

REPUBLIQUE RWANDAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ELEVAGE
DIRECTION DU GÉNIE RURAL ET
DE L'HYDROLOGIE
DIVISION HYDROLOGIE

CRUES MAXIMALES ET ÉTIAGES
DE L'AKAGERA A RUSUMO

Alfred MUSEMA-UWIMANA, ingénieur du Génie Rural

Pierre POURRUT, ingénieur hydrologue de l'O.R.S.T.O.M.

Février 1975

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
I. Nature de l'étude	2
II. Caractéristiques générales du bassin versant.....	2
II.1 - Superficie	2
II.2 - Réseau hydrographique	2
II.3 - Géologie sommaire	3
II.4 - Données climatiques	3
II.4.1 - Généralités.....	3
II.4.2 - Pluviométrie	4
II.5 - Données hydrologiques	10
II.5.1 - Fiche signalétique de la station	11
II.5.1 - Données mensuelles et annuelles des écoulements	11
III. Etude des débits maximaux journaliers	15
IV. Etude des débits minimaux journaliers	17
V. Conclusions et récapitulation des résultats.....	19

NATURE DE L'ETUDE.

De nombreux experts rwandais, des pays voisins ou des organismes internationaux (projet PNUD pour l'Aménagement de l'Akagera), s'intéressent actuellement au bassin amont du Nil et envisagent plus particulièrement l'aménagement hydroélectrique des chutes de la Rusumo. Nous avons donc pensé faire le point des études hydrologiques menées à cette station de façon à mettre à leur disposition un capital de renseignements utiles à leurs projets.

Dans cette optique nous limiterons donc volontairement notre propos aux seules données sur lesquelles seront basés les calculs des ingénieurs. C'est ainsi qu'après avoir succinctement défini les caractéristiques générales du bassin et résumé les informations disponibles, nous insisterons surtout sur les très hautes et très basses eaux dont nous estimerons les valeurs de fréquence rare.

II. CARACTERISTIQUES GENERALES DU BASSIN VERSANT.

Le bassin versant étudié sur le fleuve Akagera est limité au lieu-dit RUSUMO, situé immédiatement en aval de la confluence avec la rivière RUVUBU.

II.1 - Superficie du bassin versant

La superficie totale du bassin versant est de 30.200 Km² dont environ 14.700 Km² au Rwanda, 13.200 Km² au Burundi et 2.300 Km² en Tanzanie.

II.2 - Resseau hydrographique

Source la plus éloignée du Nil, l'Akagera est appelée à l'origine Nyabarongo, fleuve lui-même formé par la réunion de la Mwogo et de la Mbirurume. Sa direction première est Sud-Nord mais elle change brutalement après avoir reçu le gros affluent de la Mukungwa qui draine le versant rwandais de la chaîne de volcans Virunga. C'est d'ailleurs vraisemblablement l'apparition de celle-ci, il y a environ 400.000 ans, qui a modifié l'orientation primaire qui devient alors grossièrement NW - SE. Au milieu de ce nouveau parcours la Nyabarongo reçoit un important affluent de rive droite : L'Akanyaru, mais elle ne portera définitivement le nom d'Akagera qu'après les apports du Lac Rugwero. Immédiatement en amont de RUSUMO, elle reçoit enfin son plus gros affluent, la Ruvubu, qui a pris naissance au Burundi.

.../...

Fig.1

29°30

30°00

30°30

1°00

31°00

BASSIN VERSANT DE L'AKAGERA à RUSUMO (30.200km²)

ECHELLE 1/1.000.000



1°30

2°00

2°30

3°00

3°30

Légende

- : frontière
- : limite du B.V.
- : cours d'eau
- : limite des zones d'influence selon THIESSEN
- : station pluviométrique

II.3 - Geologie sommaire

Environ 80 % du bassin versant/constitués par les grés, schistes et argilites du système Karagwe - Ankolén (Burundien du Burundi et au Rwanda) d'âge précambrien. Au cours de l'orogénèse un métamorphisme régional a transformé ces roches en quartzites, schistes phylliteux et, aux endroits de métamorphisme intense, en schistes cristallins.

Deux autres unités géologiques de moindre importance datent également du Précambrien : le Nyanzien (ou Ruzizien) constitué principalement de granites, gneiss et migmatites, et le Bukoban (ou Nkoma) qui forme un ensemble complexe avec à sa base des grés quartzeux et des schistes argileux, et à sa partie supérieure des bancs et conglomérats calcaires, l'ensemble étant sillonné de filons de roches basiques.

On note également la présence de sédiments néogènes et aussi de sédiments récents dans les marécages à papyrus.

La couche d'altération superficielle forme une couverture de 2 à 5 m d'épaisseur pouvant atteindre 30 m par endroits, aux alentours de la Rusumo par exemple.

II.4 - Données climatiques

Après un aperçu très général des facteurs conditionnant le climat nous nous intéresserons plus particulièrement à la pluviométrie, paramètre déterminant de l'écoulement.

II.4.1 - Généralités :

Soumis la majeure partie de l'année à l'alizé du Sud-Est, le bassin est le siège d'un climat tropical humide de type continental. Cependant, le climat local est surtout lié à l'altitude et à l'orientation des montagnes qui conditionnent l'ascension des masses d'air et, par refroidissement adiabatique, la formation des précipitations. Celles-ci, au cours de l'année, se répartissent suivant 2 saisons des pluies avec un premier maximum en avril-mai et un deuxième, beaucoup moins accentué, en Novembre. Ces deux maxima sont séparés par une saison sèche bien marquée de Juin à Septembre, la deuxième saison sèche étant toute relative.

II.4.2 - Pluviométrie :

Sur l'ensemble du bassin la densité du réseau pluviométrique est excellente. Nous nous sommes cependant heurtés à beaucoup de données douteuses et, surtout, à l'absence de nombreuses informations.

