

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Centre d'ADIOPODOUMÉ

— RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE —

Étude de reboisement et de protection des sols



PARTIE HYDROLOGIQUE

G. GIRARD
Directeur de Recherches à l'O.R.S.T.O.M.

par

J. SIRCOULON
Ingénieur hydrologue à l'O.R.S.T.O.M.

Service Central Hydrologique - Octobre 1968

OFFICE de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE OUTRE-MER

Centre d'ADIOPODOUME

-- REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE --

ETUDE de REBOISEMENT
et de PROTECTION des SOLS

PARTIE HYDROLOGIQUE

par

G. GIRARD

et

J. SIRCOULON

Directeur de Recherches à l'ORSTOM

Ingénieur Hydrologue à l'ORSTOM

Service Central Hydrologique Octobre 1968

DB
ADI



25 MARS 1968

8428

S O M M A I R E

	Pages
I - <u>RESEAU HYDROGRAPHIQUE de COTE d'IVOIRE</u>	1
II - <u>DONNEES PLUVIOMETRIQUES et CLIMATOLOGIQUES</u>	7
- Les précipitations	
- Hauteurs annuelles	
- Hauteurs moyennes mensuelles et les régimes	
- Précipitations journalières	
- Précipitations journalières exceptionnelles	
- Intensité des averses	
III - <u>Les REGIMES HYDROLOGIQUES et leurs ELEMENTS</u>	25
- Les régimes	
- Les écoulements annuels - Les modules - Les bilans hydrologiques	
- Les variations saisonnières des écoulements	
- Les débits de crue	
- Le tarissement et les éticages	

CHAPITRE I

RESEAU HYDROGRAPHIQUE de COTE d'IVOIRE

Le réseau hydrographique de COTE d'IVOIRE comprend : (Carte IVO 151.207)

quatre bassins principaux :

- le CAVALLY,
- le SASSANDRA,
- le BANDAMA,
- la COMOÉ.

des petits fleuves côtiers :

- le TABOU,
- le SAN PEDRO,
- le NIOUNIOUROU,
- le BOUBO,
- l'AGNEBY,
- la ME
- et le BIA.

des affluents du NIGER :

- le BAULE,
- la BAGOE
- et le GBANHALA.

Il y a lieu de mentionner également, pour être complet, le KOULDA, un petit affluent de la VOLTA Noire.

1.1 Les BASSINS PRINCIPAUX

1.1.1 Le Bassin du CAVALLY

Le CAVALLY prend sa source en GUINEE, au Nord du Mont NIMBA, à une altitude voisine de 600 mètres. Long de 700 kilomètres, son lit sert de frontière entre le LIBERIA et la COTE d'IVOIRE dans son cours moyen (un peu au Sud de TOULEPLEU) et dans son cours inférieur.

Le bassin versant a une superficie de 28 800 km² à TATE, station hydrométrique située à 60 km de l'embouchure.

Deux stations ont été installées sur le cours supérieur : TAI (superficie du bassin versant 12 400 km²), et FLAMPLEU (2 200 km²).

La COTE d'IVOIRE ne possède que 15 000 km² environ de bassin versant.

A la source, le CAVALLY se nomme DJOUGOU; il reçoit en rive gauche le DIRE. Jusqu'à TOULEPLEU, il ne reçoit que de très petits affluents.

Avant la zone des rapides de TAI, le CAVALLY reçoit en rive gauche, le DOUI, le GOIN, le DOUE, le DEBE, et, en rive droite le DREN. A TAI, il reçoit le N'CE, et une zone de rapides commence et s'étend jusqu'à GRABO. Le HANA et le NEKA viennent grossir le CAVALLY en rive gauche et le DOUOBE, le GBEH et le GI en rive droite.

La pente moyenne est de 0,85 mètre par kilomètre; elle atteint, dans la zone des rapides, environ 1 mètre par kilomètre. A noter les chutes de SELEDIO qui ne dépassent pas 1 mètre de hauteur.

Au point de vue hypsométrie, seulement 16 % du bassin se trouvent au-dessus de 400 m, 27 % au-dessus de 300 m; plus de la moitié du bassin est au-dessus de 200 m.

1.1.2. Le Bassin du SASSANDRA

Le SASSANDRA prend sa source dans la région de BEYLA en GUINEE, sous le nom de FEROUDOUGOUBA. Son bassin couvre une superficie d'à peu près 75 000 km². A SOUBRE, le bassin versant est de 62 000 km².

Long de 650 km, le SASSANDRA reçoit deux affluents importants en rive droite : le BAFING et le N'ZO.

Le premier affluent reçu est, en rive gauche, le BOA dans lequel se jette le TIEMBA. Après ce confluent, la pente est faible, sans rapides. En rive droite, se jette le BAFING dont le bassin versant à TABALA est de 6 000 km². Après le confluent du BAFING, le lit du SASSANDRA est parsemé d'îlots et présente de nombreux méandres.

