

Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer



République de HAUTE-VOLTA



Ministère des Travaux Publics
de la Construction, et des Transports



Direction des Travaux Publics



Service de l'Hydraulique

**ÉTUDE DU RÉGIME HYDROLOGIQUE
DE LA VOLTA NOIRE
en amont du confluent du SOUROU**



par

Jean-Claude KLEIN
Ingénieur Hydrologue à l'O.R.S.T.O.M.

Jacques HERBAUD
Maître de Recherches à l'O.R.S.T.O.M.

Mai 1984

8725

OFFICE de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE
et TECHNIQUE OUTRE-MER

REPUBLIQUE de HAUTE-VOLTA

MINISTERE des TRAVAUX PUBLICS
de la CONSTRUCTION et des TRANSPORTS
Direction des Travaux Publics
Service de l'Hydraulique

ETUDE du REGIME HYDROLOGIQUE
de la VOLTA NOIRE
en AMONT du CONFLUENT du SOUROU

par

Jean-Claude KLEIN
Ingénieur Hydrologue
à ORSTOM

et

Jacques HERBAUD
Maître de Recherches
à ORSTOM

D8
KLE

Mai 1964

8785

S O M M A I R E

	Page
<u>INTRODUCTION -</u>	1
1 - <u>INVENTAIRE des STATIONS ETUDIÉES et des OBSERVATIONS EFFECTUÉES</u>	2
1.1 - Stations limnimétriques et hydrométriques	2
1.2 - Observations limnimétriques	2
1.3 - Stations et observations pluviométriques	3
2 - <u>ETALONNAGE des STATIONS HYDROMÉTRIQUES</u>	4
2.1 - DIENKOA à GUENA	4
2.2 - VOLTA NOIRE à BANZO	7
2.3 - VOLTA NOIRE à SAMANDENI	7
2.4 - VOLTA NOIRE à TOROBA	9
2.5 - VOLTA NOIRE à NWOKUI	9
2.6 - VOLTA NOIRE à KOURI	11
2.7 - KOU à MASSO	12
2.8 - KOU à BADARA	13
2.9 - VOUN-HOU à BOURRASSO	14
3 - <u>RÉGIME de la VOLTA NOIRE à l'AMONT de KOURI</u>	14
3.1 - Facteurs conditionnels du régime	14
3.2 - Régime de la VOLTA NOIRE et du KOU	17
3.3 - Utilisation des données pluviométriques des postes situés sur le bassin de la VOLTA NOIRE	32
3.4 - Etude des crues maximales annuelles	32
4 - <u>RECAPITULATIF des DONNÉES HYDROLOGIQUES CONCERNANT le BASSIN de la VOLTA NOIRE au SITE du BARRAGE de DEDOUGOU</u>	36
5 - <u>TRANSMISSION de la CRUE PRINCIPALE ANNUELLE de la VOLTA NOIRE d'AMONT en AVAL jusqu'à KOURI</u>	37

Par Convention notifiée le 17 Février 1962, le Service de l'Hydraulique de la Haute-Volta avait demandé à ORSTOM de mettre à sa disposition un agent technique et un ingénieur hydrologue à temps partiel, en vue notamment de compléter le réseau hydrométrique, de procéder à des jaugeages complémentaires sur le bassin de la Volta Noire et à l'établissement d'un rapport faisant le point des études hydrologiques.

Une Convention complémentaire, notifiée le 15 Juin 1962, précisait que le rapport de l'ORSTOM devait porter notamment sur l'étude des crues de la Volta Noire en corrélation avec les précipitations et sur la propagation de l'onde de crue en amont du confluent du SOUROU.

M. LEULLIEUX, agent technique chargé, sous la direction de M. Jean Claude KLEIN, de l'exploitation du réseau de la Volta Noire en amont du SOUROU, arrivait le 8 Juin 1962 à BOBO-DIOULASSO et il entreprenait immédiatement les travaux et mesures prévus par les deux Conventions.

D'autre part, les données pluviométriques, limnimétriques et les résultats des jaugeages anciens ont été rassemblés pour en dégager les données hydrologiques de base aux diverses stations de la Volta Noire en amont de SOUROU.

La publication de ces données de base fait l'objet de la présente note, dans laquelle on a fait ressortir particulièrement les données pouvant intéresser le projet de barrage de DEDOUGOU, et on a donné enfin quelques indications concernant la propagation de la crue et les possibilités de prévision de cette crue.

1 - INVENTAIRE des STATIONS ETUDIÉES et des OBSERVATIONS EFFECTUÉES -

1.1 - Stations limnimétriques et hydrométriques :

De l'amont à l'aval, on rencontre :

- Sur le DIENKOA, formateur de la VOLTA NOIRE

Station de GUENA

- Sur la VOLTA NOIRE

Stations de BANZO
SAMANDENI
TOROBA
NWOKUI
KOURI

- Sur le KOU, affluent de rive droite

Stations de NASSO
BADARA

- Sur le VOUN-HOU, affluent de rive gauche

Station de BOURRASSO

Les stations de BANZO et NASSO ont été suivies par le Service du Génie Rural, qui y a effectué des mesures de débit à partir de 1959 pour BANZO et de 1961 pour NASSO. A cette station, il existe en réalité trois stations dites "amont", "intermédiaire" et "aval". Les autres stations ont été suivies par le Service de l'Hydraulique et l'ORSTOM, mais ce dernier a contribué en outre depuis 1961 à l'étude des stations de BANZO et de NASSO.

1.2 - Observations limnimétriques :

Les observations effectuées aux diverses stations et que nous avons exploitées se réfèrent aux périodes suivantes :

- DIENKOA à GUENA	: de Février 1962 à Juillet 1963
- VOLTA NOIRE à BANZO	: de Juin 1960 à Juin 1963
- " " à SAMANDENI	: d'Avril 1955 à Décembre 1963
- " " à TOROBA	: de Juillet 1954 à Novembre 1963
- " " à NWOKUI	: de Juin 1954 à Novembre 1963
- " " à KOURI	: de Mai 1954 à Décembre 1963

- KOU à NASSO : de Mai 1961 à Janvier 1964
- " à BADARA : d'Avril 1955 à Décembre 1963
- VOUN-HOU à BOURRASSO : du 15 Septembre au 23 Octobre 1962
(durée de l'écoulement en 1962)

A la plupart des stations, ont été installés des limnigraphes, ce qui est indispensable à la connaissance des crues pour les stations de GUENA et de NASSO, où le temps de montée des plus fortes crues est de l'ordre de 12 heures et où le débit de pointe n'est souvent soutenu que pendant moins d'une heure.

Les observations ont été à peu près continues pendant les périodes ci-dessus indiquées, et les lacunes les plus importantes que nous ayons notées sont :

- Station de TOROBA : de Juillet 1957 à Septembre 1958
- Station de NWOKUI : de Septembre 1957 à Septembre 1958
- " " " : de Janvier 1959 à Mai 1960
- Station de BANZO : de Juin 1961 à Décembre 1961

D'autre part, les relevés de la station de TOROBA de Mai 1960 à Novembre 1962 se sont révélés en général faux et on n'a pu s'appuyer, pour estimer les débits, que sur les jaugeages effectués et sur les relevés correspondant vraisemblablement à un nombre entier de mètres à l'échelle.

D'autres lacunes et des périodes d'observations imprécises sont à déplorer mais les estimations de débits qu'elles ont nécessitées n'ont pas été très difficiles et sont probablement assez exactes, car elles concernent des débits de basses eaux. De même, les observations de niveau effectuées seulement de 10 en 10 jours à TOROBA, NWOKUI et KOURI par le BCEOM, environ jusqu'en 1955, se sont révélées suffisantes pour déterminer avec une précision acceptable les hydrogrammes des années 1954-55 et 1955-56.

1.3 - Stations et observations pluviométriques :

Les seules stations situées dans le bassin de la VOLTA NOIRE à KOURI, et pour lesquelles on possède de longues périodes d'observations sont :

- BOBO-DIOULASSO (observations de 1921 à 1963, sauf en 1937)
- DEDOUGOU (de 1922 à 1963)
- NOUNA (de 1940 à 1963).