Aussi, pour caractériser la pluviométrie moyenne sur le bassin qui est le but de ce paragraphe, nous avons dû sélectionner les meilleurs postes pluviométriques. Nous en avons en définitive retenu 14 (7 au Rwanda et 7 au Burundi). Ces postes sont les suivants :

PAYS	STATIONS	ALTITUDE en mètres	COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES	
			longitude E	latitude S
Rwanda	Gitarama	± 1850	29° 46'	02° 05'
	Kibeho	1940	29° 33'	02° 39'
	Kigali	± 1550	30° 04'	01° 57'
	Rubona	1706	29° 46'	02° 29'
	Ruhengeri	1860	29° 38'	01° 30'
	Rwamagana	1550	30° 25'	01° 57'
	Rwerere	2312	29° 53'	01° 32'
Burundi	Gitega	1692	29° 56'	03° 26'
	Muramvya	1994	29° 37'	03° 16'
	Ruyigi	1600	30° 15'	03° 29'
	Kanyinya	1450	30° 05'	02° 35'
	Ngozi	1850	29° 50'	02° 54'
	Muhinga	1762	30° 26'	02° 51'
	Luvironza	1821	29° 46'	03° 49'

Les valeurs annuelles relevées à ces stations sont extraites :

- pour le Rwanda, des Bulletins climatologiques de l'I.S.A.R.
- pour le Burundi, des Bulletins climatologiques mis à notre disposition par la Direction de la Météorologie du Ministère des Postes et Télécommunications du Rwanda.

Cette étude s'étend sur la période 1960 (début des observations) à 1971 (aucune information sur les pluviométries du Burundi en 1972 et 1973). Comme nous n'avons pu trouver, également pour le Burundi, les données de 1968, nous avons un échantillon de 11 années.

.../...

La méthode employée pour le calcul des pluviométries moyennes est celle de THIÉSSIER. Nous rappelons que cette méthode ne tient compte que de la distribution spatiale en plan des pluviomètres. Elle attribue à chaque station une "zone d'influence" telle qu'un point quelconque situé dans cette zone soit, en distance horizontale, plus près de cette station que de toutes les autres. Le rapport de la surface de la zone d'influence à la surface totale du bassin est appelé coefficient de pondération. Le produit de la pluviométrie ponctuelle d'une station par son coefficient de pondération est la "pluie pondérée" tandis que la somme des pluies pondérées de toutes les stations donne la pluviométrie moyenne. Ce qui précède peut être résumé par la formule :

$$P \text{ moyen} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot S_i}{S}$$

où n est le nombre de stations, P_i la pluviométrie ponctuelle relevée à une station, S_i la surface de la zone d'influence de cette station et S la surface totale du bassin.

On trouvera à la fig. N°1 la représentation des zones d'influence. Les tableaux N°1, 2 et 3, pages suivantes, donnent respectivement :

- tabl. N°1 : pluviométries annuelles ponctuelles
- tabl. N°2 : variation des coefficients de pondération des stations suivant l'existence ou l'absence de données
- tabl. N°3 : pluies pondérées et pluviométries moyennes annuelles.

Nous avons par ailleurs, au tableau N°4, classé les pluviométries par ordre décroissant en attribuant à chacune d'elle une fréquence calculée suivant la formule $F = \frac{n - 1/2}{N}$

La loi de Gauss (voir fig N°2), essayée d'abord comme mode de distribution, montre une assez forte dispersion des points et nous l'avons donc écartée. Par contre la distribution des pluies annuelles suit de façon satisfaisante la loi Gausso-logarithmique de Galton (voir fig N°3). Par ajustement graphique nous obtenons la valeur des pluviométries moyennes annuelles sur le bassin pour différentes périodes de retour :

AKAGERA à RUSUMO

=====

TABLEAU N° 1

Pluviométries annuelles ponctuelles

Années	R W A N D A							B U R U N D I						
	Gitarama	Kibeho	Kigali	Rubona	Ruhengeri	Rwamagana	Rwerere	Gitega	Muramvya	Ruyigi	Kanyinya	Ngozi	Muhinga	Luvironga
1960	-	1312,0	-	968,2	1120,1	-	-	-	1045,0	1140,2	1013,8	820,3	-	1151,1
1961	-	1515,0	(867,5)	1459,9	1406,2	-	1112,0	-	1280,1	1451,8	1145,8	1393,3	1503,6	1554,2
1962	-	-	(1033,3)	1447,2	1440,3	-	1189,7	-	1547,1	1683,4	1117,3	1305,0	1257,9	1531,6
1963	-	-	-	1324,1	1801,1	1236,7	1539,1	-	1694,4	1491,2	1365,9	1349,2	1306,7	1772,7
1964	-	-	1026,2	1405,6	1398,6	1091,3	1138,2	1060,9	1603,4	1329,7	1052,9	1345,9	1128,3	1367,7
1965	1047,0	1310,1	1168,0	1149,6	1308,5	1132,5	1246,4	1229,7	1151,8	1236,6	1154,4	1182,9	964,2	1285,1
1966	1111,7	-	762,4	1333,4	1344,8	959,3	1093,0	1232,4	1537,0	1391,9	1021,4	1624,7	1106,5	1348,6
1967	1459,3	1267,6	948,7	1128,8	1278,4	935,2	1258,2	1209,6	1249,4	1330,0	1113,8	1372,7	957,0	1386,9
1968	1232,6	-	1149,4	1299,2	1453,0	1246,6	1143,3	-	-	-	-	-	-	-
1969	823,9	1328,0	779,8	1131,7	1692,5	879,0	1071,8	994,3	1305,2	1227,8	1001,1	1312,7	1102,8	1226,9
1970	923,3	1284,8	985,9	1202,9	1282,0	1088,1	1169,9	1203,2	1496,1	1335,0	1079,7	1325,0	1176,9	1560,0
1971	1105,8	-	961,8	1285,6	1763,5	(890,3)	1307,6	1118,6	1559,7	1228,5	1142,9	1482,9	1053,9	1488,5