Après GUESSABO, le SASSANDRA reçoit, en rive droite, le N'ZO, dont le bassin versant à GUIGLO a environ 7 000 km². Il faut remarquer le DROU, affluent du KOH, lui-même affluent du N'ZO, qui a fait l'objet d'une étude particulière. Des rapides coupent le lit du SASSANDRA : rapides BALE, BROUDE, BARAKUE, POUTOPOTOU, BOLA. Puis il reçoit, en rive gauche, le LOBO. Enfin, vers SOUBRE, avec les chutes NAOUA, commence une série de rapides qui s'étendent jusqu'au DAVO, dernier affluent en rive gauche.

On note deux secteurs de fortes pentes, l'un dans le cours supérieur et l'autre dans les 60 km qui viennent en aval de SOUBRE.

Au point de vue hypsométrie, près de la moitié du bassin est à une cote inférieure à 300 m. Seulement 20 % du bassin sont au-dessus de 500 m. Le potentiel énergétique du bassin n'est donc pas très grand.

La pente moyenne est de 0,50 mètre par kilomètre.

1.1.3 Le Bassin du BANDAMA

Le BANDAMA est formé du BANDAMA Blanc et du BANDAMA Rouge ou MARAHOUE. Ils prennent tous les deux leur source autour de KORHOGO.

Le BANDAMA a une longueur de 1 050 km. Son bassin versant total est de 97 000 km² environ, dont 24 300 pour le MARAHOUE et 35 500 pour le N'ZI.

Coulant d'abord d'Ouest en Est pendant près de 200 km, le BANDAMA, à partir de la route de KORHOGO à FERKESSEDOUGOU, prend la direction Nord-Sud. Son lit comporte alors beaucoup de méandres. Les affluents sont, jusque là, le SOLOMOUGOU et le BOU, en rive droite, le BADENOU et le LOKPOHO en rive gauche. Vers MARABADIASSA, le BANDAMA présente des chutes d'un à deux mètres.

Au droit de KOSSOU, la vallée du BANDAMA se resserre notablement. Peu après, le BANDAMA Blanc reçoit en rive droite le MARAHOUE, long de 550 km. Ensuite, sa direction s'infléchit vers le Sud-Est jusqu'au N'ZI, affluent de rive gauche, long de 725 km. Avant le N'ZI, nous avons la zone des rapides d'OUME avec 100 m de dénivellation pour 100 km de cours. Il faut noter aussi le KAN et le TENE en rive droite, et les deux KAN de rive gauche.

Le profil en long révèle pour le BANDAMA une pente un peu plus forte entre KOSSOU et BRIMBO : 0,80 mètre par kilomètre. La pente moyenne n'est que de 0,40 mètre par kilomètre. Seuls 5 % du bassin sont au-dessus de 500 m et 56 % au-dessus de la cote 250.

1.1.4 Le Bassin de la COMOË

La COMOË prend sa source dans la région de BANFORA (Haute-VOLTA). Avec un cours de 1 160 km, c'est le plus long fleuve de COTE d'IVOIRE.

Son lit draine un bassin versant de 78 000 km² environ.

Il coule dans une direction Nord-Sud et ne comporte aucun affluent important. Pour mémoire, on peut citer, en rive gauche, le DIORE, le BA grossi de l'IFOU, le BEKI et le MANZAN, et, en rive droite, le KOSSA.

De la source à SEREBOU, le lit de la COMOË est coupé par quelques seuils rocheux qui donnent des rapides peu importants.

En descendant de SEREBOU à BETTIE, on rencontre de petits rapides apparents aux basses eaux et noyés aux hautes eaux. Une seule dénivellation est intéressante : les rapides entre ATTAKRO et ANIASSUE, qui donnent quelques mètres de chute.

On note, en amont de MALAMALASSO, des rapides étendus sur quelques kilomètres, totalisant 30 ou 40 m de dénivellation et quelques petits rapides en aval, mais peu intéressants. A part une forte pente à la source, la pente moyenne est assez faible : 250 m de dénivellation pour 1 050 km, soit 0,25 mètre par kilomètre.

Au point de vue hypsométrique, 39 % du bassin sont situés au-dessus de 250 m et 94 % au-dessus de 125 m. La moitié du bassin se trouve au-dessus de 225 m.

1.2 Les FLEUVES COTIERS

Les principaux fleuves côtiers sont, de l'Ouest à l'Est : le TABOU, le SAN PEDRO, le NIOUNIOUROU, le BOUBO, l'AGNEBY, la ME et la BIA. Nous ne retiendrons que les 4 derniers.

1.2.1 Le BOUBO

Il a 130 km de long, prend sa source vers ZAREKRO à la cote 230. Le bassin versant est de l'ordre de 5 100 km². Il reçoit en rive droite deux affluents importants : la DO et le LOULO. Sa pente, modérée en amont de DIVO, augmente dans la section de son cours comprise entre le pont de DIVO et le pont de GUTTRY. Sur les premiers 26 km, la pente moyenne est de 3 m/km; c'est dans ce tronçon que sont situées les chutes de MENOKADIE.