Dans la partie amont du même bassin, quelques autres stations peuvent fournir des observations pour une dizaine d'années :

- NASSO (de 1954 à 1963)
- ORODARA (de 1955 à 1963)
- BANANKELEDAGA (de 1954 à 1963)

L'ensemble des données recueillies est résumé dans le tableau N° I donnant les hauteurs annuelles de pluie aux 6 stations déjà citées, aux stations plus éloignées de BANFORA (nettement plus arrosée par suite de la latitude plus méridionale et sans doute de la situation par rapport à la falaise de BANFORA), et de TOUGAN (nettement moins arrosée par suite de la latitude plus septentrionale), ainsi qu'à 6 stations d'installation relativement récente.

2 - ETALONNAGE des STATIONS HYDROMETRIQUES -

2.1 - DIENKOA à GUENA (S = 783 km²) :

Il n'a été effectué que 4 jaugeages et ceux-ci ne permettent de tracer qu'une amorce de courbe d'étalonnage paraissant tourner sa concavité vers les débits décroissants : cette courbe n'est donc pas assez sûre pour effectuer la traduction des hauteurs d'eau en débits :

N°	Date	Cote (m)	Débit (m ³ /s)
1	27-3-62	0,24	1,29
2	30-8-62	1,75	13,0
3	13-9-62	0,97	8,58
4	13-12-62	0,335	2,32

TABLEAU I

PLUVIOMETRIE ANNUELLE aux STATIONS SITUÉES dans les LIMITES
ou à PROXIMITÉ du BASSIN de la VOLTA NOIRE à KOURI

Années	BOBO- DIOULASSO	DEDOUGOU	NOUNA	NASSO	ORODARA	BANANKE- LEDAGA	BANFORA	TOUGAN
:1920	:	:	:	:	:	:	:	:
:1921	: 672	:	:	:	:	:	:	:
:1922	: 1 243	: 1 003	:	:	:	:	: 1 359	:
:1923	: 1 071	: 1 232	:	:	:	:	: 1 348	: 468
:1924	: 988	: 1 118	:	:	:	:	: 1 699	: 872
:1925	: 1 410	: 978	:	:	:	:	: 1 327	: 707
:1926	: 933	: 756	:	:	:	:	: 838	: 693
:1927	: 1 081	: 996	:	:	:	:	: 1 374	: 905
:1928	: 1 311	: 945	:	:	:	:	: (1 030)	:
:1929	: 1 097	: 1 030	:	:	:	:	: (1 425)	: 680
:1930	: 1 351	: 1 002	:	:	:	:	: 1 175	: 740
:1931	: 1 295	: 1 061	:	:	:	:	: 1 354	: 770
:1932	: 1 157	: 905	:	:	:	:	: 1 272	: 623
:1933	: 1 219	: 1 027	:	:	:	:	: 1 576	: (988)
:1934	: 1 086	: 949	:	:	:	:	: 1 323	: 923
:1935	: 1 452	: 903	:	:	:	:	: 1 533	: 1 039
:1936	: 1 070	: 1 074	:	:	:	:	: 1 287	: 1 212
:1937	: (1 100)	: 763	:	:	:	:	: 1 036	: 753
:1938	: 1 113	: 898	:	:	:	:	: 1 218	: 922
:1939	: 1 159	: 1 520	:	:	:	:	: 1 049	: 843
:1940	: 963	: 1 132	: 1 048	:	:	:	: 1 047	: 751
:1941	: 854	: 898	: 734	:	:	:	: 1 105	: 624
:1942	: 807	: 1 122	: 920	:	:	:	: 915	: (765)
:1943	: 1 172	: 854	: 774	:	:	:	: 1 065	: 704
:1944	: 1 116	: 935	: 1 066	:	:	:	: 892	: 623
:1945	: 1 270	: 938	: 872	:	:	:	: 1 272	: 783
:1946	: 1 219	: 977	: 807	:	:	:	: 885	: 648
:1947	: 1 202	: 853	: 738	:	:	:	: 886	: 478
:1948	: 1 119	: 970	: 599	:	:	:	: 1 085	: 825
:1949	: 1 227	: 866	: 654	:	:	:	: 1 168	: 709
:1950	: 846	: 1 125	: 956	:	:	:	: 1 232	: 871
:1951	: 1 486	: 1 094	: 989	:	:	:	: 1 442	: 812
:1952	: 1 553	: 940	: 1 000	:	:	:	: 1 583	: 1 018
:1953	: 1 296	: 715	: 719	:	:	:	: 1 234	: 688
:1954	: 1 439	: 814	: 972	: 1 401	:	: 1 522	: 1 433	: 820

TABLEAU I (suite)

Années	BOBO-- DIOULASSO	DEDOUGOU	NOUNA	NASSO	ORODARA	BANANKE-- LEDAGA	BANFORA	TOUGAN
1955	1 550	983	1 010	1 215	1 097	1 349	1 148	766
1956	971	1 016	798	1 129	1 176	998	979	899
1957	1 471	983	694	1 394	1 350	1 331	1 254	703
1958	1 047	1 039	1 083	1 157	1 314	1 164	1 091	814
1959	802	857	716	877	1 139	961	1 158	581
1960	1 243	1 007	620	975	1 279	1 146	1 133	799
1961	1 104	796	961	1 085	1 335	1 095	954	657
1962	929	1 151	848	1 072	1 406	1 061	1 240	943
1963	1 237	1 077	845	939	1 212	978	1 418	799
Moy. (1) 1940-63	1 163	964	850	1 139	1 241	1 176	1 150	753

Années	OUARKAYE	SOLENSO	SAFANE	KOUROUMA	SENERA-- DOUGOU	BAGASSI
1958					819	
1959					1 185	
1960					966	
1961	929		834	977	705	755
1962	1 009	858	1 000	977	953	1 024
1963		1 262	1 037	1 053	1 379	928
Moy. (2)	(969)	(1 060)	(957)	(1 002)	(1 001)	(902)

(1) Moyenne homogénéisée -

(2) Moyenne arithmétique sur période d'observations -

2.2 - VOLTA NOIRE à BANZO (S = 2 816 km²) :

La série des jaugeages effectués est la suivante :

N°	Date	Cote (m)	Débit (m ³ /s)
1	28- 7-59	1,67	20,6
2	23- 9-59	4,13	60,3
3	26- 9-59	3,77	60,0
4	12-11-59	0,87	7,38
5	4-12-59	0,67	5,69
6	16- 9-60	4,45	69,6
7	13-10-60	1,88	20,8
8	27-10-60	2,20	26,6
9	8-11-60	1,34	13,7
10	23- 4-62	0,29	2,80
11	7- 9-62	3,48	45,7
12	13-12-62	0,495	4,32

La station est souvent encombrée par des arbres charriés au moment des crues, mais l'étalonnage est cependant satisfaisant. Les crues observées n'ayant pratiquement pas dépassé la cote 5 m, on peut utiliser cet étalonnage pour traduire toutes les hauteurs d'eau en débits.

2.3 - VOLTA NOIRE à SAMANDENI (S = 4 575 km²) :

La série des jaugeages effectués est la suivante :

N°	Date	Cote (m)	Débit (m ³ /s)
1	24- 3-55	0,54	6,80
2	26-10-55	4,22	47,4
3	14- 2-56	0,49	7,00
4	11- 3-56	0,37	3,50
5	16- 4-56	0,29	3,20
6	10- 4-56	0,355	5,00
7	17- 7-56	0,775	11,2
8	26- 9-56	5,54	69,0

N°	Date	Cote (m)	Débit (m ³ /s)
9	4- 4-57	0,23	2,57
10	25- 1-60	0,335	4,44
11	4- 6-60	0,20	2,75
12	11- 4-61	0,185	2,38
13	27-10-61	2,44	
14	16-12-61	0,57	6,56
15	29- 3-62	0,17	2,19
16	5- 7-62	0,40	5,66
17	31- 7-62	0,475	6,40
18	24- 9-62	4,94	51,6
19	28- 9-62	4,785	46,9
20	30-10-62	2,085	20,8
21	17-11-62	1,115	12,1
22	27-11-62	0,825	9,79
23	15- 1-63	0,29	4,03

Les 8 derniers jaugeages de cette liste ont été effectués par M. LEULLIEUX, dans le cadre des études demandées à l'ORSTOM.