A K A G E R A à R u s u m oTABLEAU N° 2

Variation des coefficients de pondération
des postes pluviométriques

Année	R W A N D A							B U R U N D I						
	Gitarama	Kibeho	Kigali	Rubona	Ruhengeri	Rwamagana	Rwerere	Gitega	Muramvya	Ruyigi	Kanyina	Ngozi	Muhinga	Luvironza
1960	-	0,067	-	0,211	0,197	-	-	-	0,059	0,128	0,141	0,147	-	0,050
1961	-	0,067	0,200	0,086	0,047	-	0,075	-	0,063	0,080	0,084	0,075	0,169	0,054
1962	-	-	0,200	0,123	0,047	-	0,075	-	0,063	0,080	0,084	0,105	0,169	0,054
1963	-	-	-	0,178	0,047	0,151	0,099	-	0,063	0,080	0,084	0,075	0,169	0,054
1964	-	-	0,104	0,123	0,047	0,096	0,075	0,064	0,043	0,056	0,084	0,105	0,169	0,034
1965	0,092	0,067	0,072	0,056	0,047	0,096	0,045	0,064	0,043	0,056	0,084	0,075	0,169	0,034
1966	0,092	-	0,072	0,093	0,047	0,096	0,045	0,064	0,043	0,056	0,084	0,105	0,169	0,034
1967	0,092	0,067	0,072	0,056	0,047	0,096	0,045	0,064	0,043	0,056	0,084	0,075	0,169	0,034
1968	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1969	0,092	0,067	0,072	0,056	0,047	0,096	0,045	0,064	0,043	0,056	0,084	0,075	0,169	0,034
1970	0,092	0,067	0,072	0,056	0,047	0,096	0,045	0,064	0,043	0,056	0,084	0,075	0,169	0,034
1971	0,092	-	0,072	0,093	0,047	0,096	0,045	0,064	0,043	0,056	0,084	0,105	0,169	0,034