Sur les 5 100 km² du bassin, 2 050 sont en dessous de 150 m; le point culminant du bassin est à la cote 415.

1.2.2. L'AGNEBY

L'AGNEBY prend sa source à AGOUA, à l'altitude 250 m. Le bassin versant a une surface de 8 900 km² pour 200 km de lit. L'AGNEBY reçoit trois affluents importants en rive droite : le M'PEBO, le KAVI et le SEGUE. Dans son cours inférieur, l'AGNEBY coule dans des marais. Le profil en long est assez régulier et la pente moyenne est de 1,25 m/km. Une grande partie du bassin se trouve en dessous de 100 m; l'altitude moyenne est de 105 m.

1.2.3 La ME

La ME, avec un bassin versant de 4 300 km² et une longueur de 140 km, ne présente pas beaucoup d'intérêt à cause de sa faible pente. Son affluent principal est le MAFOU. La ME se jette dans la lagune POTOU.

1.2.4 La BIA

La BIA prend sa source au GHANA, au Nord de CHEMRASO. Sur les 290 km de son cours, seulement 120 km sont en COTE d'IVOIRE; ce sont les seuls intéressants pour cette étude. A son entrée en territoire ivoirien, le lit est à la cote 115 m. La BIA reçoit un seul affluent important au GHANA, le SUI, en rive gauche.

De BIANOUAN à AYAME, elle franchit une zone de rapides dont la partie réellement intéressante se situe entre AYAME et ABOISSO : à 3 km de l'ancien village d'AYAME (submergé par le barrage d'AYAME I), on trouve des rapides qui, sur 1,5 km, donnent une dénivellation de 25 m (1). En amont d'ABOISSO, on observe une série de rapides donnant, sur 300 m, 25 m de dénivellation. A ABOISSO même, on note des rapides dus à une dénivellation de 4 m. La BIA se jette dans la lagune ABY. L'altitude moyenne du bassin versant se situe autour de 180 m.

1.3 Les AFFLUENTS du NIGER

Nous en retiendrons deux importants :

- le BAOULE
- la BAGOE

Le BAOULE

Le BAOULE coule, pendant 330 km, de sa source à la frontière de la COTE d'IVOIRE et du MALI. Il prend sa source vers LENGU, à la cote 600. Il reçoit en rive gauche son principal affluent, le DOUNI, au Nord d'ODIENNE.

La BAGOE

Longue de 230 km en COTE d'IVOIRE, elle prend sa source vers KOKOUM. Son principal affluent est, en rive droite, le NIANGBOUE. A KOUTO, la BAGOE draine un bassin de 4 740 km². En amont de KOUTO, l'altitude moyenne est de 425 m.

(1) Deux affluents, le TAMIN en rive droite et la TIOMA en rive gauche, se jettent dans la retenue du barrage.

CHAPITRE II

DONNEES PLUVIOMETRIQUES et CLIMATOLOGIQUES

Le régime hydrologique d'un cours d'eau est déterminé :

- 1° par les apports en eau de l'atmosphère, constitués essentiellement par les précipitations,
- 2° par les caractéristiques inhérentes au bassin de réception.

Les caractéristiques comportent, d'une part, les divers facteurs climatologiques propres au bassin versant intervenant dans le processus d'évaporation et, d'autre part, les facteurs concernant le sol du bassin, à savoir : la constitution du sol, la couverture végétale, la pente et le réseau hydrographique.

Les régimes hydrologiques varieront donc suivant la répartition des précipitations et les conditions naturelles des bassins versants.

Etant donné la situation géographique de la COTE d'IVOIRE, le régime pluviométrique et les facteurs climatologiques (température, humidité) seront marqués par les déplacements du Front Intertropical et les déformations de ce Front par suite de la présence des massifs de GUINEE. Malgré la faible superficie de la COTE d'IVOIRE, on distingue quatre régimes pluviométriques différents.

2.1 Les PRECIPITATIONS

L'étude des régimes pluviométriques comporte toute une série de valeurs moyennes et d'écarts dont les plus caractéristiques et utilisés sont :

- les hauteurs de précipitations moyennes annuelles auxquelles sont jointes les écarts-types,
- les hauteurs de précipitations moyennes mensuelles auxquelles sont jointes généralement les écarts-types. Elles donnent la répartition des précipitations au cours de l'année,
- le coefficient de variation des hauteurs de précipitations moyennes caractérise l'irrégularité interannuelle au même titre que le coefficient K_3 , rapport entre les hauteurs de précipitation annuelle de l'année décennale humide et celles de l'année décennale sèche.

Elle porte également sur la détermination des intensités des précipitations de différentes durées et des fréquences d'apparition des fortes intensités.

