0,931	1	0,663	8	0,998	1	0,694	8	0,988	1
Polya	0,828	3	0,702	7	0,953	3	0,726	7	0,982	2

Cette comparaison entre les divers ajustements est très instructive :

\* Elle permet tout d'abord de vérifier l'excellente similitude des stations de LAWRA durant leur période commune 1951-1971. Pour ces deux stations, les meilleurs ajustements sont dans l'ordre : Gumbel, Galton, Log-gamma, Pearson V, Goodrich, Pearson III.

MODULES ANNUELS

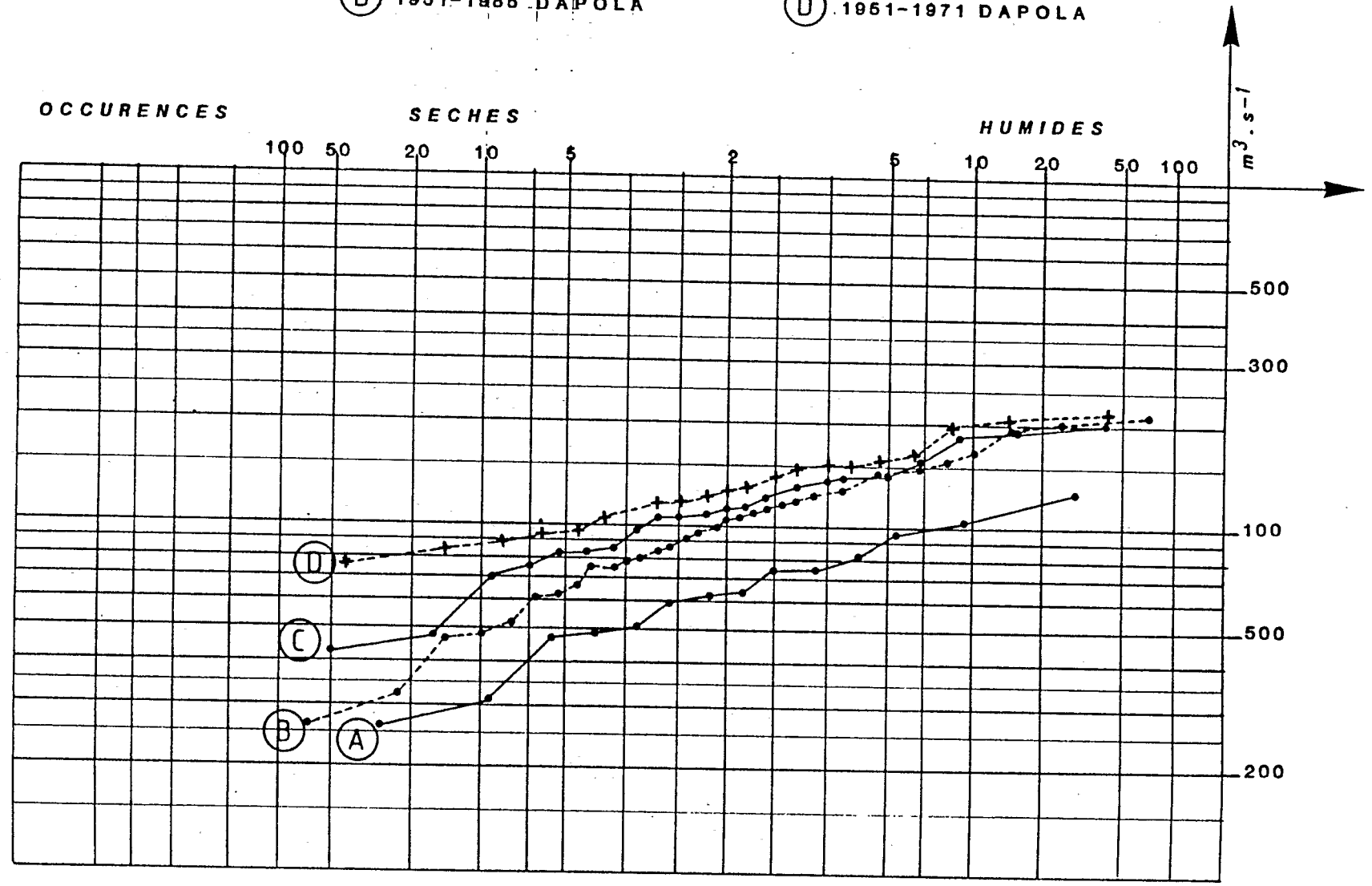
VOLTA NOIRE A LAWRA ET DAPOLA

(A) 1972-1985 DAPOLA

(C) 1951-1973 LAWRA

(B) 1951-1985 DAPOLA

(D) 1951-1971 DAPOLA



\* On peut voir également, en comparant les échantillons 1951-1971 et 1951-1973 de LAWRA, que l'introduction des deux années exceptionnellement sèches, 1972-1973, modifie radicalement les ajustements qui se classent cette fois dans l'ordre : Fuites, Goodrich, Polya, Pearson III, Gauss.