La courbe d'étalonnage est bien établie pour les basses eaux jusqu'à la cote 1 m. Aux moyennes eaux, malgré le faible nombre de jaugeages, il n'est pas déraisonnable d'admettre qu'il se produit un changement du régime hydraulique, se traduisant par le fait que la concavité de la courbe d'étalonnage se tourne vers les débits décroissants, comme ceci a été observé sur d'autres petites rivières. Ce phénomène est dû aux arbres qui bordent les berges. Pour des cotes encore plus élevées, cette concavité doit être à nouveau tournée vers les débits croissants, et l'on retrouve la forme la plus habituelle des courbes d'étalonnage, mais les jaugeages sont peu nombreux et leurs points représentatifs sont dispersés. De plus, la courbe doit être extrapolée légèrement pour traduire en débits les plus grandes hauteurs d'eau observées. Cependant, comme ces dernières ne dépassent nettement la cote 6 m qu'en 1961 (6,46 m le 6/9/1961), toutes les traductions de hauteurs d'eau en débits ont été effectuées et leur précision peut être considérée comme acceptable.

2.4 - VOLTA NOIRE à TOROBA (S = 13 600 km²) :

La série des jaugeages est la suivante :

N°	Date	Cote (m)	Débit (m ³ /s)
1	3-10-62	5,44	75,8
2	20-10-62	5,41	75,2
3	23-11-62	4,40	60,4
4	7-12-62	1,935	24,0
5	30-12-62	1,29	15,3
6	23- 1-63	1,01	11,7
7	21- 5-63	0,78	8,56

Tous ces jaugeages ont été effectués par M. LEULLIEUX dans le cadre des études demandées à l'ORSTOM.

La courbe d'étalonnage a dû être extrapolée car la crue modérée de 1962 n'a permis de jauger la VOLTA NOIRE qu'à des cotes inférieures à 6 m, alors que la cote maximale atteinte pendant la période d'observations est supérieure à 9 m. Vers la cote 6 m, il est normal que le gradient des débits, en fonction des cotes, augmente assez brusquement en raison de l'augmentation de la section mouillée (plaines d'inondation) et de la mise en vitesse de l'eau dans le lit majeur.

2.5 - VOLTA NOIRE à NWOKUI (S = 15 000 km²) :

La série des jaugeages effectués est la suivante :

N°	Date	Cote (m)	Débit (m ³ /s)
1	10- 1-60	0,98	13,9
2	27- 5-60	0,405	7,86
3	4- 6-60	0,645	12,8
4	10- 8-60	2,36	40,9
5	14-10-60	4,73	91,8
6	4-11-60	5,09	101

N°	Date	Cote (m)	Débit (m ³ /s)
7	16- 4-61	0,47	8,26
8	11- 9-61	6,37	114
9	15-12-61	2,215 ?	22,7
10	5- 4-62	0,465	7,15
11	19- 8-62	1,43	23,1
12	23- 8-62	1,665	27,6
13	19-10-62	4,64	78,3
14	8-11-62	4,49	75,1
15	22-11-62	4,02	65,3
16	8-12-62	1,935	24,3
17	22- 1-63	0,76	11,5
18	21- 2-63	0,57	8,50
19	6- 4-63	0,43	
20	22- 5-63	0,49	8,36
21	10-10-63	5,92	108
22	17- 1-64	1,13	14,5

Les 11 derniers jaugeages de cette liste ont été effectués par M. LEULLIEUX dans le cadre des études demandées à l'ORSTOM.

Il n'apparaît pas nettement au premier abord que l'on doit déterminer deux étalonnages différents pour la crue et pour la décrue, car l'étude critique des pentes moyennes du plan d'eau entre NWOKUI et KOURI conduit à mettre en doute les résultats du jaugeage N° 9 dont la cote réelle doit être probablement inférieure à 2,215m. Mais la similitude de situation et de régime des stations de NWOKUI et KOURI confirme que, pour la première comme pour la seconde, la crue étant plus rapide que la décrue pour les cotes inférieures à 2 m environ, le gradient des débits en fonction des hauteurs d'eau est plus fort pendant la crue. Par contre, la décrue étant plus rapide que la crue entre les cotes 2 m et 4 m environ, le gradient des débits est plus fort pendant la décrue. Ces deux phénomènes conduisent à choisir une courbe d'étalonnage de décrue suivant laquelle, pour une même cote, les débits sont plus forts en crue qu'en décrue pour les cotes inférieures à 4 m.

Pour les cotes supérieures à 4 m, il semble qu'on puisse admettre en première approximation une relation univoque entre cotes et débits.

2.6 - VOLTA NOIRE à KOURI (S = 20 800 km²) :

La série des jaugeages effectués est la suivante :

N°	Date	Cote (m)	Débit (m ³ /s)
1	30- 8-57	2,48	60,6
2	10-10-57	4,255	108
3	5-11-58	5,34	145
4	20- 1-59	2,227	22,0
5	14- 4-59	0,168	10,6
6	11- 1-61	0,86	14,1
6bis	12- 9-61	4,085	120
7	3- 4-62	0,135	6,85
8	1- 7-62	0,30	12,1
9	11- 9-62	3,47	59,5
10	6-10-62	3,87	74,8
11	6-11-62	3,773	78,2
12	20-11-62	3,60	67,3
13	10-12-62	2,185	23,0
14	28-12-62	1,285	17,0
15	25- 1-63	0,58	11,9
16	20- 2-63	0,25	9,41
17	5- 4-63	0,05	7,50

Les 10 derniers jaugeages de cette liste ont été effectués par M. LEULLIEUX dans le cadre des études demandées à l'ORSTOM.

Le phénomène déjà évoqué à propos de la station de NWOKUI est ici encore plus net. Déjà le BCEOM, à l'occasion de l'étude qu'il a effectuée pour l'aménagement de la vallée du SOUROU, avait adopté une courbe d'étalonnage de crue et une autre de décrue. Nous n'avons pas mentionné les jaugeages qui datent de cette époque, mais on peut dire que leurs résultats sont corroborés par ceux des jaugeages récents. Ces derniers ont surtout permis de préciser la courbe d'étalonnage de décrue. Pour la courbe d'étalonnage

de crue, nous avons introduit une variante relative aux crues de plus faible amplitude. Celles-ci sont également les moins rapides et, pendant leur montée, la relation entre hauteurs d'eau et débits doit faire apparaître un gradient plus faible pour les débits en fonction des hauteurs. On a donc admis, pour la variante relative aux faibles crues, des débits plus faibles au voisinage du maximum de la crue, afin de raccorder la courbe d'étalonnage de crue à celle de décrue.

En principe, il faudrait chaque année adopter une courbe d'étalonnage de crue différente, mais le nombre de jaugeages effectués est très insuffisant pour justifier l'emploi d'une telle méthode, et on s'est contenté d'utiliser, suivant les années, soit l'étalonnage de "forte crue", soit celui de "faible crue".

2.7 - KOU à NASSO (S = 405 km²) :

La série des jaugeages effectués à la station, avec hauteurs correspondantes à l'échelle amont, est la suivante :

N°	Date	Cote (m)	Débit (m ³ /s)
1	3- 5-61	1,11	3,25
2	17- 7-61	1,14	3,20
3	21- 7-61	1,21	4,40
4	24- 7-61	1,29	6,38
5	28- 7-61	1,18	4,18
6	9- 8-61	1,32	6,73
7	11- 8-61	1,52	13,5
8	27-10-61	1,165	
9	16-12-61	1,13	3,19
10	29- 3-62	1,12	2,84
11	28- 8-62	1,36	7,13
12	29- 8-62	1,31	5,23
13	1- 9-62	1,45	8,98
14	1- 9-62	1,51	12,0
15	1- 9-62	1,62	15,4
16	1- 9-62	1,88	32,6
17	1- 9-62	1,91	34,2
18	29-12-62	1,11	3,55
19	9- 4-62	1,11	3,02

2.8 - KOU à BADARA (S = 964 km²) :

La série des jaugeages effectués est la suivante :