2.1.1 Hauteurs des précipitations annuelles

La pluviométrie de la COTE d'IVOIRE est comprise, en année moyenne, entre 2 500 et 1 050 mm. Les isohyètes interannuelles, dont le tracé approximatif a été représenté sur la carte (2-1) IVO 152.214, affectent dans l'ensemble la forme de U inclinés vers le Nord-Est et axés sur une ligne qui traverse la COTE d'IVOIRE en diagonale, en passant par GRABO, BOUAKE et BOUNA.

Les précipitations diminuent progressivement du Sud-Ouest vers le Nord-Est en suivant cet axe. Par contre, elles augmentent lorsqu'on s'en éloigne, aussi bien vers le Nord-Ouest que vers le Sud-Est.

Ce schéma général subit cependant quelques irrégularités. Sur la côte en particulier on note une décroissance anormale des précipitations entre SASSANDRA et GRAND-LAHOU.

Dans le Nord-Ouest du pays, les isohyètes tendent à s'incurver vers le Nord, puis le Nord-Ouest, pour se raccorder au réseau des isohyètes du MALI et de la GUINEE, orientées d'Est en Ouest.

Pour la majorité des stations pluviométriques de COTE d'IVOIRE, le nombre d'années d'observations est supérieur à 20 années et souvent dépasse 40. La détermination de l'écart-type et du coefficient de variation des hauteurs des précipitations annuelles de diverses fréquences demande qu'une loi de probabilité de répartition des hauteurs annuelles soit ajustée à la série des valeurs observées.

A) Pour les stations pluviométriques assez éloignées de la Côte Atlantique, la loi de PEARSON III utilisée par Y. BRUNET MORET a permis d'évaluer les hauteurs des précipitations annuelles de diverses fréquences.

Le tableau 2-1 donne, pour les stations ayant plus de 20 années d'observations, les hauteurs annuelles sèches et humides, centennale, cinquennale, duodécennale, décennale, quinquennale, ainsi que les hauteurs moyennes annuelles et médianes annuelles.