\* A la station de DAPOLA enfin, l'introduction de la période de sécheresse récente confirme, pour la période 1951-1985, ce bouleversement des lois d'ajustement. Le classement est en effet: Fuites, Goodrich, Polya, Pearson III, Gumbel.

Ce bouleversement s'explique lorsqu'on considère celui des ajustements à la période 1972-1985 qui est : Fuites, Polya, Pearson III, Gumbel, Goodrich, Galton, Log-gamma.

Ces remarques, portant sur le classement des ajustements, sont à prendre avec beaucoup de réserves puisque les écarts sont très minces, mais il existe bien une tendance nette.

Si l'on s'intéresse maintenant aux résultats numériques des divers ajustements, on peut, là encore, avancer quelques conclusions :

\* La comparaison (tableau 3) des ajustements des périodes 1951-1971 à LAWRA et à DAPOLA, montre une nette différence entre la moyenne interannuelle des modules annuels qui passe de 122 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> à LAWRA à 132 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> à DAPOLA, sans que la différence de bassin versant entre les deux stations distantes d'une dizaine de kilomètres puisse expliquer cette différence de 10 %. Les modules aux deux stations vérifie donc la corrélation annoncée dans la Monographie de la VOLTA [2] :  $Q_{DAPOLA} = 1,05 Q_{LAWRA} + 3,5$ , mais nous aurions tendance à croire à un mauvais étalonnage de LAWRA, plutôt qu'à une différence due à la différence de surface de B.V., d'autant que le barème donné pour LAWRA avait du être déjà modifié dans le sens de l'augmentation lors de la Monographie susdite.

Tableau n° 3

	LAWRA	DAPOLA
Moyenne observée	122,3	131,8
Médiane observée	112,0	124,0
Coefficient variation	0,306	0,295
Coefficient asymétrie	0,701	0,701
Coefficient aplatisant	- 0,500	- 0,486

\* Si l'on ne considère maintenant que les seuls ajustements de la station de DAPOLA, il est certain que se trouvent particulièrement mises en évidence les différences entre la période "normale" de 1951-1971 et la période de "sécheresse" qui suivit, avant le redressement de 1985, dont nul ne peut encore dire s'il sera passager ou initiera la fin de cette période. Nous avons rassemblé, dans le tableau n° 4, les ajustements les meilleurs pour chacune de ces trois périodes pour quelques occurrences significatives et y avons rappelé l'ajustement publié en 1975 dans la Monographie [2] :

Tableau n° 4

## VOLTA NOIRE à DAPOLA

		1951 - 1985			1951 - 1971			1972 - 1985			55-73	
Loi		Fuites	Good-rich	Polya	Gumbel	Log-gamma	Galton	Fuites	Polya	Pearson III	Good-rich	
Nombre d'année		35			21			14			19	
Moyenne		106,3			131,8			68,0			115	
Occurrences — sèches	100	22,2	26,9	26,0	68,2	70,8	72,0	18,3	19,0	22,0	40,3	
	50	28,6	31,3	32,0	73,1	75,0	75,8	22,3	22,0	25,1	-	
	20	39,6	39,9	41,0	81,1	82,1	82,3	29,2	28,0	30,6	56,9	
	10	50,8	49,9	51,0	89,1	89,3	89,3	35,9	35,0	36,3	67,9	
	5	66,2	64,9	65,0	99,8	99,4	99,1	45,1	43,0	44,5	82,7	
	2	101	101	99,0	125	124	124	65,4	63,0	64,0	114	
	Occurrences — humides	5	143	144	141	159	160	160	89,4	89,0	89,2	147
		10	168	169	168	182	184	184	103	104	105	164
		20	190	190	192	204	207	208	116	118	119	178
		50	217	215	-	232	239	240	130	-	137	-
100		236	231	-	252	264	265	141	-	149	203	

Les résultats figurant sur ce tableau s'avèrent particulièrement significatifs et illustrent parfaitement la signification restreinte à attribuer à toute étude statistique, qui dépend d'abord de la représentativité de l'échantillon, bien avant la qualité de l'ajustement.

Remarques concernant la moyenne :

On passe d'une moyenne de 114 m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup> pour 1955-1973, à 124 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> sur la période 1951-1971, si l'on intègre les quatre années pluvieuses 1951-1954 (reconstituées à partir de LAWRA), puis à 101 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> en ajoutant les quatorze années de la période 1972-1985, dont la moyenne n'est que 64 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Ainsi, sur les moyennes, selon les périodes retenues, on passe donc pratiquement du simple (64) sur 1972-1985 au double (124) sur 1951-1971.

Remarques complémentaires

- Cette tendance s'accroît encore lorsque l'on passe à des événements d'occurrence plus élevées :



En année décennale sèche par exemple, on passe de 89 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> pour la période 1951-1971 à 50 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> pour 1951-1985 et seulement 35 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> pour la période 1972-1985, soit presque le 1/3, et pour la décennale humide de 184 à respectivement 169 et 104.