N°	Date	Cote (m)	Débit (m ³ /s)
1	25- 3-55	1,085	3,92
2	26-10-55	1,58	4,80
3	14- 3-56	0,92	3,26
4	14- 2-56	0,96	3,90
5	10- 4-56	0,91	4,30
6	17- 7-56	1,48	7,40
7	4- 4-57	0,78	3,90
8	28- 3-58	0,73	4,09
9	1- 4-58	0,71	4,07
10	1- 9-59	1,58	9,96
11	14- 8-59	1,63	11,3
12	17- 9-59	2,27	50,6
13	19- 9-59	2,80	(150,0)
14	8- 9-59	1,45	7,42
15	13-10-59	1,00	4,10
16	20-11-59	0,70	3,41
17	25- 1-60	0,62	3,27
18	4- 6-60	0,75	3,94
19	18- 8-60	1,70	11,9
20	3-10-60	1,42	5,62
21	10-10-60	1,29	5,30
22	15- 7-60	1,16	5,62
23	24- 7-61	1,76	16,0
24	27- 8-61	1,89	20,6
25	30- 8-61	1,95	23,4
26	11- 4-61	0,71	3,36
27	16-12-61	0,68	3,11
28	29- 3-62	0,595	3,26

2.9 - VOUN-HOU à BOURRASSO (S = 4 225 km²) :

Au cours de la période d'écoulement de Septembre et Octobre 1962, M. LEULLIEUX a effectué 3 jaugeages :

N°	Date	Cote (m)	Débit (m ³ /s)
1	15-9-62	0,865	0,85
2	4-10-62	1,26	3,22
3	19-10-62	0,78	0,60

3 - REGIME de la VOLTA NOIRE à l'AMONT de KOURI -

3.1 - Facteurs conditionnels du régime :

3.1.1 - Forme et altitude des bassins :

On est en présence de bassins de forme allongée, surtout à l'aval de SAMANDENI.

Les superficies et coefficients de compacité de Gravelius

$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$ sont donnés pour chacune des stations dans le tableau suivant :

Bassin	A (km ²)	K _c
DIENKOA à GUENA	783	1,37
VOLTA NOIRE à BANZO	2 816	1,45
" à SAMANDENI	4 575	1,56
" à TOROBA	13 600	1,73
" à NWOKUI	15 000	1,80
" à KOURI	20 800	1,63
KOU à NASSO	405	1,27
" à BADARA	964	1,38
VOUN-HOU à BOURRASSO	4 225	1,34

Le point culminant du bassin de la VOLTA à KOURI est 733 m au Nord-Est d'ORODARA, mais la ligne de partage des eaux est à une altitude comprise entre 500 et 700 m dans tout le haut bassin, au Sud du parallèle de BOBO-DIOULASSO, sauf à l'extrême Sud où elle culmine à 717 m. Au Nord du parallèle de BOBO-DIOULASSO, la ligne de partage des eaux est presque toujours à une altitude comprise entre 300 et 500 m.

Les plus fortes pentes sont localisées dans les zones d'altitude supérieure à 400 m, c'est-à-dire grosso modo au Sud du parallèle de BOBO-DIOULASSO, ainsi que sur les hauteurs séparant les affluents de rive gauche de la VOLTA NOIRE à l'amont et à l'aval de SAMANDENI, et sur les hauteurs séparant les bassins de la VOLTA NOIRE et du VOUN-HOU. Mais le haut bassin du VOUN-HOU, bien que d'altitude supérieure à 400 m, retrouve la structure d'un plateau faiblement incliné.

Les vallées de la VOLTA NOIRE à l'aval de BANZO et du KOU à l'aval de NASSO ont un fond très plat et la zone inondable prend une extension maximale entre SAMANDENI et TOROBA.

Les profils en long de la VOLTA NOIRE et du KOU permettent de différencier :

- un haut bassin où les eaux descendent des "crêtes" jusqu'à la cote 330 m environ (un peu à l'amont de la station de BANZO, et un peu à l'aval de celle de NASSO),

- une partie intermédiaire du cours de ces rivières jusqu'à leur confluence, ce parcours correspondant à une différence de niveau encore assez forte de l'ordre de 50 m,

- une partie aval, jusqu'à KOURI, où les pentes sont très faibles, puisque ce parcours correspond à une différence de niveau de l'ordre de 30 m, pour 250 km environ.

Cette caractéristique du bassin et du réseau hydrographique joue un rôle fondamental dans le régime de la VOLTA NOIRE, en donnant lieu à un amortissement très marqué des crues.

3.1.2 - Nature géologique des terrains traversés :

La presque totalité du bassin à l'amont de KOURI est située sur les grès ordoviciens. La limite orientale du bassin suit à peu près celle de cette formation qui est venu recouvrir les schistes et les granites du précambrien. Ces grès peuvent donner lieu à des phénomènes de rétention notable et leur influence dans le haut bassin est particulièrement nette en ce qui concerne le KOU, dont l'étiage est toujours très soutenu.

3.1.3 - Pluviométrie :

Les isohyètes interannuelles issues des 40 dernières années d'observations montrent que la pluviométrie diminue avec un gradient à peu près constant de l'extrémité Sud-Ouest du bassin où elle atteint 1 300 mm, à la limite Nord du bassin où elle n'est plus que 870 mm. Les isohyètes sont pratiquement perpendiculaires à l'axe de la vallée. On notera qu'avec des pentes aussi faibles une telle variation présente une très grande importance pour le ruissellement. Vers 800 mm, en effet, le coefficient de ruissellement annuel devient très faible : 2 à 6 %. Les parties les plus septentrionales du bassin ne fourniront que des apports négligeables en année moyenne.

La pluviométrie moyenne interannuelle sur chacun des bassins partiels que nous étudions ne peut être qu'estimée à partir du réseau d'isohyètes, car celui-ci ignore les particularités locales de la pluviométrie, que des périodes de relevés trop courtes en trop peu de postes ne peuvent mettre en évidence. Nous retiendrons donc provisoirement les données suivantes :

Bassin	Pluviométrie moyenne interannuelle (mm)
DIENKOA à GUENA	1 235
VOLTA NOIRE à BANZO	1 240
" à SAMANDIENI	1 175
" à TOROBA	1 120
" à NWOKUI	1 100
" à KOURI	1 070
KOU à NASSO	1 185
" à BADARA	1 185
VOUN-HOU à BOURRASSO	925

3.2 - Régime de la VOLTA NOIRE et du KOU :

3.2.1 - Stations commandant des bassins de plus de 1 000 km² :

Ne disposant pas de station sur le KOU à son confluent avec la VOLTA NOIRE, où il dépasse 1 000 km², on a donné ici les résultats des observations de BADARA, où le bassin est de 964 km². On a éliminé de ce paragraphe la station du VOUN-HOU qui est trop mal connue.

Les données recueillies sont résumées par le tableau II donnant pour chaque station et chaque année le module en m³/s et le volume écoulé en millions de mètres cubes.

Les chiffres entre parenthèses sont des estimations faites par comparaison avec les données disponibles aux autres stations.

C'est seulement dans le groupe des trois stations de TOROBA, NWOKUI et KOURI que l'on a effectué des opérations de ce genre, les différences entre les volumes annuels écoulés d'une station à l'autre étant très inférieures aux variations interannuelles de ces volumes.

Les chiffres entre crochets sont des estimations à partir des observations de la station elle-même :

- les volumes écoulés pendant la décrue de 1963-64, pour laquelle on ne possède pas encore les relevés sous une forme exploitable, ont été déterminés par analogie avec les années précédentes à la station de KOURI,

- les lacunes dans les observations du KOU à BADARA ont été comblées grâce à une corrélation entre les déficits d'écoulement et les pluviométries moyennes annuelles sur le bassin, ces dernières ayant été estimées par application de la méthode de THYSSEN aux postes de BOBO-DIOULASSO, NASSO et BANANKELEDAGA.

Les modules interannuels ont été homogénéisés pour la période de 10 ans (1954-1963), y compris celui de BANZO.