TABLEAU 2-1

Hauteurs des précipitations annuelles pour différentes récurrences

Stations	Moy.	1/100	1/50	1/20	1/10	1/5	Méd.	1/5	1/10	1/20	1/50	1/100	Nbre d'an.	Nbre K ₃
: ABENGOUROU	: 1368	: 1: 865	: 1: 915	: 2: 994	: 3: 1068	: 9: 1160	: 20: 1353	: 26: 1567	: 8: 1688	: 4: 1790	: 3: 1912	: 1: 1997	: 0: 46	: 1,58
: ADZOPE	: 1469	: 0: 954	: 0: 1004	: 0: 1086	: 3: 1160	: 4: 1257	: 11: 1454	: 10: 1670	: 3: 1794	: 3: 1398	: 2: 2020	: 1: 2104	: 0: 21	: 1,55
: AGBOVILLE	: 1438	: 2: 865	: 2: 921	: 2: 1010	: 3: 1091	: 6: 1197	: 19: 1420	: 19: 1667	: 7: 1803	: 4: 1930	: 2: 2072	: 0: 2168	: 0: 38	: 1,64
: AZAGUIE	: 1779	: 0: 1147	: 0: 1210	: 2: 1309	: 4: 1400	: 7: 1518	: 15: 1761	: 16: 2030	: 7: 2178	: 2: 2305	: 2: 2459	: 0: 2563	: 0: 31	: 1,55
: BEOUMI	: 1222	: 0: 785	: 0: 828	: 2: 896	: 3: 961	: 6: 1042	: 17: 1210	: 10: 1394	: 7: 1497	: 5: 1586	: 2: 1690	: 0: 1765	: 0: 27	: 1,56
: BONDOUKOU	: 1226	: 0: 757	: 0: 804	: 2: 876	: 3: 945	: 8: 1030	: 17: 1211	: 17: 1411	: 7: 1527	: 3: 1624	: 1: 1737	: 1: 1819	: 1: 34	: 1,61
: BOUAFLE	: 1362	: 0: 884	: 0: 932	: 1: 1007	: 4: 1078	: 8: 1166	: 24: 1349	: 18: 1550	: 8: 1665	: 5: 1761	: 3: 1875	: 3: 1955	: 0: 42	: 1,54
: BOUAKE	: 1213	: 0: 769	: 1: 813	: 2: 882	: 5: 946	: 9: 1029	: 20: 1200	: 20: 1389	: 6: 1496	: 4: 1587	: 3: 1694	: 1: 1769	: 0: 40	: 1,58
: BOUNA	: 1158	: 0: 662	: 1: 709	: 2: 785	: 4: 855	: 8: 948	: 21: 1140	: 22: 1359	: 8: 1483	: 3: 1591	: 2: 1720	: 2: 1810	: 2: 43	: 1,74
: BOUNDIALI	: 1423	: 0: 919	: 0: 969	: 1: 1048	: 4: 1120	: 11: 1213	: 19: 1408	: 21: 1621	: 8: 1740	: 5: 1841	: 3: 1964	: 1: 2048	: 0: 40	: 1,55
: DABAKALA	: 1184	: 0: 778	: 1: 819	: 4: 883	: 4: 932	: 7: 1018	: 25: 1173	: 18: 1344	: 8: 1439	: 5: 1521	: 2: 1620	: 1: 1686	: 1: 43	: 1,54
: DALOA	: 1423	: 0: 942	: 0: 991	: 2: 1067	: 5: 1138	: 9: 1226	: 22: 1410	: 22: 1610	: 7: 1723	: 4: 1820	: 2: 1930	: 1: 2012	: 1: 44	: 1,51
: DIMBOKRO	: 1217	: 1: 781	: 1: 825	: 2: 891	: 4: 956	: 8: 1038	: 23: 1204	: 21: 1389	: 8: 1490	: 3: 1580	: 1: 1684	: 1: 1758	: 1: 44	: 1,56
: FERKESSEDOUGOU	: 1360	: 0: 870	: 0: 920	: 3: 995	: 3: 1068	: 9: 1158	: 20: 1344	: 19: 1553	: 7: 1667	: 4: 1770	: 2: 1885	: 1: 1967	: 1: 39	: 1,56
: GAGNOA	: 1486	: 1: 912	: 2: 970	: 2: 1059	: 3: 1141	: 9: 1248	: 22: 1468	: 21: 1716	: 9: 1851	: 5: 1972	: 3: 2117	: 0: 2212	: 0: 43	: 1,62
: GUIGLO	: 1722	: 0: 1163	: 0: 1220	: 1: 1310	: 3: 1391	: 8: 1494	: 20: 1709	: 15: 1940	: 8: 2073	: 5: 2180	: 1: 2313	: 1: 2400	: 1: 35	: 1,49
: KORHOGO	: 1410	: 0: 800	: 1: 857	: 3: 950	: 3: 1038	: 5: 1150	: 11: 1388	: 16: 1657	: 4: 1810	: 2: 1941	: 2: 2100	: 1: 2207	: 0: 27	: 1,74
: MAN	: 1760	: 0: 1173	: 1: 1232	: 4: 1342	: 6: 1411	: 8: 1520	: 17: 1745	: 25: 1990	: 12: 2126	: 1: 2243	: 0: 2356	: 0: 2478	: 0: 42	: 1,50
: MANKONO	: 1274	: 0: 771	: 0: 820	: 1: 897	: 4: 970	: 5: 1063	: 15: 1259	: 12: 1475	: 9: 1599	: 3: 1704	: 1: 1830	: 0: 1918	: 0: 27	: 1,64
: MBAHIKRO	: 1175	: 0: 718	: 0: 763	: 2: 853	: 3: 900	: 3: 985	: 10: 1161	: 11: 1359	: 5: 1468	: 2: 1564	: 1: 1678	: 0: 1756	: 0: 21	: 1,63
: ODIENNE	: 1640	: 0: 1100	: 0: 1154	: 4: 1240	: 5: 1320	: 8: 1420	: 23: 1627	: 20: 1850	: 8: 1978	: 4: 2084	: 4: 2208	: 0: 2300	: 0: 43	: 1,50
: OUME	: 1330	: 0: 834	: 1: 882	: 1: 960	: 1: 1033	: 5: 1125	: 13: 1313	: 8: 1527	: 4: 1645	: 3: 1750	: 2: 1870	: 0: 1958	: 0: 21	: 1,59
: SEGUELA	: 1359	: 0: 891	: 0: 939	: 3: 1011	: 4: 1080	: 7: 1167	: 23: 1346	: 20: 1542	: 8: 1650	: 5: 1747	: 3: 1857	: 3: 1935	: 0: 43	: 1,52
: SOUBRE	: 1631	: 0: 1134	: 0: 1187	: 0: 1266	: 3: 1339	: 5: 1430	: 14: 1619	: 12: 1822	: 4: 1937	: 2: 2033	: 2: 2140	: 1: 2227	: 1: 26	: 1,45
: TIIASSALE	: 1318	: 1: 768	: 2: 820	: 2: 905	: 3: 984	: 8: 1084	: 17: 1299	: 23: 1536	: 9: 1674	: 2: 1792	: 1: 1930	: 1: 2030	: 1: 40	: 1,70
: TOUBA	: 1403	: 1: 922	: 1: 970	: 1: 1047	: 1: 1117	: 4: 1208	: 11: 1390	: 9: 1592	: 5: 1705	: 3: 1800	: 0: 1913	: 0: 1993	: 0: 20	: 1,53
: TOULEPLEU	: 1858	: 0: 1114	: 0: 1188	: 2: 1300	: 5: 1408	: 9: 1545	: 21: 1833	: 20: 2153	: 8: 2336	: 5: 2497	: 3: 2680	: 0: 2804	: 0: 41	: 1,66
: Nbre d'observ.:	: 7:	: 15:	: 53:	: 96:	: 193:	: 490:	: 471:	: 192:	: 96:	: 53:	: 21:	: 9: 961:	:	:
: Nbre théorique:	: 9,61:	: 19,22:	: 48,05:	: 96,1:	: 192,2:	: 480,5:	: 192,2:	: 96,1:	: 48,05:	: 19,22:	: 9,61:	:	:	:

Pour les années sèches, à gauche de la hauteur calculée pour une fréquence donnée, a été porté le nombre d'années d'observations pour lesquelles la hauteur annuelle était inférieure à cette hauteur. Pour les années humides, à droite de la hauteur annuelle calculée pour la fréquence donnée, a été porté le nombre d'années d'observations pour lesquelles la hauteur annuelle était supérieure à cette hauteur.

Ainsi, pour les 27 stations retenues totalisant 961 années d'observations, on constate un accord tout à fait satisfaisant entre les nombres théoriques d'observations et les nombres totalisés d'observations pour lesquels la hauteur annuelle est inférieure (ou supérieure) à la hauteur de fréquence donnée.

L'utilisation de cette loi d'ajustement pour les hauteurs de précipitations annuelles est suffisamment justifiée et les résultats obtenus présentent une certaine garantie.

Le rapport d'irrégularité des précipitations annuelles K_3 , calculé à partir de ces résultats, varie relativement peu pour toutes ces stations: 1,45 à 1,75. En valeur médiane il est de 1,56 et pour 80 % des stations il reste compris entre 1,50 et 1,65. La variabilité des hauteurs des précipitations annuelles à chacune de ces stations peut être considérée comme commune en première approximation.

B) Pour les neuf stations pluviométriques situées le long de la Côte Atlantique l'essai d'ajustement n'a pas été réalisé. Les hauteurs des précipitations annuelles de probabilité une fois en 10 ans ont été estimées uniquement au vu du rangement en ordre décroissant des hauteurs annuelles observées.

Le rapport K_3 , évalué de cette manière avec moins de précision, varie de 1,62 à 2,20. Sa valeur médiane est de 1,84.

L'irrégularité interannuelle est ainsi plus élevée le long de la Côte Atlantique que dans l'ensemble de la COTE D'IVOIRE.

C) Les écarts-type des précipitations annuelles présentent une variation spatiale semblable à celle des hauteurs moyennes des précipitations annuelles.

Les coefficients de variation varient de 0,153 pour SOUBRE à 0,282 pour GRAND LAHOU (tableau 2-2). On note que ces coefficients ont des valeurs élevées pour les stations proches de la Côte Atlantique, comprises entre 0,20 et 0,282. Pour toutes les autres stations ils oscillent entre 0,160 et 0,180.

TABLEAU 2-2

Ecart-type, coefficient d'irrégularité et coefficient de variation
Hauteurs des précipitations annuelles

Station	Hauteur pluviométrique annuelle P mm	Ecart-type σ mm	Coefficient d'irrégularité interannuelle K_3	Coefficient de variation
ABENGOUROU	1 368	245,7	1,58	0,179
ABIDJAN (aéro)	2 128	398	(1,62)	0,190
ABIDJAN (ville)	2 058	433,6	(1,84)	0,211
ABOISSO	1 925	375,2	(1,68)	0,195
ADIAKE	2 097	437,0	(1,78)	0,205
ADZOPE	1 469	258,6	1,55	0,176
AGBOVILLE	1 438	276,2	1,64	0,192
AZAGUÉ	1 779	305,4	1,55	0,172
BANCO	2 145	566,8	(1,98)	0,864
BEOUMI	1 222	215,2	1,56	0,176
BONDOUKOU	1 226	234,8	1,61	0,191
BOUAFLE	1 362	237,8	1,54	0,175
BOUAKE (aéro)	1 213	217,8	1,58	0,179
BOUNA	1 158	256,1	1,74	0,221
MBAHIKRO	1 175	224,6	1,63	0,112
BOUNDIALI	1 483	264,4	1,55	0,173
ODIENNE	1 640	260,5	1,50	0,159
DABAKALA	1 184	197,5	1,55	0,166
OUME	1 330	248,2	1,59	0,187
DALOA	1 423	230,9	1,51	0,162
SASSANDRA	1 740	349,9	(2,02)	0,202
DIMBOKRO	1 217	224,8	1,56	0,185
SEGUELA	1 359	231,9	1,53	0,171
GAGNOA	1 486	280,7	1,62	0,188
SOUBRE	1 631	249,7	1,45	0,153
GRAND-LAHO	1 698	478,5	(2,20)	0,282
TABOU	2 343	552,5	(2,0)	0,236
FERKESSEDOUGOU	1 360	239,0	1,56	0,176
TIASSALE	1 318	276,5	1,70	0,210
LAME	1 977	423,5	(1,85)	0,214
TOUBA	1 403	233,5	1,53	0,166
TOULEPLEU	1 858	367,0	1,66	0,197
KORHOGO	1 410	305,3	1,74	0,216
MANKONO	1 274	245,2	1,64	0,192
GUIGLO	1 722	274,8	1,49	0,160
MAN	1 760	275,2	1,51	0,156

L'homogénéité de ces coefficients de variation indique bien la similitude des variations des hauteurs de précipitations annuelles à chaque station.