- Cette traduction de la période de sécheresse sur les modules annuels peut être mise en évidence en classant les années ou en affichant pour chaque année la période de retour :

1)	1951	216	
2)	1952	201	
3)	1963	196	
4)	1955	161	
5)	1969	154	
6)	1954	149	
7)	1970	149	
8)	1964	147	
9)	1965	139	
10)	1962	129	
11)	1974	127	*
12)	1957	124	
13)	1971	120	
14)	1960	117	
15)	1953	114	
16)	1968	108	
17)	1985	105	*
18)	1956	105	
19)	1961	96,8	
20)	1979	95,4	*
21)	1958	92,2	
22)	1966	88,5	
23)	1967	84,6	
24)	1980	80,3	*
25)	1959	77,0	
26)	1975	74,8	*
27)	1977	74,8	*
28)	1981	65,7	*
29)	1976	62,7	*
30)	1978	60,0	*
31)	1972	52,0	*
32)	1982	48,8	*
33)	1973	47,0	*
34)	1983	31,7	*
35)	1984	26,8	*

Cette présentation est particulièrement parlante, puisqu'elle permet de constater que les années postérieures à 1971, marquées \*, sont toutes déficitaires à l'exception de 74 et 85 qui correspondent effectivement à une rémission de la phase de sécheresse.

Les dix années les plus faibles de l'échantillon appartiennent toutes à la période 72-84.

## 2) Analyse des étiages

Dans la Monographie de la VOLTA, MONIOD traitait déjà des difficultés pour estimer correctement les débits d'étiage, soit qu'il soit difficile de trouver de bonnes sections de jaugeages, ou encore que le nombre de jaugeages soit insuffisant pour suivre les débits d'étiage de sections instables, soit qu'il y ait des difficultés à mesurer une hauteur d'eau significative, car suffisamment précise ou non entachée d'erreurs systématiques, telles que celles causées par les barrages à poissons.

La décroissance des débits d'étiage en  $Q = Q_0 e^{-\lambda t}$  est bien connue, mais pour parvenir à un tel résultat, il faut que les débits soient bien mesurés ou calculés avec précision. Ce n'est pas le cas aux stations qui nous intéressent ici, surtout en cette phase de sécheresse. Aussi, MONIOD recommandait-il de s'appuyer sur les seuls jaugeages, supposés exacts, et non sur des débits journaliers obtenus à partir de la transformation en débits de mauvaises lectures d'échelle par un étalonnage également douteux.

L'insuffisante qualité des résultats n'a pas notamment permis de déterminer avec suffisamment de précision les périodes de tarissement et de montrer leur évolution avec la phase de sécheresse. Nous nous contenterons donc d'essayer de caler une distribution statistique sur les étiages minimaux annuels tels que nous avons pu les déterminer, avec tous les risques d'erreurs cités précédemment (tableau 5).

Le fait nouveau de cette phase de sécheresse demeure l'assèchement de la VOLTA NOIRE à DAPOLA et NOUMBIEL, phénomène hydrologique majeur, proprement inimaginable en 1971. Certes, le barrage de la VOLTA NOIRE, destiné à alimenter le SOUROU, avait modifié dès 1976 les conditions de l'écoulement sur le haut bassin de la VOLTA NOIRE, mais restait encore tout le bassin inférieur de superficie équivalente avec notamment la BOUGOURIBA dont le premier assèchement connu date de 1969 seulement.