ANAGERA à RUSUMO

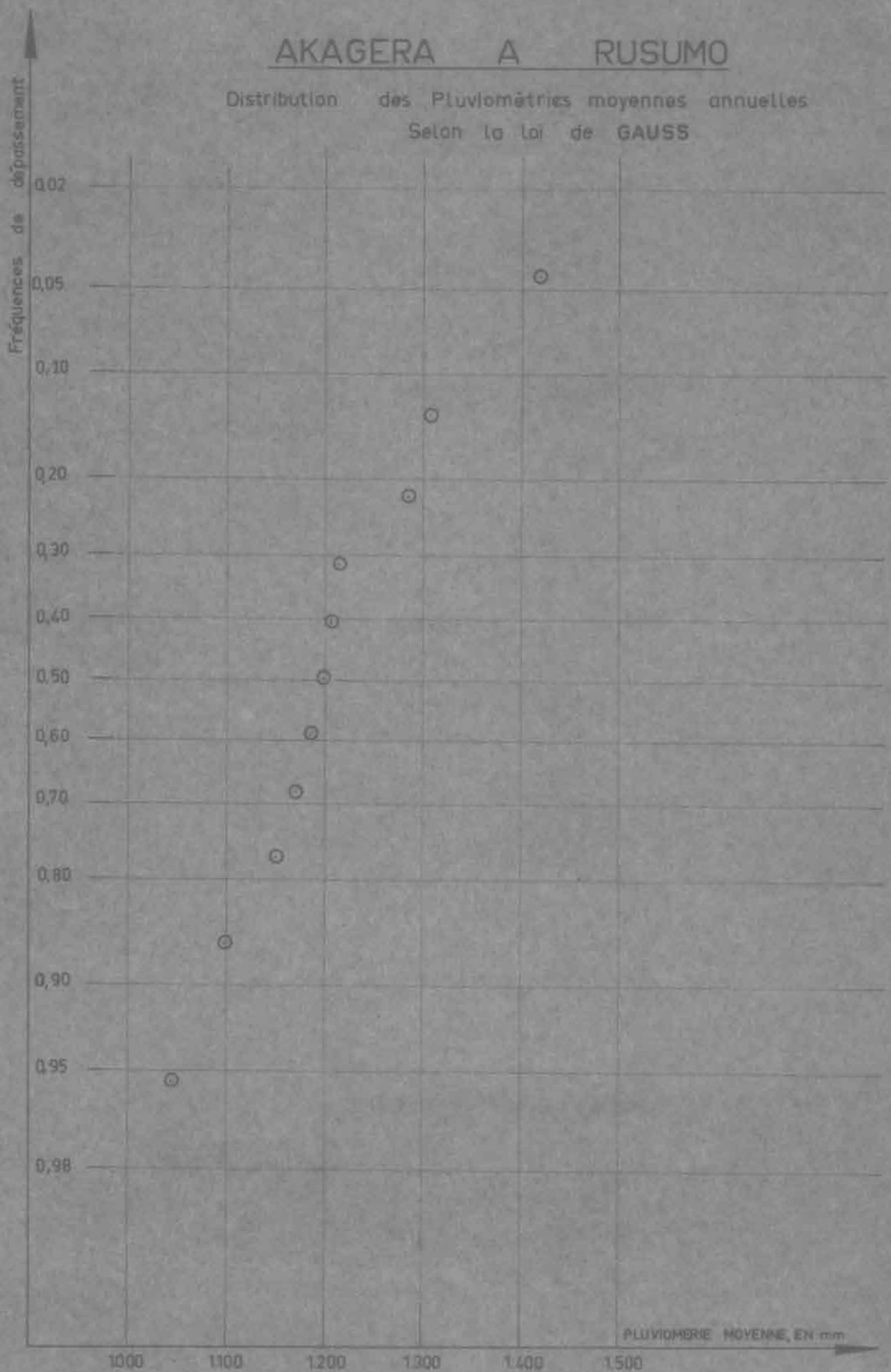
TABLÉAU N°4

Distribution des pluviométries moyennes annuelles

n	P moy en mm	Année	$F = \frac{n - 1/2}{N}$
1	1417.9	1963	0,0455
2	1306.7	62	0,1364
3	1284.9	61	0,2273
4	1214.0	64	0,3182
5	1205.6	71	0,4091
6	1197.9	66	0,5000
7	1184.9	70	0,5909
8	1168.3	67	0,6818
9	1148.6	65	0,7727
10	1095.6	69	0,8636
11	1041.6	60	0,9545

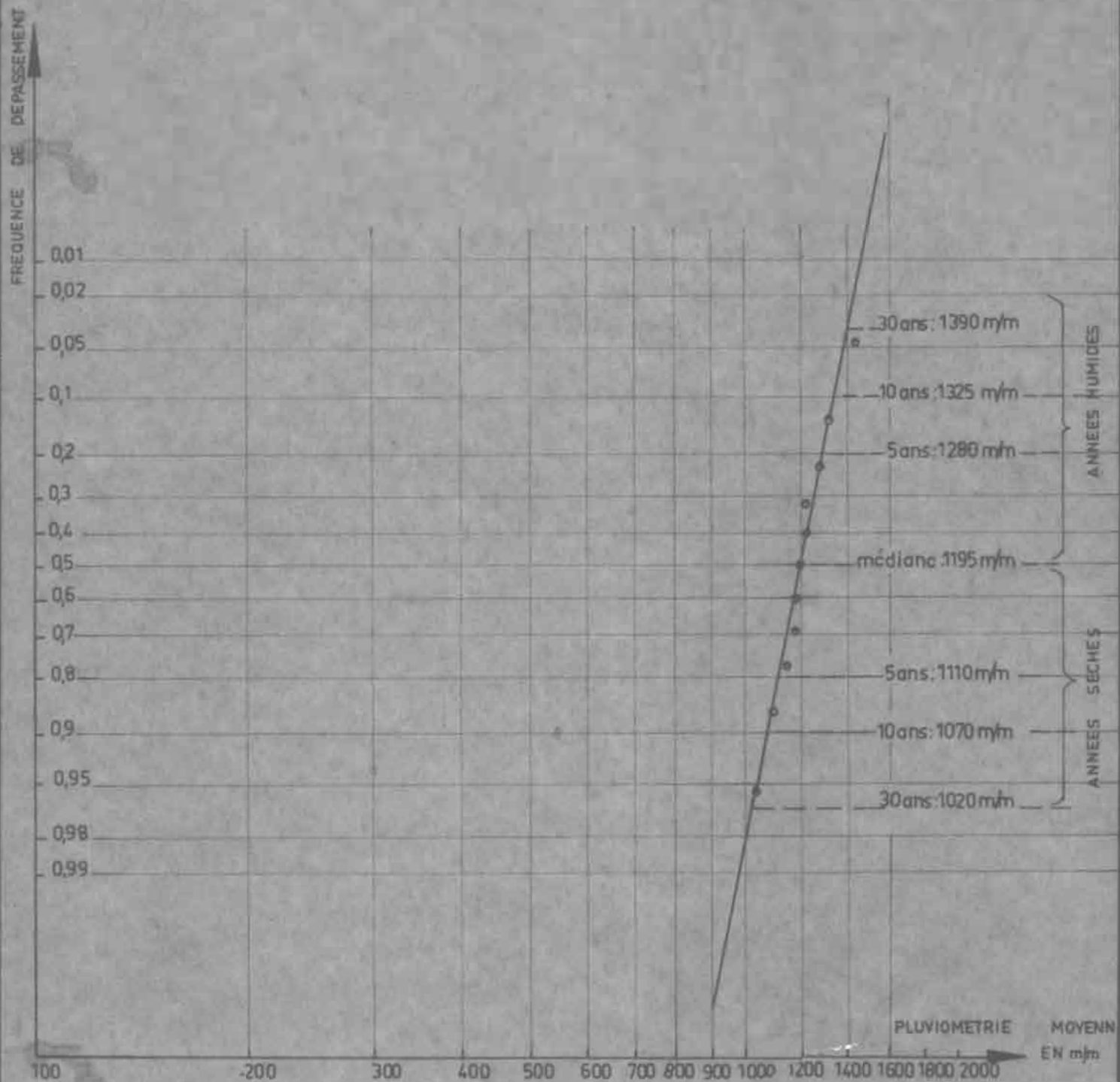
P moyenne arithmétique = 1206 mm

AKAGERA A RUSUMO

Distribution des Pluviométries moyennes annuelles
Selon la loi de GAUSS

AKAGERA A RUSUMO

Distribution des Pluviométries moyennes annuelles
selon la loi de GALTON



	<u>Période de retour</u>	<u>P moy.annuelle, en mm</u>
ANNEES HUMIDES	{ 30 ans	1390
	{ 10 ans	1325
	{ 5 ans	1280
<u>MEDIANE</u>	<u>2 ans</u>	<u>1195</u>
ANNEES SECHES	{ 5 ans	1110
	{ 10 ans	1070
	{ 30 ans	1020

A titre uniquement d'information, car l'échantillon à notre disposition n'est pas assez étoffé, les valeurs cinquantennales sont les suivantes :

50 ans humides	:	1420 mm
50 ans secs	:	1000 mm

Quant aux pluviométries maximales ponctuelles, elles ont lieu vraisemblablement sur la crête Zaïre-Nil et plus spécialement dans la forêt de Nyungwe. A KIBAZI la moyenne annuelle sur 5 ans s'élève à 2058 mm avec un maximum de 2366 mm en 1971.