2.1.2 Hauteurs moyennes des précipitations mensuelles

On trouvera en annexe le tableau donnant pour chaque station pluviométrique la hauteur moyenne brute des précipitations mensuelles.

Aucune homogénéisation des données n'ayant été effectuée, ces valeurs peuvent présenter, pour les stations récentes, des différences avec la valeur normalisée. Pour caractériser les différents régimes pluviométriques ces valeurs sont suffisamment représentatives. D'ailleurs ces moyennes calculées sur plusieurs années estompent certaines variations saisonnières, telles que la durée effective d'une petite saison sèche ou bien l'inexistence de cette saison au cours d'une année particulière.

Il est possible de donner une idée plus complète de la répartition mensuelle des précipitations en présentant, pour chaque mois de l'année, toutes les hauteurs de précipitation de fréquence donnée (0,1 - 0,2 - 0,5 - 0,8 - 0,9).

Le graphique 2-2 indique que le mois d'Août à BOUNA peut être un mois où la précipitation mensuelle est égale à celle du mois de Septembre bien qu'en moyenne il soit inférieur de moitié.

Cependant ce mode de représentation ne permet pas de schématiser au cours du temps des hauteurs mensuelles des précipitations. Il en éveille seulement l'éventualité.

La carte 2-1 IVO 152.21/4 présente pour chaque station pluviométrique longue durée un graphique de variation de la hauteur moyenne mensuelle des précipitations.

Le tableau 2-3 donne pour quelques stations les hauteurs moyennes mensuelles des précipitations pour compléter cette dernière carte.

Suivant l'abondance des précipitations annuelles et surtout leur répartition saisonnière, on peut distinguer plusieurs régimes pluviométriques.

CHAMP DES FRÉQUENCES DES PRÉCIPITATIONS MENSUELLES

à Bouna (Côte d'Ivoire).