# ETIAGES VOLTA NOIRE A DAPOLA

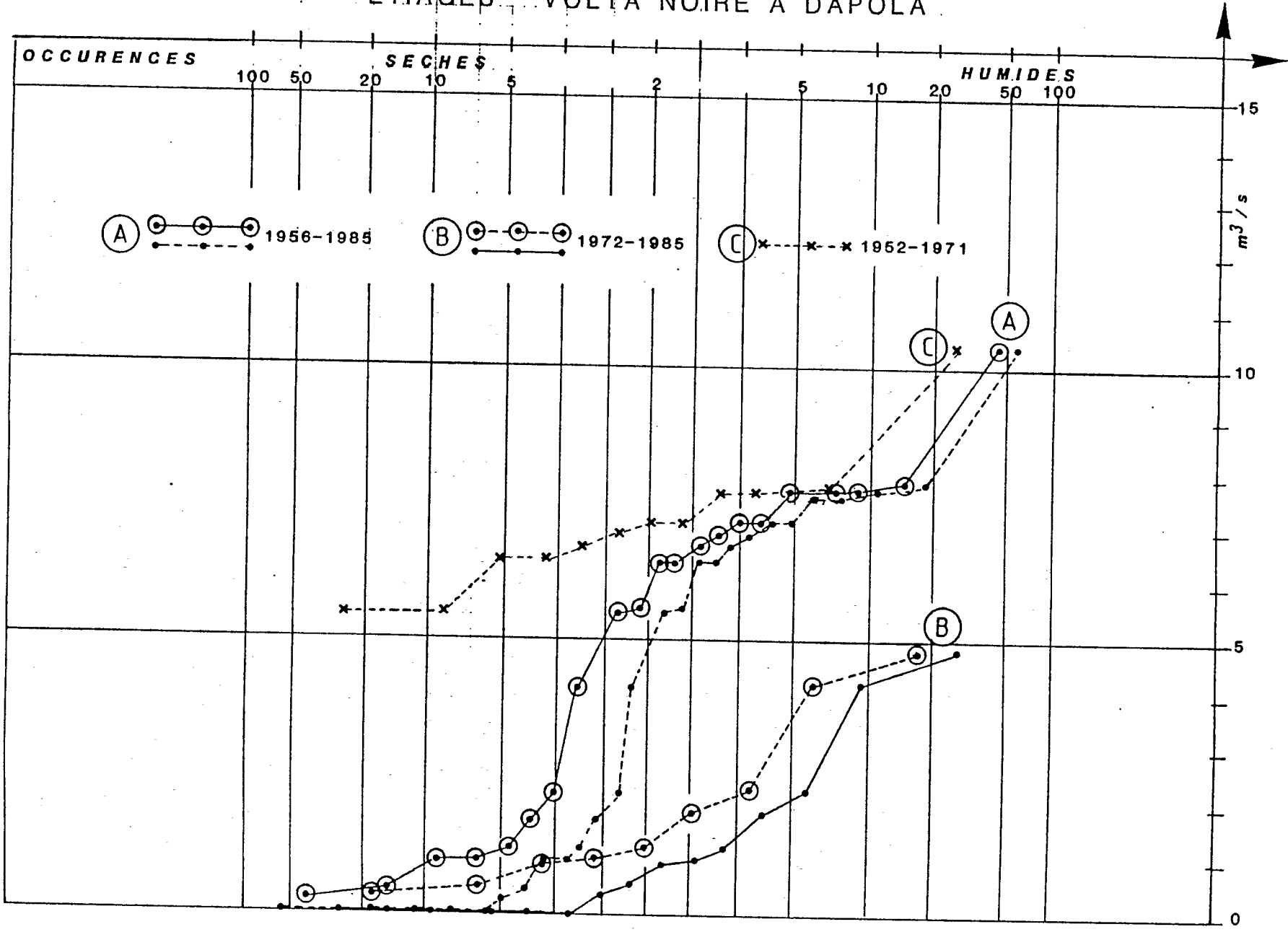


Tableau n° 5

MOUN HOU (VOLTA Noire) à LAWRA, DAPOLA et NOUMBIEL

Etiages minimaux annuels

	LAWRA	DAPOLA	NOUMBIEL
1952	14,2		
1953	10,1		
1954	7,38		
1955	9,55	-	
1956	8,31	7,17	
1957	6,95	-	
1958	7,61	-	
1959	7,96	6,93	
1960	7,28	7,66	
1961	7,96	7,7	
1962	8,31	-	
1963	5,75	5,51	
1964	7,96	7,17	
1965	9,55	5,5	
1966	10,1	10,4	
1967	8,55	6,69	
1968	8,95	7,90	
1969	8,31	6,45	
1970	8,31	6,45	
1971	9,10	7,66	
1972	7,96	4,82	
1973	7,06	4,15	
1974		0,981	
1975		2,20	
1976		1,79	1,94
1977		1,18	-
1978		0,980	-
1979		0	1,77
1980		0,486	2,52
1981		0	1,87
1982		0,293	1,98
1983		0	1,31
1984		0	0
1985		0	0

Fichiers en l'état : débits issus des hauteurs d'eau observées

Les - correspondent à des étiages indéterminés.

Au plan de l'étude statique, ces assèchements introduisent une difficulté systématique. On a le choix entre ignorer ces assèchements et ne faire une statistique que sur les seuls étiages non nuls, ce qui enlèverait, en fait, toute signification physique à cette approche, ou, au contraire, attribuer une valeur infime mais non nulle aux étiages nuls, ce qui introduit aussi un biais statistique puisque les faibles valeurs se trouvent toutes être plusieurs valeurs quasi nulles, auxquelles on attribue la même signification, alors qu'elles peuvent correspondre à un assèchement de quelques jours ou de quelques semaines intervenant à des dates diverses de l'année. Malgré ses imperfections intrinsèques c'est pourtant la seule approche possible, vu la mauvaise qualité des données.

Nous avons testé l'ajustement des mêmes dix lois précédentes aux divers échantillons obtenus et regroupés dans le tableau n° 6.