TABLEAU II

DEBITS MOYENS ANNUELS en m³/s et VOLUMES ECOULES en MILLIONS de m³
aux DIVERSES STATIONS du BASSIN de la VOLTA NOIRE en AMONT du SOUROU

Stations	:KOU à BADARA: :S = 964 km ²		BANZO :S = 2 816 km ²		SAMANDENI :S = 4 575 km ²		TOROBA :S = 13 600 km ²		NWOKUI :S = 15 000 km ²		KOURI :S = 20 800 km ²	
Années	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V
1954=55	[9,5]	[300]					52,8	1660	52,8	1660	52,0	1640
1955=56	9,5	300					47,8	1510	50,2	1580	48,0	1510
1956=57	5,7	180			17,8	560	37,5	1180	40,0	1260	38,5	1210
1957=58	8,2	258			20,3	640	(40)	(1260)	(40)	(1260)	39,2	1240
1958=59	[7,1]	[224]			21,4	670	(48)	(1510)	47,2	1500	48,5	1540
1959=60	5,2	164			16,5	520	25,0	790	(23)	(720)	22,2	700
1960=61	6,0	189	12,6	400	18,3	580	30,5	960	30,3	950	24,8	780
1961=62	6,0	189	12,6	400	19,3	610	52,5	1650	(52)	(1640)	52,1	1640
1962=63	[6,2]	[195]	10,9	340	13,5	430	24,9	790	27,6	870	27,3	860
1963=64	[5,6]	[176]			[18,1]	[570]	(38)	(1200)	(38)	(1200)	[37]	[1170]
Module interannuel (m ³ /s)	6,9		((14))		((19,6))		39,7		40,1		38,9	
Module spécifique interannuel (l/s.km ²)	7,2		((5))		((4,3))		2,9		2,7		1,9	

Les modules entre doubles parenthèses ont été obtenus par application d'un coefficient d'hydraulicité :

- pour la station de SAMANDENI, on a comparé l'hydraulicité à celle de la station de KOURI de préférence à celle de BADARA. Il est probable en effet que les écoulements de 1954=55 et de 1955=56 ont été relativement plus forts dans le bassin du KOU que dans le reste du bassin de la VOLTA NOIRE,

- pour la station de BANZO, si on compare l'hydraulicité de 1960=63 à celle de SAMANDENI, on est conduit à un module de $14,1 \text{ m}^3/\text{s}$ pour la période de 10 ans. La comparaison avec l'hydraulicité de 1960=63 à la station du KOU à BADARA conduit à un module de $13,7 \text{ m}^3/\text{s}$. On peut donc penser que $14 \text{ m}^3/\text{s}$ est une bonne estimation.

Les connaissances générales dont on dispose sur l'hydraulicité de la période 1955=64 dans cette partie de l'Afrique conduisent à penser que les modules de cette période sont élevés. Mais nous verrons plus loin que l'excédent par rapport à la moyenne sur une très longue période est faible.

Les données du tableau II montrent que le module spécifique interannuel décroît très régulièrement quand la superficie du bassin augmente, ce qui est normal. Cependant ici, la décroissance semble même affecter les volumes écoulés, au moins à l'aval de NWOKUI. Les pertes par évaporation et infiltration dans les zones inondées sont responsables de cette décroissance. Elles seraient de l'ordre de 50 millions de mètres cubes entre TOROBA et KOURI. Le bilan positif des apports entre TOROBA et NWOKUI qui semble se dégager du tableau II ne doit pas être pris en considération, vu le caractère provisoire et non univoque des courbes d'étalonnage.

Cette décroissance conduit à un débit spécifique de $1,9 \text{ l/s.km}^2$ à KOURI, valeur faible assez voisine de celles que l'on rencontre en régime sahélien. Nous verrons plus loin que la décroissance des débits de crue est encore plus forte.

Le tableau II est complété par les tableaux III qui donnent les débits moyens mensuels pour les mêmes stations et la même période. On voit que l'année hydrologique a été prise du 1er Mai au 30 Avril.

Ces tableaux donnent un bon aperçu du régime (pointes de crues non comprises).

TABLEAU III

DEBITS MOYENS MENSUELS aux DIVERSES STATIONS du BASSIN
de la VOLTA NOIRE à l'AMONT du SOUROU (en m³/s)

Année 1954-1955

Stations	:KOU à BADARA:	BANZO	:SAMANDENI	: TOROBA	: NWOKUI	: KOURI
Mois						
Mai				8,9	8,7	8,7
Juin				9,6	10,6	10,6
Juillet				13,2	19,3	13,5
Août				36	47,1	28,4
Septembre				105	114	88
Octobre				155	153	137
Novembre				143	143	152
Décembre				89	71,5	105
Janvier				28	25,2	36,1
Février				18,6	14,3	15
Mars				14,7	12,7	13,7
Avril	4,46			11,7	12,0	12,5

TABLEAU III (suite)

Année 1955-1956

Stations	KOU à BADARA	BANZO	SAMANDENT	TOROBA	NWOKUI	KOURI
<u>Mois</u>						
Mai	4,30		3,7	10,7	12,9	11,6
Juin	4,74		6,0	12,4	15,3	12,2
Juillet	7,01			17,1	20	16,0
Août	23,2			51	48,4	36,0
Septembre	33,9			83	82	70,7
Octobre	14,62			141	130	124,3
Novembre	5,77		23,6	126	141	144
Décembre	4,46		13,1	66,7	83	90
Janvier	4,14		8,4	23,6	27,1	32
Février	4,00		6,3	16,8	16,9	17,1
Mars	3,89		4,8	12,2	13,5	12,0
Avril	3,85		4,1	11,0	11,0	9,9

TABLERAU III (suite)

Année 1956-1957

Stations	KOU à BADARA	BANZO	SAMANDENI	TOROBA	NWOKUI	KOURI
Mois						
Mai	3,84		3,8	10	11,0	9,8
Juin	4,04		4,9	10,9	12,0	10,9
Juillet	4,94		10,5	15	16,7	13,8
Août	11,36		42,8	43	42,6	33,6
Septembre	15,20		68,7	79,3	81	79,2
Octobre	6,20		41,1	107	109	112
Novembre	4,08		16,6	98	107	106
Décembre	3,75		8,6	47	51,6	45,7
Janvier	3,66		5,8	17	18,1	18,1
Février	3,64		4,6	12	12,1	12,3
Mars	3,63		3,6	10	10,3	10,0
Avril	3,62		3,4	10	9	9,2

TABLEAU III (suite)

Année 1957-1958

Stations	KOU à BADARA	BANZO	SAMANDENI	TOROBA	NWOKUI	KOURI
Mois						
Mai	3,72		5,0		10,6	9,7
Juin	4,49		7,5		13,9	11,7
Juillet	6,19		10,7		21,2	17,1
Août	27,53		38,0		41,5	31
Septembre	21,77		69,8			56
Octobre	11,48		57,2			101
Novembre	4,69		25,3			113
Décembre	3,86		12,3			73,8
Janvier	3,63		7,1			22,1
Février	3,56		5,0			13,8
Mars	3,54		3,9			10,6
Avril	3,51		3,2			9,5

TABIEAU III (suite)

Année 1958-1959

Stations	KOU à BADARA	BANZO	SAMANDENI	TOROBA	NWOKUI	KOURI
Mois						
Mai	3,52		3,2		6,6	9,1
Juin	3,58		5,5		9,3	11,3
Juillet	7,37		12,9		16,8	15,8
Août			50,2		54,2	37,4
Septembre			73,7		97	89
Octobre			56,3	136	126	130
Novembre	3,94		23,7	132	133	141
Décembre	3,58		13,3	94	73	88
Janvier			7,4		19,4	27,6
Février			4,9		15,0	15,7
Mars			3,5		10,3	11,2
Avril	3,46		2,4		9,3	9,3

TABIEAU III (suite)

Année 1959-1960

Stations	KOU à BADARA:	BANZO	SAMANDENI	TOROBA	NWOKUI	KOURI
Mois						
Mai	3,51		3,9	10,0		9,0
Juin	3,51		4,2	11,5		11,1
Juillet	3,53		5,6	10,5		10,7
Août	7,45		40,3	24		22,6
Septembre	19,34		66,7	48		40,6
Octobre	4,24		40,6	71		59,4
Novembre	3,53		16,0	63		55,0
Décembre	3,48		7,9	20		17,1
Janvier	3,47		4,9	13		11,6
Février	3,46		3,6	10,8		9,8
Mars	3,45		2,5	9,0		8,9
Avril	3,48		2,9	8,5		9,3

TABLEAU III (suite)