A la station I.S.A.R. de Rubona, où les observations peuvent être considérées comme excellentes, la distribution des pluies annuelles sur 42 années suit une loi Gaussienne. De l'étude "Estimation des volumes écoulés et des débits aux stations de la Nyabarongo à Kigali" - P.POURRUT - Mars 1974, nous avons extrait les valeurs suivantes :

<u>Rubona</u>	Centennale sèche	860 mm
	Cinquantennale "	900 mm
	Décennale "	1005 mm
	<u>MEDIANE</u>	<u>1180 mm</u>
	Décennale humide	1355 mm
	Cinquantennale "	1460 mm
	Centennale "	1500 mm

II.5 - Données hydrologiques

Après avoir résumé l'historique et l'équipement de la station nous ferons une synthèse des informations disponibles.

II.5.1 - Fiche signalétique de la Station.

Rivière : AKAGERA

Station : RUSUMO

N° de code international : 37180104

Coordonnées géographiques : 2° 22' 45" S

30° 47' 20" E

Cote du zéro : 41,81 m /borne G.R. de 50,00 m fictifs

Superficie du bassin versant : 30.200 Km²

Valeurs mesurées : hauteurs et débits

Courbe de tarage : très bonne, établie à l'aide de 23 jaugeages

Historique sommaire: -Début des observations le 28 Septembre 1955
par S.E.H.E - Forces

-Suivie régulièrement jusqu'en 1961

-Nombreux relevés douteux ou manquants jusqu'
en 1971

-Restauration totale de la station en 1972

Dispositif actuel de mesures : -Limnigraphe OTT type X

rotation mensuelle

réduction 1/10

-Echelles émaillées 0-2 m en bordure
de rivière et 2-4 m sur abri du
limnigraphe

II.5.2 - Données mensuelles et annuelles des écoulements.

Nous avons regroupé dans les tableaux N°5 et 6 les différentes valeurs élaborées de l'écoulement :

tableau N°5 : Débits moyens mensuels, en m³/s

tableau N°6 : Volumes écoulés, modules et modules spécifiques annuels

Ces valeurs sont extraites des publications de la Division Hydrologie du Génie Rural :

- Recueil des données hydrologiques observées en République Rwandaise (1950-70) - MARS 1973
- Annuaire hydrologique 1971 - Novembre 1973
- Annuaire hydrologique 1972 - Mars 1974
- Annuaire hydrologique 1973 - Décembre 1974

AKAGERA à RUSUMO

TABLÉAU N° 5

Débits moyens mensuels en m³/s

Année	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1956	149	174	168	17	256	193	152	124	106	109	117	136
57	149	165	178	225	312	285	231	189	142	114	128	145
58	186	188	181	186	216	171	151	128	111	108	90,2	132
59	156	161	164	166	198	167	140	118	108	106	134	167
1960	191	199	200	301	298	206	168	134	119	115	133	123
61	114	(149)	(160)	198	188	138	119	107	95,8	(107)	(196)	384
62	470	401	366	-	-	-	-	-	192	177	216	265
63	326	332	343	363	440	-	552	366	238	191	-	-
64	-	-	338	437	615	461	304	-	-	-	-	-
65	-	199	200	301	413	285	212	165	142	150	185	216
66	198	217	301	387	329	249	177	149	145	156	173	189
67	196	178	188	185	219	225	198	151	151	(146)	202	256
68	-	296	293	-	-	-	-	182	145	117	-	-
69	168	233	253	267	242	-	(206)	(178)	170	152	166	-
1970	198	225	240	464	486	(352)	(256)	(196)	(165)	(142)	-	-
71	191	205	174	205	303	268	261	230	200	185	176	182
72	210	230	328	275	279	267	225	187	169	173	200	227
73	240	243	223	221	304	327	280	211	184	190	215	227

A N A G E R A à R U S U M O

TABLEAU N°6

Volumcs écoulés, modules et modules spécifiques annuels

Année	! Volumcs écoulés en ! milliards m3	! Modules annuels en ! m3/s	! Débit spécifique en ! l/s/Km2
1956	! 4,875	! 155	! 5,1
57	! 5,947	! 189	! 6,2
58	! 4,870	! 154	! 5,1
59	! 4,691	! 149	! 4,9
1960	! 5,763	! 183	! 6,1
61	! (5,140)	! (163)	! (5,4)
62	! -	! -	! -
63	! -	! -	! -
64	! -	! -	! -
65	! -	! -	! -
66	! 7,036	! -	! -
67	! (6,031)	! (191)	! (6,3)
68	! -	! -	! -
69	! -	! -	! -
1970	! -	! -	! -
71	! 6,780	! 215	! 7,1
72	! 7,298	! 231	! 7,6
73	! 7,534	! 239	! 7,9

Los valeurs () sont extrapolées

D'après les tableaux N°5 et 6, on obtient les valeurs mensuelles moyennes suivantes :