Dans un premier temps, cet ajustement est fait pour les périodes 1956-1971 à DAPOLA et 1952-1973 à LAWRA, périodes se recouvrant partiellement. Il est intéressant de comparer la qualité de l'ajustement de chaque lois grace aux résultats du même test que précédemment :

Tableau n° 6

	LAWRA 1952-1973		DAPOLA 1956-1971	
Gauss	0,003	9	0,083	9
Gumbel	0,150	2	0,370	4
Galton	0,129	4	0,390	3
Pearson III	0,083	5	0,324	5
Pearson V	0,151	1	0,406	1
Goodrich	0,026	7	0,178	8
Fréchet	0,034	6	0,187	6
Log-gamma	0,142	3	0,396	2
Fuites	0,013	8	0,185	7
Polya	0,000	10	0,000	10

On voit donc que les quatre lois qui marchent le mieux sont les mêmes : Pearson V, Log-gamma, Gumbel et Galton

Nous avons ensuite testé l'ajustement de ces dix lois aux échantillons 1956-1985 et 1972-1985 à DAPOLA, d'abord en ignorant les valeurs nulles, puis en les égalant à 1 l/s pour pouvoir les prendre en compte dans l'échantillon et cela seulement pour les huit lois qui acceptèrent l'échantillon proposé. Le classement des ajustements aux diverses lois, quoique difficile, reste significatif :

Tableau n° 7

	Valeurs nulles exclues				Valeurs nulles = 1 l/s			
	1956-82		1972-85		1956-85		1972-85	
Gauss	7,7	1	4,77	10	12,2	1	12,4	4
Gumbel	10,8	3	2,25	8	13,7	2	8,8	2
Galton	17,1	6	0,98	4	107	7	103	7
Pearson III	13,0	5	0,69	1	-	-	-	-
Pearson V	24,0	9	1,90	6	-	-	-	-
Goodrich	12,3	4	0,75	2	30,8	4	8,9	3
Fréchet	22,3	8	2,49	9	95,0	6	33,5	6
Log-gamma	18,6	7	0,78	3	39,3	5	19,2	5
Fuites	10,6	2	1,95	7	14,3	3	8,1	1
Polya	26,2	10	1,38	5	228	8	260	8

Plus la valeur de ce nouveau test est petite, plus l'ajustement est réputé satisfaisant.

L'interprétation n'est pas évidente. Il faut d'abord éliminer les ajustements de la période 1972-1985, valeurs nulles exclues, qui ne sont guère significatifs puisqu'ils ne reposent que sur neuf valeurs.

L'ajustement, sur la période 1956-1982, valeurs nulles exclues, met curieusement en valeur la loi de Gauss, et plus sérieusement la loi des fuites et celle de Gumbel.

Les ajustements, valeurs nulles égalées à 1 l/s, sont assez homogènes pour les périodes complètes 1956-1985 et tronquées 1972-1985. Si la loi de Gauss arrive encore en tête pour la période complète 1956-1985, on retrouve juste derrière la loi des fuites, la loi de Gumbel, celle de Goodrich puis la Log-gamma.

Nous avons regroupé, dans le tableau n° 8 suivant, les deux meilleurs ajustements sur chacune des périodes et pour les deux stations :

Tableau n° 8

Station	LAWRA		D A P O L A										
			Pas de valeur nulle		Valeurs nulles exclues				Valeurs nulles égalées à 1 l/s				
Période	52-73		56-71		56-82		72-85		72-85		56-85		
Loi	Pear-son V	Gum-bel	Pear-son V	Log-gamma	Gauss	Fuites	Pear-son III	Good rich	Fuites	Gum-bel	Gauss	Gum-bel	Fuites
Nbre années	22		13		22		9		14		27		
moyenne	8,51		7,17		5,00		1,88		1,21		4,08		
20	6,47	6,49	5,57	5,57	<0	0,64	0,30	0,32	0	<0	<0	<0	0
10	6,80	6,81	5,83	5,83	1,26	1,21	0,41	0,41	0	<0	<0	0,10	0,34
5	7,25	7,25	6,18	6,18	2,54	2,11	0,61	0,60	0,19	0,13	1,32	1,11	1,09
2	8,28	8,27	6,99	6,99	5,00	4,44	1,40	1,37	0,91	0,92	4,08	3,49	3,33
5	9,62	9,65	8,04	8,05	7,46	7,57	2,88	2,88	2,04	1,97	6,84	6,70	6,61
10	10,5	10,6	8,72	8,72	8,75	9,52	3,97	4,01	2,79	2,67	8,28	8,82	8,74
20	11,3	11,4	9,35	9,36	9,81	11,3	5,06	5,15	3,49	3,34	9,47	10,8	10,7

L'interprétation de ces résultats est bien délicate, en dehors de la mise en évidence de l'étiage nul dans les échantillons comprenant les valeurs postérieures à 1972.

- En ce qui concerne les moyennes, on peut observer que là encore la différence entre l'étiage moyen à LAWRA et à DAPOLA vient plus probablement de mauvais étalonnages ou observations de basses eaux que de la différence de période d'échantillonnage. La seconde considération sur ces étiages moyens concerne leur effondrement entre l'échantillon antérieur à 1971 (7m<sup>3</sup>/s) et l'échantillon complet (5,0 m<sup>3</sup>/s en excluant les valeurs nulles - 4,08 m<sup>3</sup>/s en les égalant à 1 l/s). Selon les mêmes critères, l'étiage moyen de la période 1972-1985 s'établit à 1,88 ou 1,21 m<sup>3</sup>/s.
- Cet effondrement des étiages est encore évidemment plus significatif si l'on considère les étiages d'occurrence sèche.