Année 1960-1961

Stations	KOU à BADARA	BANZO	SAMANDENT	TOROBA	NWOKUI	KOURI
Mois						
Mai	3,50		2,3	9,6	9,0	9,4
Juin	3,93	3,7	5,9	11,3	10,0	10,1
Juillet	9,52	14,8	14,2	18,0	18,0	16,2
Août	10,26	45,7	44,3	38,6	40,0	31,7
Septembre	18,43	54,9	68,4	55	53,5	43,6
Octobre	5,14	19,7	42,5	86	81,3	71,1
Novembre	3,81	10,6	21,4	77	79,5	75,6
Décembre	3,53	5,7	8,9	29	32,6	29,1
Janvier	3,48	3,5	5,1	12,3	11,6	12,5
Février	3,47	2,8	3,8	10,0	10,0	10,3
Mars	3,46	2,5	2,8	9,2	8,7	9,2
Avril	3,46	2,2	2,1	8,5	8,7	8,8

TABLEAU III (suite)

Année 1961-1962

Stations	KOU à BADARA:	BANZO	SAMANDENI	TOROBA	NWOKUI	KOURI
Mois						
Mai	3,47		2,6	8,5	8,4	8,5
Juin	3,52		4,3	10	10,7	9,4
Juillet	5,73		18,8	22	23,2	15,4
Août	14,29		61,6	61	58,0	49,2
Septembre	18,76		72,1	153	140	131
Octobre	4,94		37,4	190		180
Novembre	3,56		14,4	110		136
Décembre	3,50		7,7	31		44
Janvier			5,1	13		19
Février			3,8	10		13
Mars			2,6	9		10
Avril			2,3	9		9

TABLEAU III (suite)

Année 1962-1963

Stations	KOU à BADARA	BANZO	SAMANDENI	TOROBA	NWOKUI	KOURI
Mois						
Mai		2,1	3,0	9,1	9,0	9,1
Juin		2,9	3,5	9,3	9,3	9,3
Juillet		5,3	5,5	11	10,3	11,0
Août		37,1	23,1	25	25,2	19,9
Septembre		43,9	58,7	68	63,6	67,7
Octobre		18,9	38,1	75	78,6	79,2
Novembre		7,3	14,2	64	69,7	67,9
Décembre		4,1	6,1	20,8	26,3	22,1
Janvier	3,46	3,1	3,7	12,6	11,0	12,5
Février	3,47	2,5	2,9	10,3	10,0	10,1
Mars	3,47	2,1	2,3	8,5	9,0	9,0
Avril	3,47	1,9	2,2	8,7	8,7	9,3

TABLEAU III (suite)

Année 1963-1964

Stations	KOU à BADARA	BANZO	SAMANDENI	TOROBA	NWOKUI	KOURI
Mois						
Mai	3,48	2,6	2,4	9,2	9,1	10,9
Juin	3,49	5,5	2,3	8,2	8,2	8,9
Juillet	4,30		9,1	13,3	13,1	12,2
Août			45,0	42,2	43,9	30,7
Septembre	16,18		69,6	75,3	84,7	74,8
Octobre	5,21		48,3	111	109	105
Novembre	3,51		18,2	103	101	104
Décembre	3,44		7,6	36	36	47,9
Janvier						
Février						
Mars						
Avril						

On constate que, si les premières pluies regonflent un peu le débit en Juin, la crue ne commence qu'en Juillet, pour ne donner lieu qu'en Août à des débits vraiment élevés. Le maximum qui a lieu en Septembre à SAMANDENI se produit généralement en fin Octobre - début Novembre à KOURI, la propagation de cette crue est donc très lente.

La décroissance des débits, assez progressive à SAMANDENI, est très lente également à l'aval, d'où il résulte des débits d'étiage appréciables : 3,46 m³/s à BADARA sur le KOU, 2,2 à SAMANDENI sur la VOLTA NOIRE, 8,9 à TOROBA, 8,9 à KOURI, soit 0,42 l/s.km² pour cette dernière station, mais on a 0,65 pour TOROBA. Le fort débit des sources du KOU vient s'ajouter à la restitution des plaines d'inondation. Le débit d'étiage absolu à KOURI est le même qu'à TOROBA. Il se produit vers le 15 Mai.

3.2.2 - Aperçu sur le régime du VOUN-HOU à BOURRASSO :

On n'a observé que la crue de 1962, du 15 Septembre au 23 Octobre. Le débit maximum a été 3,2 m³/s et le volume écoulé 6,6 millions de mètres cubes.

D'autre part, chaque année, la crue de la VOLTA NOIRE remonte la vallée du VOUN-HOU, comme elle fait, plus à l'aval, dans la vallée du SOUROU. On ignore l'importance des volumes ainsi emmagasinés, mais il est certain qu'avant leur restitution à la VOLTA NOIRE, il se produit dans la vallée du VOUN-HOU des pertes qui constituent une grande partie de celles que nous avons signalées entre TOROBA et KOURI.

Il n'existe qu'un poste pluviométrique sur le bassin du VOUN-HOU, à NOUNA. Comme de plus l'écoulement a déjà ici les caractères qu'on trouve dans les zones sahéliennes, il serait très difficile de chercher à estimer les apports moyens interannuels du VOUN-HOU à partir des données pluviométriques. Ces dernières, si elles étaient plus nombreuses à l'aval de BOURRASSO et dans le fond de la vallée de la VOLTA NOIRE, pourraient seulement, peut-être, servir à étudier les variations du volume des pertes enregistrées pour une même cote atteinte par l'inondation.

Retenons simplement que les apports du VOUN-HOU à la VOLTA NOIRE sont pratiquement négligeables.

3.2.3 - Quelques données sur le régime de la DIENKOA à GUENA :

Les traductions de hauteurs d'eau en débits n'ont pu être effectuées par suite des difficultés rencontrées pour l'étalonnage de la station. De plus, les enregistrements de la crue de 1963 ont été difficiles à exploiter, aussi donnerons-nous seulement la liste des 7 plus fortes crues observées en 1962.

<u>Dates des crues :</u>	14/8	17/8	27/8	29/8	4/9	5/9	19/9
<u>Cotes maximales :</u>	3,60	3,40	3,70	3,50	3,30	3,20	4,20

En ce qui concerne les débits d'étiage, ils paraissent être de l'ordre de 1 m³/s, aussi bien en 1962 qu'en 1963, soit, exprimés en débits spécifiques, 1,2 à 1,3 l/s.km².

3.2.4 - Régime du KOU à NASSO :

Nous rappellerons ici les données figurant dans "l'Etude hydrologique sommaire" faite en Juin 1963 par Electricité de France.

Les débits moyens mensuels et annuels qui résultent des observations sont donnés dans le tableau suivant :

	M	J	Jt	A	S	O	N	D	J	F	M	A	Année
1961-62	3,2	3,7	5,3	7,7	7,5	4,2	3,3	3,3	3,0	3,0	3,0	3,0	4,2
1962-63	3,4	4,6	3,3	7,0	8,9	4,3	3,2	2,9	3,0	3,0	2,9	3,4	4,2
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

L'étiage absolu est très élevé pour un bassin de 405 km² : il ne doit pas être très inférieur à 2,5 m³/s, soit environ 6 l/s.km². Cette particularité est due à la nature géologique du bassin, que nous avons évoquée au paragraphe 3.12 et en particulier aux sources abondantes voisines de BOBO-DIOULASSO.

Nous parlerons des crues observées et des crues de fréquence rare estimées, au paragraphe 3.4.

3.3 - Utilisation des données pluviométriques des postes situés sur le bassin de la VOLTA NOIRE :

Les données pluviométriques disponibles sont très insuffisantes pour établir une corrélation hydropluviométrique, car la pluie moyenne sur le bassin ne peut être connue annuellement avec précision. Les lacunes dans la série des observations du KOU à BADARA ont bien été comblées par cette méthode de corrélation, mais les chiffres obtenus pour les modules des 4 années d'observations incomplètes sont à considérer, non comme des estimations précises, mais comme des éléments de calcul du module interannuel de la période totale étudiée (Mai 1954-Avril 1964).

Sous toutes réserves, on peut chercher à savoir ce que doivent être les modules interannuels vrais : considérant que la pluie moyenne au poste de BOBO-DIOULASSO a été 1 180 mm pour la période 1954-1963, et 1 160 mm pour la période 1923-1963, on peut admettre que l'hydraulicité de la période de Mai 1954 à Avril 1964 est presque égale à la moyenne et que les modules interannuels vrais sont très voisins de ceux qui figurent dans le tableau II, bien que légèrement plus faibles.

3.4 - Etude des crues maximales annuelles :

Les débits journaliers maximaux observés chaque année aux diverses stations sont donnés dans le tableau IV.