Janvier	209 m ³ /s	
Février	223 m ³ /s	
Mars	239 m ³ /s	
Avril	272 m ³ /s	(285 m ³ /s)
Mai	318 m ³ /s	
Juin	257 m ³ /s	(280 m ³ /s)
Juillet	227 m ³ /s	
Août	176 m ³ /s	
Septembre	152 m ³ /s	
Octobre	143 m ³ /s	
Novembre	166 m ³ /s	(180 m ³ /s)
Décembre	204 m ³ /s	(210 m ³ /s)

soit un module annuel $Q = 215 \text{ m}^3/\text{s}$
ou $7,1 \text{ l/s/Km}^2$

correspondant à un volume écoulé de 6,8 milliards m³
ou une lame d'eau de 225 mm

Ces valeurs sont un peu déficitaires car elles ne tiennent pas compte, pour les mois d'Avril, Juin, Novembre et Décembre, des données des fortes années 1963 et 1968 qui manquent malheureusement. C'est la raison pour laquelle nous avons estimé les débits en regard, mis (), à l'aide desquelles nous obtenons des résultats plus proches de la réalité

module annuel $Q = 220 \text{ m}^3/\text{s}$

module spécifique annuel $Q_s = 7,3 \text{ l/s/Km}^2$

volume écoulé moyen annuel $V = 6,95$ milliards de m³

lame d'eau écoulée annuelle $H = 230 \text{ mm}$

Le coefficient d'écoulement moyen est proche de 19 % et doit varier entre 15 et 25 %

A titre uniquement indicatif nous terminerons ce paragraphe en signalant que l'année 1963, la plus forte observée, a dû voir s'écouler un volume d'environ 10 milliards de m³, soit près de 320 m³/s.

III. ETUDE DES DEBITS MAXIMAUX JOURNALIERS.

On trouvera au tableau N°7, les valeurs des débits maximaux journaliers observés chaque année entre 1956 et 1973 (sauf 1968 et 1969, données manquantes). Nous les avons classés par ordre décroissant et avons attribué à chacune d'elle une fréquence au dépassement suivant la relation $F = \frac{n - 1/2}{N}$

Après plusieurs essais le meilleur ajustement a été atteint en utilisant la loi de Galton (fig N°4). Nous pouvons en déduire graphiquement les valeurs suivantes :

	<u>Période de retour</u>	<u>Débits max. journaliers</u>
ANNEES HUMIDES	{ 50 ans	800 m3/s
	{ 30 ans	740 m3/s
	{ 10 ans	610 m3/s
	{ 5 ans	530 m3/s
MEDIANE	2 ans	390 m3/s
ANNEES SECHES	{ 5 ans	295 m3/s
	{ 10 ans	255 m3/s
	{ 30 ans	210 m3/s
	{ 50 ans	195 m3/s

Un lecteur soucieux de précision pourrait faire 2 remarques
 - d'une part l'ajustement que nous qualifions de "meilleur" n'est pas très bon.

- d'autre part notre valeur extrême, 685 m3/s pour 1963, est une valeur extrapolée.

Ces remarques sont parfaitement justifiées. Nous pensons cependant que les estimations données ci-dessus sont proches de la réalité car, pour répondre aux critiques exposées précédemment nous précisons que :

- l'ajustement est difficile à réaliser en raison du "saut" très important, de 124 m3/s, entre les valeurs classées 4ème (600 m3/s) et 5ème (476 m3/s). Dans ces conditions, l'ajustement proposé, loin d'être parfait, est alors justifié

- la valeur de (685) m3/s, estimée en 1963, est à notre avis une valeur minimale. Il est fort possible que le débit réel ait été supérieur, auquel cas notre ajustement est amélioré.