Les développements précédents sont bien sûr à prendre avec la plus extrême réserve. Notre but n'était pas une utilisation éhontée des statistiques pour maquiller l'absence ou la mauvaise qualité des données, mais bien au contraire, de montrer sur cet exemple concret les limites d'utilisation des lois statistiques, aussi sophistiquées soient-elles, et les abîmes d'erreurs, ou elles peuvent entraîner leur crédule utilisateur, pour peu que change l'échantillon de référence !

## II - LA VOLTA BLANCHE A NIAOGHO, YAKALA ET BAGRE

La VOLTA BLANCHE draine à NIAOGHO un Bassin Versant de 30200 km<sup>2</sup> et de 31680 km<sup>2</sup> à YAKALA. Il existe une bonne corrélation entre les deux stations qui a donc permis de reconstituer les observations manquantes à une station à partir des résultats de l'autre. La station de BAGRE est d'origine plus récente, le Bassin Versant est de 34700 km<sup>2</sup>, suite à la confluence du TOHERBO, important affluent de R.G.. La VOLTA BLANCHE a été étudiée en 1975-1976 à la suite d'un projet d'aménagement hydroagricole au site de BAGRE [3] [4].

Nous avons rassemblé, dans le tableau n° 9 suivant, les débits moyens annuels de la VOLTA BLANCHE à ces diverses stations, tels que nous avons pu les reconstituer par inter-corrélation.

Tableau n° 9

NAKAMBE (VOLTA BLANCHE) à NIAOGHO, YAKALA et BAGRE

Débits moyens annuels : Modules

	NIAOGHO	YAKALA	BAGRE
1956-1957		51,3	
1957-1958		30,1	
1958-1959		48,2	
1959-1960		47,4	
1960-1961		20,8	
1961-1962		53,2	
1962-1963		49,4	
1963-1964		21,2	
1964-1965	37,0	45,7	
1965-1966	21,2	23,7	
1966-1967	11,3	13,2	
1967-1968	34,2	41,4	
1968-1969	12,2	12,5	
1969-1970	-	33,6	
1970-1971	-	30,5	
1971-1972	-	28,2	
1972-1973	15,8	17,5	
1973-1974	25,7	29,5	
1974-1975	44,4	51,9	67,2
1975-1976	28,5	32,9	38,3
1976-1977	14,2	15,1	17,3
1977-1978	20,6	22,7	24,8
1978-1979	12,0	11,6	(12,4)
1979-1980	-	9,43	(9,88)
1980-1981	25,7	(28,8)	(32,4)
1981-1982	27,8	(31,3)	35,7
1982-1983	13,4	(14,3)	(15,5)
1983-1984	16,5	(18,0)	23,1
1984-1985	6,07	9,27	9,17
1985-1986	-	(35,0)	39,6

Fichiers opérationnels : débits moyens observés, complétés, corrigés



Des tentatives d'ajustements aux 10 lois déjà citées ont été faites pour les trois stations. Ces ajustements sont homogènes d'une station à l'autre et nous ne présentons ici que les ajustements à l'échantillon d'observation de YAKALA pour les trois périodes 1956-1985, 1956-1971 et 1971-1985 afin de mettre en évidence les éventuels effets de la sécheresse sur les modules annuels.

Nous avons rassemblé, dans le tableau n° 10 suivant, les performances des ajustements aux diverses lois pour ces trois périodes, jugées par le même test, et effectué des classements :

Tableau n° 10

VOLTA BLANCHE à YAKALA et NIAOGHO

Période d'ajustement	YAKALA			NIAOGHO	BAGRE
	56-85	56-71	72-85	64-84	74-85
Gauss	0,138 8	0,344 2	0,197 10	0,362 8	0,124 10
Gumbel	0,257 3	0,189 6	0,664 3	0,880 1	0,726 3
Galton	0,196 5	0,112 7	0,654 4	0,725 6	0,643 6
Pearson III	0,142 7	0,215 5	0,786 1	0,880 1	0,887 1
Pearson V	0,062 9	0,049 9	0,626 5	0,332 9	0,715 5
Goodrich	0,226 4	0,357 1	0,273 9	0,866 3	0,725 4
Fréchet	0,017 10	0,017 10	0,353 8	0,063 10	0,490 8
Log-gamma	0,163 6	0,097 8	0,736 2	0,703 7	0,838 2
Fuites	0,309 1	0,278 3	0,550 6	0,836 4	0,574 7
Polya	0,305 2	0,230 4	0,423 7	0,802 5	0,468 9

L'interprétation de ces ajustements n'est pas évidente.