On notera la faible valeur de ces crues : ainsi pour la période considérée, les valeurs extrêmes en débits spécifiques sont les suivantes :

- KOU à BADARA	:	40	à	190	l/s.km ²
- VOLTA NOIRE à SAMANDENI	:	15	à	19	l/s.km ²
- VOLTA NOIRE à TOROBA	:	5,6	à	14	l/s.km ²
- VOLTA NOIRE à NWOKUI	:	5,5	à	12,7	l/s.km ²
- VOLTA NOIRE à KOURI	:	4	à	9	l/s.km ²

Ces valeurs très faibles sont à comparer à celles du régime sahélien. L'amortissement des crues commence même avant SAMANDENI. A partir de TOROBA, le débit maximal reste le même, l'hydrogramme étant déjà très aplati. On peut présumer des données du tableau IV que les crues exceptionnelles s'écartent assez peu des valeurs relevées entre 1954 et 1964, cependant le maximum de 1961 est nettement plus élevé que les autres, il convient donc de conserver une certaine prudence dans les extrapolations.

TABLEAU IV

DATES, COTES et DEBITS des CRUES MAXIMALES OBSERVEES CHAQUE ANNEE
aux DIVERSES STATIONS du BASSIN de la VOLTA NOIRE
à l'AMONT du SOUROU

Stations:	KOU à BADARA : S = 964 km ²			V.N. à BANZO : S = 2816 km ²			SAMANDENI : S = 4575 km ²			TOROBA : S = 13 600 km ²			NWOKUI : S = 15 000 km ²			KOURI : S = 20 800 km ²		
Années	Date	Cote (m)	Q (m ³ /s)	Date	Cote (m)	Q (m ³ /s)	Date	Cote (m)	Q (m ³ /s)	Dates (✱)	Cote (m)	Q (m ³ /s)	Dates (✱)	Cote (m)	Q (m ³ /s)	Dates (✱)	Cote (m)	Q (m ³ /s)
1954-55										20/10	8,70	157	24/10	7,88	157	6/11	5,62	158
										25/10			5/11			10/11		
1955-56	16/9	2,60	103							20/10	8,48	149	28/10	7,65	151	4/11	5,47	151
										25/10			5/11			5/11		
1956-57	30/8	2,15	39				2/9	5,98	74	25/10	7,58	110	24/10	6,17	114	15/10	4,67	115
										27/10			5/11			20/10		
1957-58	9/8	2,99	190				13/9	6,06	77							13/11	4,68	115
																16/11		
1958-59							4/9	6,03	76	18/10	8,35	144	4/11	7,34	143	8/11	5,37	146
										24/10			6/11			11/11		
1959-60	18/9	2,95	180				25/9	6,02	75	26/10	5,60	78				1/11	3,58	69
										31/10						5/11		
1960-61	16/9	2,16	40	6/9	4,96	90	18/9	6,13	78	30/10	6,30	90	31/10	5,12	91	1/11	4,00	84
										31/10			2/11			4/11		
1961-62	14/9	2,15	39				6/9	6,46	88	1/10	9,50	190				26/10	6,24	190
										15/10						27/10		
1962-63				5/9	4,96	90	8/9	5,75	69	1/10	5,44	76	10/10	4,75	82	10/10	3,97	83
										15/10			11/10			12/10		
1963-64	4/9	2,19	43	13/8	>4,84	>85	6/9	6,16	79	f.Oct	7,45	115	26/10	6,07	112	24/10	4,60	112
													29/10			27/10		

(✱) Dates limites entre lesquelles se placent probablement les jours de cote et de débit maximaux.

Du point de vue statistique, l'échantillonnage est insuffisant pour calculer de façon correcte les crues de fréquence rare. On peut seulement essayer d'encadrer les débits de crue décennale entre des limites qui, exprimées en débits spécifiques, s'insèrent de façon satisfaisante dans la gamme des valeurs admises en fonction des superficies des bassins pour des régions où les facteurs conditionnels du régime sont suffisamment analogues. Malheureusement, la VOLTA NOIRE par sa très faible pente doit donner lieu à des chiffres très bas par rapport aux valeurs habituelles, de sorte qu'on ne peut pas les placer dans une "fourchette".

Le tableau V rappelle quelques-unes de ces estimations de crue décennale et les limites probables entre lesquelles on devrait estimer la crue décennale du KOU à BADIÉLI : entre 400 et 600 l/s.km².

On a déjà attribué à la station de NASSO, dans la note hydrologique citée plus haut, une crue décennale du KOU de 300 m³/s, en se basant sur les études effectuées dans la région de KOUMBAKA, où les conditions de ruissellement sont plus sévères et où, pour un bassin de 400 km² on admet une crue décennale de 360 à 400 m³/s.

D'autre part, on sait que les ordres de grandeur des débits spécifiques de crue décennale sont respectivement 70 l/s.km² et 40 l/s.km² pour les stations de l'ALIBORI à la route de KANDI à BANIKOARA (bassin de 8 165 km²) et de la SOTA à COUBERI (bassin de 12 020 km²).

La crue de la station de BANZO n'a pu être déterminée faute de données. A SAMANDENI, où les relevés sont plus nombreux mais moins précis qu'à BANZO, on peut penser que le fait de ne procéder qu'à une lecture par jour a conduit à sous-estimer les débits de crue. Mais a priori on peut affirmer que le débit de crue décennale est déjà faible, peut-être 40 l/s.km², un débit plus élevé serait incompatible avec les relevés journaliers et les données des stations situées à l'aval.

La crue étant toujours très amortie par l'inondation de la vallée, on ne peut raisonnablement admettre plus de 250 m³/s pour le débit de crue décennale à TOROBA. Cette valeur dépasse notablement celle de la crue de 1961 qui est peut-être décennale. A NWOKUI et même à KOURI, les apports reçus à l'aval de TOROBA ne peuvent augmenter la pointe de crue, étant donné que celle-ci arrive bien après la période des plus fortes pluies locales : on admettra donc également 250 m³/s pour le débit de crue décennale à NWOKUI et KOURI.

La crue décennale du KOU à BADARA n'a pu être estimée qu'entre 400 et 600 l/s.km². Celle de la station de BANZO, du fait de la structure digitée du bassin, n'a pu être déterminée faute d'éléments de comparaison. A la station de SAMANDENI, où les relevés sont plus nombreux mais moins précis qu'à BANZO, on peut penser que la pratique des relevés journaliers a conduit à sous-estimer les pointes de crue. Il faut se garder cependant d'adopter un débit spécifique de crue décennale de l'ordre de 100 l/s.km² auquel semblent conduire les données du tableau comparatif V, sans avoir vérifié si la crue du bassin amont n'est pas déjà sensiblement amortie par la diminution rapide de la pente du profil en long.

TABLEAU V

	:KOU à : NASSO	:KOU à :BADARA	: V.N. à :SAMANDENI	: ALIBORI	: SOTA	:V.N. à :TOROBA	:V.N. à :NWOKUI	:V.N. à :KOURI
Superficie des bassins (km ²)	405	964	4 575	8 165	12 020	13 600	15 000	20 800
Débit spécifique de crue décennale (l/s.km ²)	environ : 740	400 à 600	40 ?	environ : 70	environ : 40	environ : 18	environ : 16 à 17	environ : 12
Débit de crue décennale (m ³ /s)	environ : 300	389 à 580		environ : 570	environ : 480	environ : 250	environ : 250	environ : 250

4 - RECAPITULATIF des DONNEES HYDROLOGIQUES CONCERNANT le BASSIN de la VOLTA NOIRE au SITE du BARRAGE de DEDOUGOU -

Ce site se trouvant 9 km à l'aval du pont de NWOKUI, on peut considérer dans cette étude sommaire qu'entre ces deux points l'augmentation de superficie du bassin théorique d'alimentation d'une part, et d'autre part les apports ou les pertes qui, en fait, peuvent se produire, sont négligeables dans la détermination des données hydrologiques de base.

On peut donc admettre, pour le site de DEDOUGOU, les débits et volumes donnés dans les tableaux II et III pour la station de NWOKUI. Les débits caractéristiques moyens interannuels sont donnés par le tableau suivant :

	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC	Module
m ³ /s	8,5 à 9	9,5 à 10,5	15 à 17	60 à 80	100 à 125	environ 40

Le débit caractéristique d'étiage de fréquence décennale sèche pourrait être de l'ordre de 8 m³/s.