AKAGERA à RUSUMO

TABLEAU N°7

Liste des valeurs maximales des débits journaliers

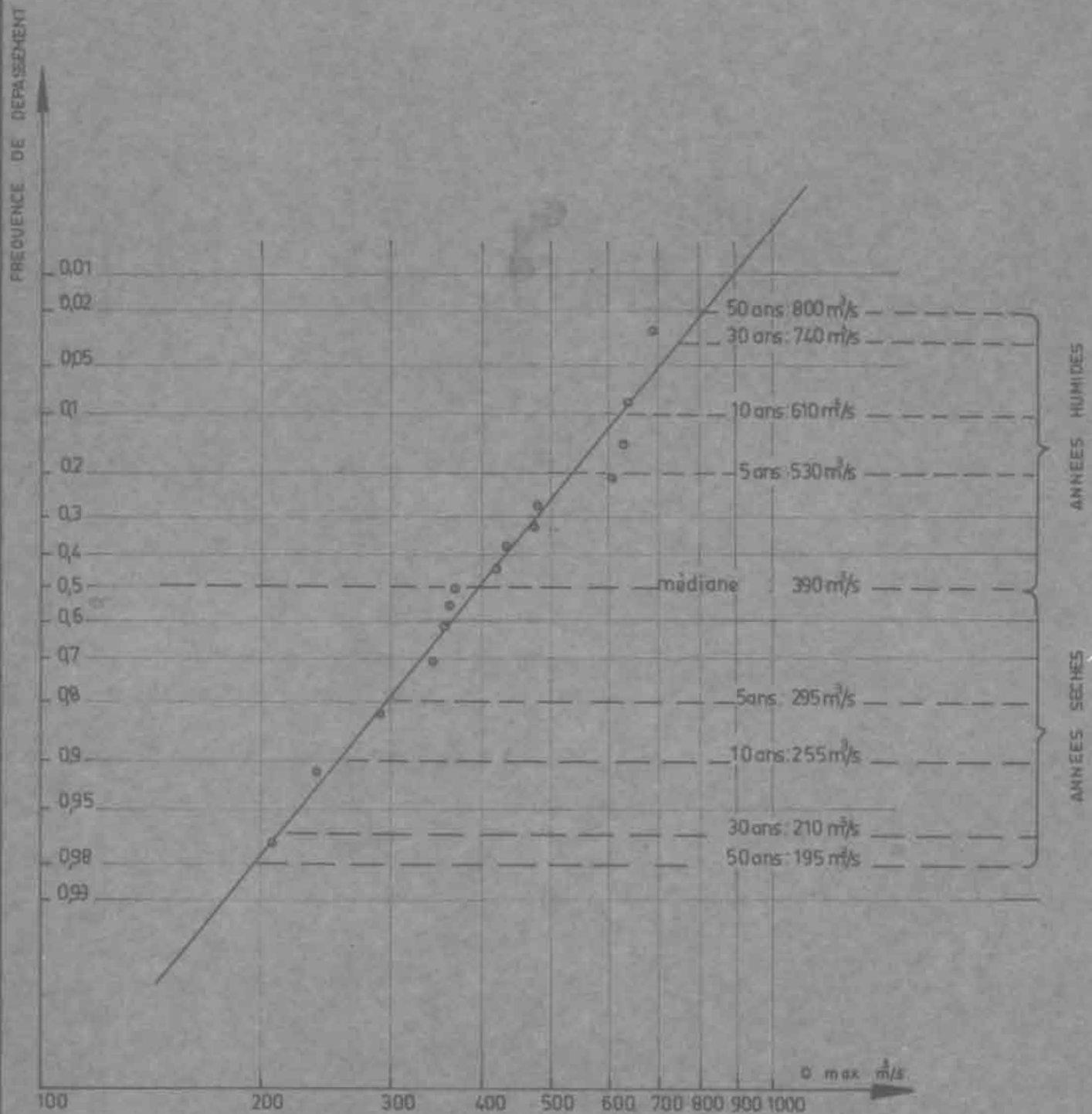
N = 17

Rang n	Débit en m ³ /s	Année	Fréquence $\frac{n - 0,5}{17}$
1	(685)	1963	0,029
2	(637)	1964	0,088
3	622	1962	0,147
4	600	1970	0,206
5	476	1965	0,265
6	473	1960	0,324
7	434	1961	0,382
8	419	1966	0,441
9	369	1972	0,500
10	361	1957	0,559
11	355	1974	0,618
12	343	1971	0,706
12	343	1973	0,706
14	290	1956	0,824
14	290	1967	0,824
16	238	1958	0,912
17	206	1959	0,971

AKAGERA A RUSUMO

Distribution des débits maximaux journaliers

suivant la loi de GALTON



IV. ETUDE DES DEBITS MINIMAUX JOURNALIERS

Le traitement des données d'étiage est identique à celui des crues. Au tableau N°8 on trouvera donc la liste des débits minimaux journaliers classés par ordre décroissant ainsi que leurs fréquences respectives (les années 1964, 68, 69 et 70 manquent).

Nous avons réalisé de nombreux ajustement graphiques: gauss, gauss-log, gumbel, gumbel-log, avec et sans troncature, mais aucune de ces lois n'est satisfaisante. Nous en concluons que notre série d'observations n'est pas homogène. Un examen plus attentif nous montre qu'elle comporte en réalité deux populations groupées chronologiquement: l'une antérieure à 1962 où les étiages sont plus marqués, l'autre de 1962 à 1974 où les débits minimaux sont plus élevés.

Il est difficile de donner avec certitude la cause de ce phénomène. Trois raisons principales peuvent être invoquées, la dernière nous paraissant la plus vraisemblable.

- 1 - changement climatique entraînant une distribution sinusoïdale autour de la moyenne - Cela nous paraît peu probable dans le cas présent.
- 2 - enfoncement de quelques centimètres de l'échelle en 1962. C'est une possibilité qui n'est pas à exclure.
- 3 - léger suerusement de la section de 1962 à 1964 (ces trois années se classent en tête des maxima journaliers) entraînant une augmentation des débits de l'ordre 30 m³/s, augmentation fortement ressentie en basses eaux (30 % pour 100 m³/s) mais peu sensible en très hautes eaux (5 % pour 600 m³/s). Comme nous l'avons écrit précédemment, c'est à notre avis la cause la plus plausible.

L'ajustement graphique des valeurs à notre disposition a été réalisé à la fig.5 dans laquelle, après avoir traité les valeurs 1956-61 suivant leurs fréquences pour 15 années d'observation, nous avons traité séparément les valeurs 1962-74 sur 9 années. Les résultats, pour l'année médiane et les années sèches, sont les suivants :

<u>Période de retour</u>	<u>Période 1956-1974</u>	<u>Période 1962-74</u>
Médiane : 2 ans	115 m ³ /s	152 m ³ /s
5 ans	95 m ³ /s	136 m ³ /s
10 ans	88 m ³ /s	129 m ³ /s
30 ans	78 m ³ /s	(120) m ³ /s
50 ans	(75) m ³ /s	