- Certes, l'ajustement de la période 1956-1985 à YAKALA est à peu près homogène avec celui de la période 1964-1984 à NIAOGHO, ainsi que les ajustements 1972-1985 à YAKALA et 1974-1985 à BAGRE.
- Mais l'évolution des ajustements à YAKALA, entre la période 1956-1971 et la période 1972-1985 montre une quasi opposition.

Une explication peut être fournie par "l'applatissage" de la distribution des forts modules induite pour la période 1956-1971, opposé à "l'applatissage" moins accentué mais également présent des faibles modules introduits par la période 1972-1985.

# MODULES ANNUELS VOLTA BLANCHE A YAKALA

(A) 1972-1985

(B) 1958-1985

(C) 1956-1971

OCCURENCES

SECHES

HUMIDES

100 50 20 10 5

2

5

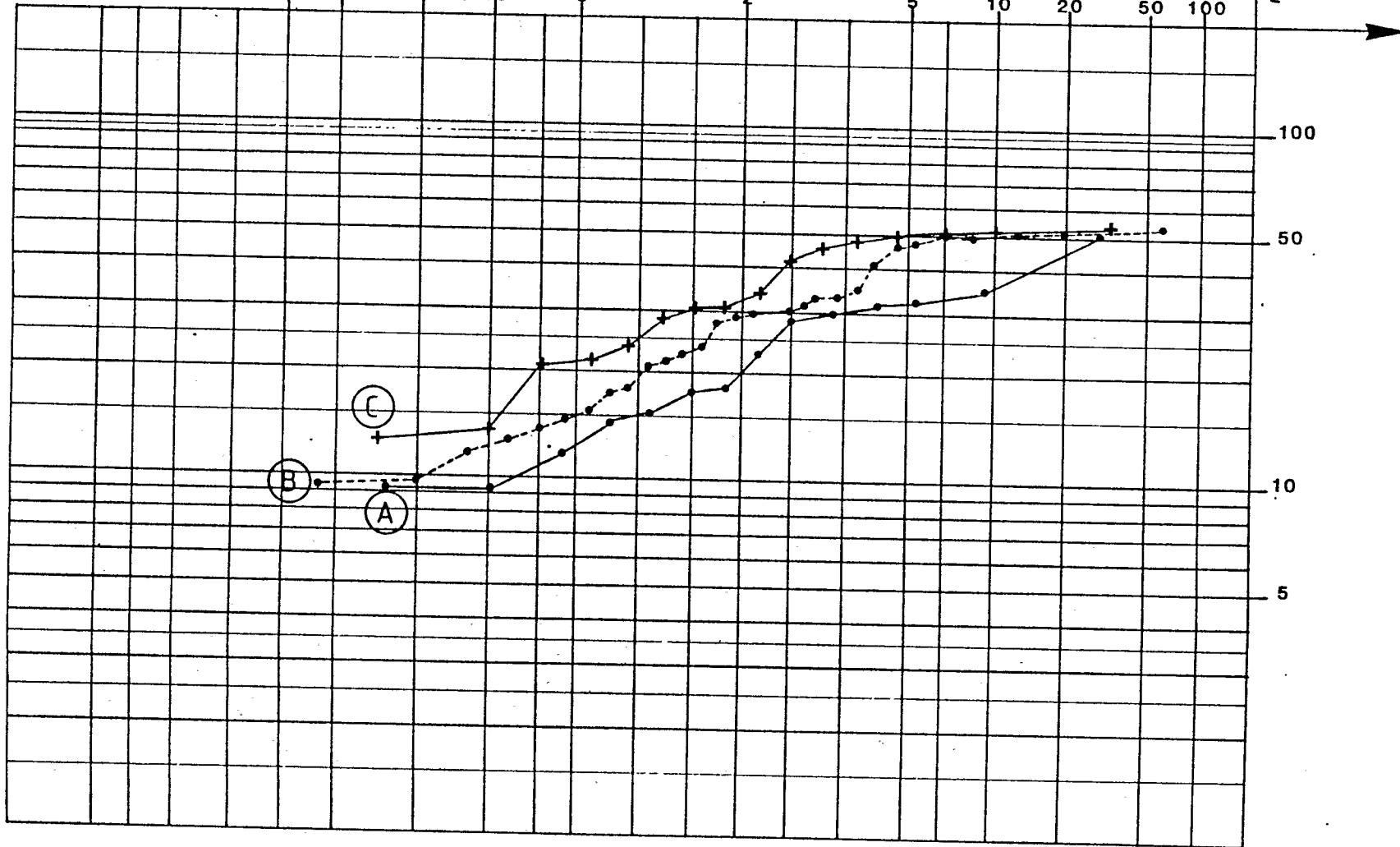
10

20

50

100

$m^3 \cdot s^{-1}$



Nous avons donc rassemblé, pour YAKALA, les valeurs significatives des trois meilleurs ajustements de chaque période dans le tableau n° 11 :