Le débit instantané de crue de fréquence décennale serait de 250 m³/s (valeur peut-être surestimée).

La crue de fréquence centenaire pourrait être estimée sous toutes réserves par comparaison avec le bassin assez voisin du BANI où les pentes sont presque aussi faibles :

Les rapports entre crues centenaire et décennale ont été trouvés égaux à :

- 2 pour le BAULE à DIOILA (bassin de 32 500 km², pluviométrie 1 320 mm)
- 1,2 pour le BANI à DOUNA (bassin de 101 600 km², pluviométrie 1 264 mm).

Dans le cas de la VOLTA NOIRE à DEDOUGOU, du fait de l'extension des zones inondables dans le bassin, et bien que la superficie de celui-ci soit seulement de 15 000 km², on peut adopter le coefficient 2. La crue centenaire serait alors de 500 m³/s au site de barrage.

5 - TRANSMISSION de la CRUE PRINCIPALE ANNUELLE de la VOLTA NOIRE d'AMONT en AVAL jusqu'à KOURI -

La crue principale est bien individualisée à partir de la station de SAMANDENI.

Si l'on se reporte au tableau IV, on voit que la durée moyenne de la transmission de la crue entre SAMANDENI et KOURI est de 45 jours. Le plus souvent, la transmission de SAMANDENI à TOROBA se fait en 30 à 40 jours, de TOROBA à NWOKUI en 5 à 15 jours, de TOROBA à KOURI en 10 à 20 jours. Ces dernières durées sont connues très approximativement, et donc sans intérêt pour la prévision du maximum de la crue, d'autant plus que celle-ci est en général très étalée. Seule, la prévision à partir des observations faites à SAMANDENI est utile.

On a procédé à divers essais de corrélation entre les données de SAMANDENI et les valeurs de la hauteur maximale à KOURI : tous sont décevants pour deux raisons :

- 1°) la qualité des relevés à SAMANDENI est assez inégale, les hauteurs en 1959 et 1960 semblent surestimées, la faible différence entre les débits maximaux annuels semble très suspecte -
- 2°) la station de SAMANDENI peut très bien, certaines années, ne pas fournir la moyenne partie des apports parvenant à KOURI et pour d'autres, par contre, elle peut en fournir presque les 3/4, ce qui est peu favorable à une corrélation serrée, même si les relevés à SAMANDENI sont effectués correctement.

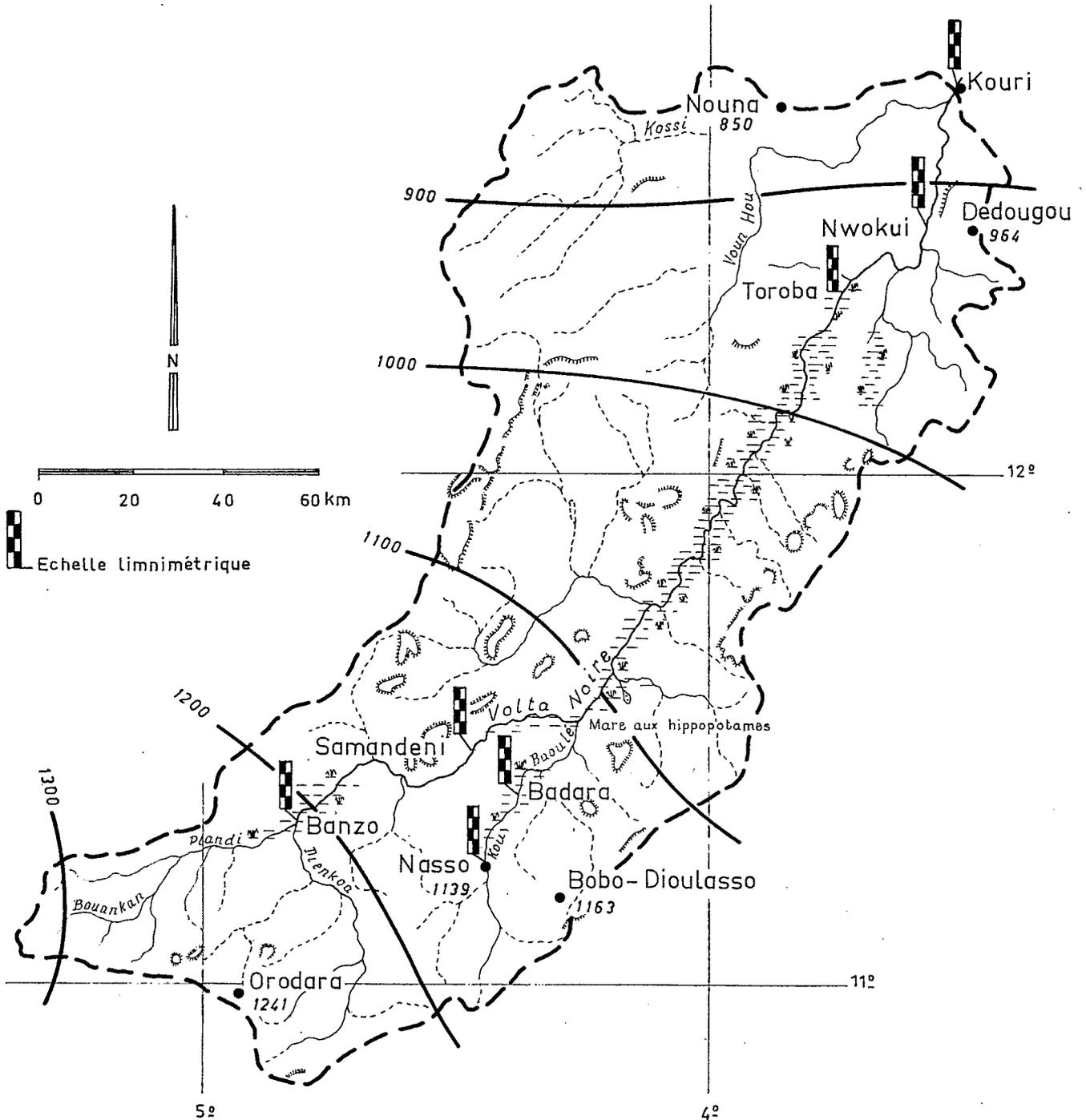
La corrélation la moins mauvaise utilise le total des débits des deux mois les plus abondants mais il est peu recommandable de l'employer car elle donnerait lieu à des prévisions trop tardives : on peut utiliser à la rigueur la corrélation entre hauteur maximale à KOURI et le débit moyen des 30 jours encadrant le maximum à SAMANDENI (15 jours avant + 14 jours après); on ne perd ainsi que 14 jours pour la prévision ; la corrélation avec le débit maximal annuel à SAMANDENI est beaucoup trop mauvaise.

On trouvera sur le diagramme ci-contre la courbe de régression à utiliser pour la prévision à KOURI. Pour les raisons exposées plus haut, cette courbe doit passer au-dessous des points 1959 et 1960. Elle a été mise au point par procédé graphique.

La hauteur maximale à KOURI peut être donc annoncée 1 mois à l'avance, en moyenne avec une précision de $\pm 0,50$ m.

Il faudrait un réseau d'observations beaucoup plus complet, avec 4 ou 5 années d'observations pour serrer le problème de plus près et aboutir à une meilleure précision. Il faudrait également améliorer l'étalonnage de SAMANDENI par quelques jaugeages de très hautes eaux et vérifier si cet étalonnage est stable. Quant à gagner sur le délai de prévision, la seule mesure à conseiller consisterait à donner une annonce de caractère qualitatif (crue très forte, ou forte, ou assez forte, etc ...) vers le 15 Septembre, à partir des débits relevés à SAMANDENI du 1er au 15 Septembre ; on pourrait retoucher cette annonce 15 jours après si la crue à SAMANDENI s'avérait tardive.

Bassin versant de la VOLTA NOIRE à KOURI



0 20 40 60 km
 Echelle limnimétrique

Corrélation entre le débit moyen des 30 jours encadrant le maximum à SAMANDENI
et la cote maximale à KOURI

Débit moyen des 30 jours encadrant le maximum à SAMANDENI