A K A G E R A à R U S U M O

TABLEAU N°8

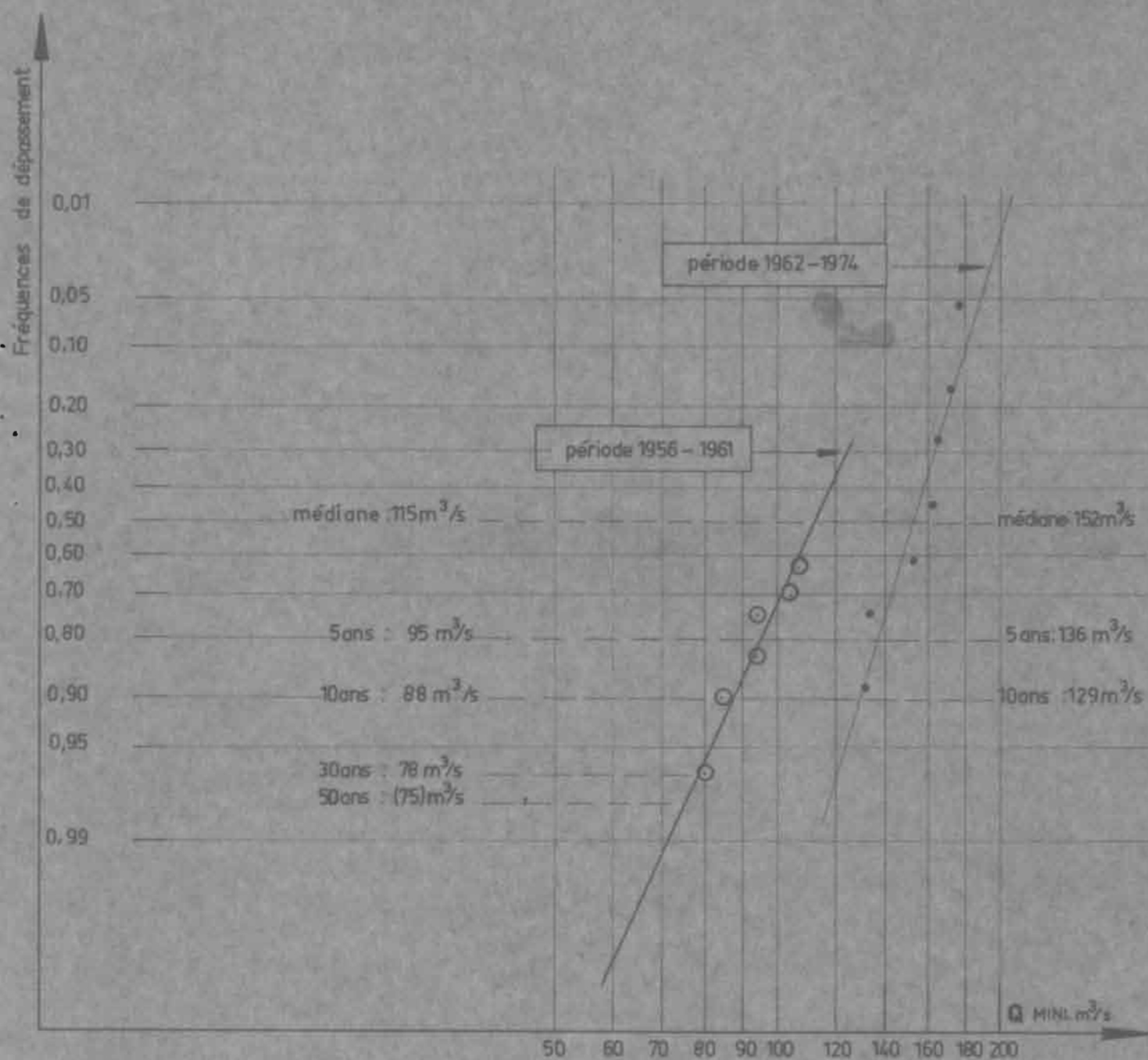
Liste des valeurs minimales des débits journaliers

N = 15

Rang n	Débit en m ³ /s	Année	Fréquence $\frac{n-0,5}{15}$	Fréquence $\frac{n-0,5}{9}$
1	177	1973	0,033	0,056
2	174	1963	0,100	0,167
3	167	1971	0,167	0,278
4	164	1962	0,267	0,444
4	164	1974	0,267	0,444
6	154	1972	0,367	0,611
7	134	1965	0,433	0,722
8	133	1966	0,500	0,888
8	133	1967	0,500	0,888
10	107	1957	0,633	
11	105	1960	0,700	
12	95,8	1959	0,767	
13	94,9	1956	0,833	
14	85,7	1961	0,900	
15	81,2	1958	0,967	

AKAGERA A RUSUMO

Distribution des Débits minimaux journaliers
Selon la loi de GALTON



V - CONCLUSIONS ET RECAPITULATION DES RESULTATS.

Le tableau N°9 récapitule la totalité des résultats obtenus dans le cadre de cette courte étude.

Le lecteur a pu se rendre compte des difficultés rencontrées, notamment dans le domaine des données de bases qui, tant pour la pluviométrie que pour l'hydrologie, sont parfois incertaines et le plus souvent absentes.

Aussi, bien que nous pensions que les valeurs exposées ici soient très proches de la réalité, nous conseillons une certaine prudence aux utilisateurs de ces résultats.

AKAGERA à RUSUMO

Tableau N° 9 : Récapitulation

Période de retour	Pluviométrie annuelle		Écoulements annuels			Débits max. journaliers		Débits minimaux journalier	
	sur le bassin étudié	à RUBONA	Module annuel en m ³ /s	Volume écoulé 10 ⁹ m ³	lame d'eau écoulée en mm	Débits Max. journaliers m ³ /s	Période 1956-1974	Période 1962-1974	
100 ans secs	-	860 mm	-	-	-	-	-	-	
50 ans "	(1000)mm	900 mm	-	-	-	195 m ³ /s	(75)m ³ /s	-	
30 ans "	1020 mm	-	-	-	-	210 m ³ /s	78 m ³ /s	(120) m ³ /s	
10 ans "	1070 mm	1005 mm	-	-	-	255 m ³ /s	88 m ³ /s	129 m ³ /s	
5 ans "	1110 mm	-	-	-	-	295 m ³ /s	95 m ³ /s	136 m ³ /s	
Médiane (2 ans)	1195 mm	1180 mm	220 m ³ /s	6,95 10 ⁹ m ³	230 mm	350 m ³ /s	115 m ³ /s	152 m ³ /s	
5 ans humides	1280 mm	-	-	-	-	530 m ³ /s	-	-	
10 ans "	1325 mm	1355 mm	-	-	-	610 m ³ /s	-	-	
30 ans "	1390 mm	-	-	-	-	740 m ³ /s	-	-	
50 ans "	(1420)mm	1460 mm	-	-	-	800 m ³ /s	-	-	
100 ans "	-	1500 mm	-	-	-	-	-	-	
Valeur extrême observée	1417,9 mm en 1963	-	(320) m ³ /s en 1963	(10.10 ⁹) m ³ en 1963	(330) mm en 1963	(685) m ³ /s en 1963	81,2 m ³ /s en 1958	133 m ³ /s en 1966 et 1967	

Nota : Les valeurs () sont données à titre indicatif