Tableau n° 11

VOLTA BLANCHE à YAKALA

Période		1956-1985			1956-1971			1971-1985			
Nbre d'années		30			16			14			
moyenne		29,3			34,4			23,4			
Lois		Fuites	Gumbel	Good-rich	Good-rich	Gauss	Fuites	Pear III	Log-gamma	Gumbel	
Occurrences sèches	100	4,75	4,91	9,1	7,88	3,21	8,48	7,07	6,56	4,31	
	50	6,48	6,80	9,7	10,0	6,87	10,5	7,70	7,45	5,77	
	20	9,56	9,89	11,1	13,8	12,3	14,0	9,02	9,05	8,16	
	10	12,8	12,9	13,0	17,8	17,2	17,5	10,6	10,8	10,5	
	5	17,2	17,1	16,3	23,0	23,1	22,3	13,2	13,3	13,7	
	2	27,6	26,9	26,1	34,1	34,4	33,0	20,7	20,4	21,3	
	Occurrences humides	5	40,3	40,0	40,3	45,7	45,7	45,7	32,0	31,6	31,4
		10	47,9	48,7	49,3	51,7	51,6	53,1	39,6	39,9	38,2
		20	54,7	57,0	57,6	56,6	56,5	59,7	46,8	48,5	44,6
		50	62,8	67,8	67,6	62,1	61,9	67,5	56,0	60,6	53,0
100		68,5	75,9	74,7	65,7	65,6	73,0	62,8	70,4	59,2	

Au vu de ces ajustements, on peut faire plusieurs remarques :

- \* L'influence de la sécheresse est beaucoup moins apparente pour le bassin de la VOLTA BLANCHE que ce que nous observions précédemment sur la VOLTA NOIRE.
- \* Les distributions particulières des forts modules et des faibles modules, opposées pour les périodes antérieures et postérieures à 1971-1972 font qu'il est difficile de choisir une loi qui soit à la fois satisfaisante pour les années sèches et pour les années humides.
- \* Le module de la période 1956-1971 était de 34,4 m<sup>3</sup>/s ; il ne se trouve donc pas réduit de façon très significative par l'introduction de la période de sécheresse, puisqu'il ne chute qu'à 29,3 m<sup>3</sup>/s pour la période complète 1956-1985.
- \* Les estimations des modules d'occurrences décennales, sèche et humide, ne se trouvent pas non plus bouleversées selon les diverses périodes prises en compte pour l'échantillonnage, puisque l'on passe pour les années sèches de 17 m<sup>3</sup>/s sur la période 1956-1971 à 11 m<sup>3</sup>/s sur 1971-1985 avec une valeur de 13 m<sup>3</sup>/s sur l'ensemble de la période. L'écart pour les années humides (52 m<sup>3</sup>/s pour 1956-1971, 40 m<sup>3</sup>/s pour 1971-1985 et 48 m<sup>3</sup>/s pour 1956-1985) est du même ordre de grandeur.



## CONCLUSION

Les comportements de la VOLTA NOIRE et de la VOLTA BLANCHE ne sont donc pas du tout comparables. Sur les 90000 km<sup>2</sup> de la VOLTA NOIRE apparait très clairement l'influence de la sècheresse des quinze dernières années qui a vu s'effondrer les modules annuels. Par contre, les 30000 km<sup>2</sup> de la VOLTA BLANCHE ne révèlent pas aussi clairement l'influence de cette même période de sècheresse.

Il semble bien que se rencontre autour de cette surface de 30000 km<sup>2</sup> une rupture spatiale, à partir de laquelle l'influence de la sècheresse, allant vers une chute des débits annuels, est contrecarrée par l'augmentation concomitante des coefficients de ruissellement produite par le développement de zones sans végétation et des pellicules de battance à fort ruissellement, phénomènes que l'on retrouve exacerbés à l'échelle des petits bassins versants.

Avec ces deux exemples, on vérifie donc la catastrophe économique qu'aurait pu être la construction du barrage de NOUMBIEL avec les seules observations de la période antérieure à 1971-1972, alors que les mêmes méthodes, utilisées pour le barrage de BAGRE sur la VOLTA BLANCHE, se seraient révélées, au contraire, beaucoup moins pénalisantes.

## Références :

- 1 : POUYAUD B. et al. Hydrométrie de la VOLTA NOIRE au site de NOUMBIEL. ORSTOM OUAGADOUGOU.1976 et 1977
- 2 : MONIOD F., POUYAUD B., SECHET P. Le Bassin du Fleuve VOLTA. Monographies hydrologiques ORSTOM n° 5. 1977.
- 3 : POUYAUD B. et al. Hydrométrie de la VOLTA BLANCHE à BAGRE, YAKALA et NIAOCHO. ORSTOM OUAGADOUGOU.1977
- 4 : LE BARBE L. et al. Hydrométrie de la VOLTA BLANCHE à BAGRE, YAKALA et NIAOCHO. ORSTOM OUAGADOUGOU.1978