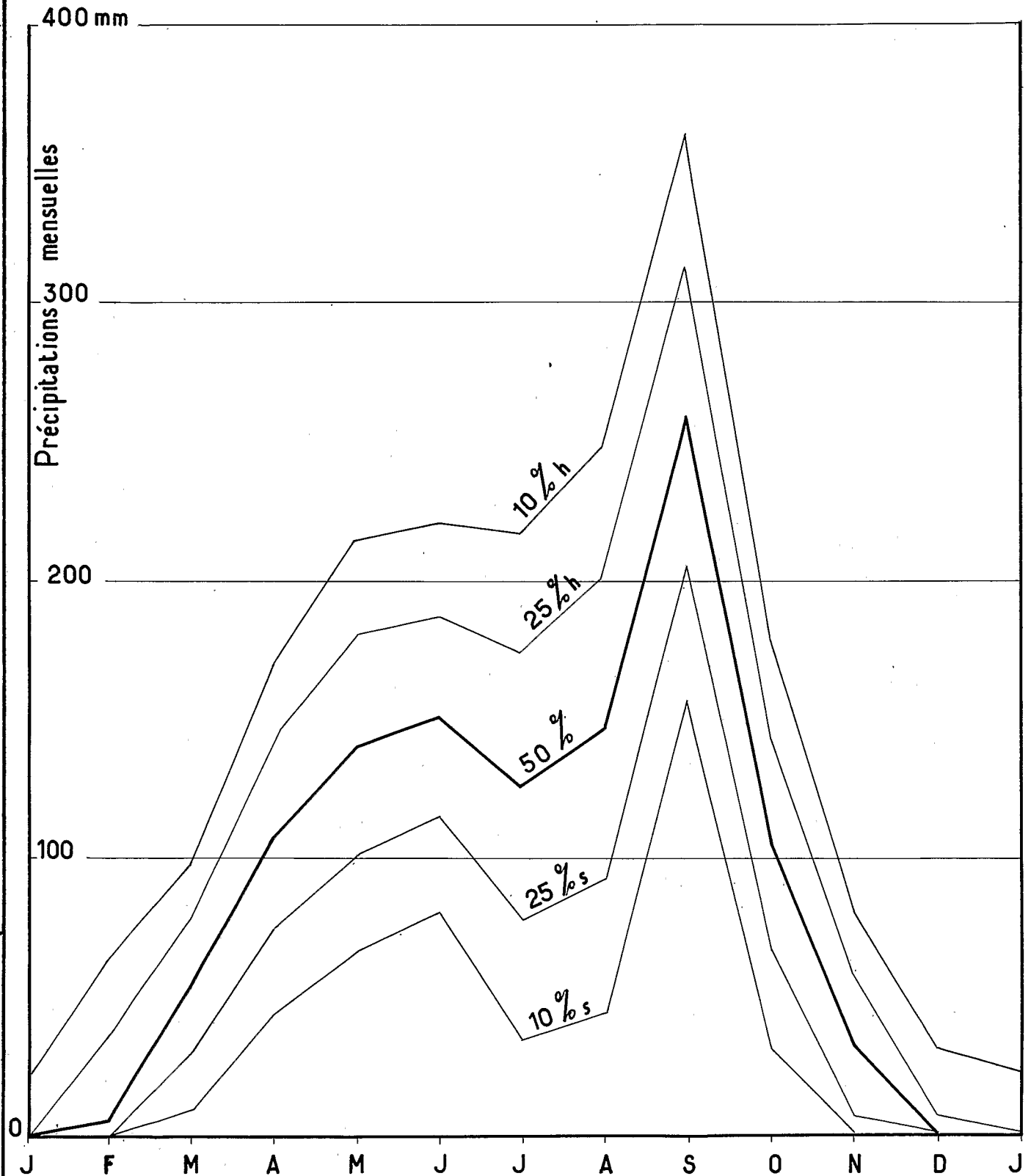


TABLEAU 2-3

Répartition mensuelle des hauteurs de précipitations
(mm)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<u>Régime équatorial de transition</u>												
- ABIDJAN	29	42	115	155	355	595	226	30	55	189	187	109
- TABOU	53	48	88	134	416	533	156	83	221	203	195	145
- SASSANDRA	23	24	74	104	295	511	157	23	48	100	142	87
<u>Régime équatorial de transition atténué</u>												
- DIMBOKRO	16	46	123	151	182	184	95	60	138	130	63	19
- BONDOUKOU	15	43	74	131	169	166	80	64	186	177	51	17
- SOUBRE	33	56	139	166	173	245	107	100	220	191	120	54
<u>Régime tropical de transition</u>												
- FERKESSEDOUGOU	5	19	47	91	140	158	186	299	251	112	32	110
- ODIENNE	3	14	39	76	118	176	289	383	292	164	54	10
<u>Régime de Montagne</u>												
- DANANE	24	68	127	171	180	305	347	347	408	217	75	35
- MAN	16	57	116	159	159	214	207	260	320	170	56	22

2.1.2.1 Régime tropical de transition (climat soudanais)

C'est le régime de la partie septentrionale de la COTE d'IVOIRE, limitée approximativement au Sud par le parallèle 8° N. Il est bien représenté par les stations de FERKESSEDOUGOU, BOUNDIALI et ODIENNE.

Les précipitations annuelles assez abondantes (1 250 à 1 700 mm) surviennent en majeure partie pendant les mois de Juillet, Août et Septembre. Les premières pluies d'Avril à Juin sont espacées et de faible importance en général. De Novembre à Mars-Avril, la sécheresse est absolue, sauf exceptions assez rares dues à une extension accidentelle du régime que l'on rencontre plus au Sud.

2.1.2.2 Régime équatorial de transition atténué (climat baouléen)

C'est le régime de la région située au-dessous du 8° parallèle et limitée approximativement au Sud par l'axe ABENGOUROU-TOUMODI-SOUBRE.

Il est caractérisé par :

- une première saison des pluies de Mars à Juin (environ 150 à 200 mm par mois),
- un ralentissement des précipitations en Juillet, Août,
- une seconde saison des pluies en Septembre et Octobre, plus irrégulière que la première au Sud et plus abondante au Nord,
- une saison sèche très marquée de Novembre à Février, comportant toutefois quelques précipitations isolées.

La pluviométrie annuelle varie de l'Est à l'Ouest de cette zone entre 1 100 et 1 600 mm.

2.1.2.3 Régime équatorial de transition (climat attien)

C'est le régime de la partie méridionale de la COTE d'IVOIRE, située au Sud de la ligne ABENGOUROU-TOUMODI-SOUBRE.

Il est caractérisé par :

- une saison des pluies d'Avril à Juillet qui, contrairement à ce que l'on observe dans le régime précédent, est plus importante que la seconde,
- une petite saison sèche, généralement de Juillet à Septembre,
- une seconde saison des pluies de Septembre à Novembre très irrégulière,
- une grande saison sèche de Décembre à Mars.

Lorsqu'on se rapproche de la Côte, le maximum de Juin s'accroît, la petite saison sèche devient plus marquée et se décale légèrement sur Août ou Septembre. La deuxième saison des pluies est généralement un peu plus tardive.

Dans ce régime équatorial de transition, les hauteurs des précipitations annuelles varient de 1 500 à 2 500 mm.

2.1.2.4 Régime de montagne

C'est le régime pluviométrique des massifs montagneux de l'Ouest de la COTE d'IVOIRE, dans les régions de MAN, DANANE, TOULEPLEU.

Malgré la situation assez méridionale de son domaine, il se rattache davantage au régime soudanais qu'au régime baouléen, car il ne comporte que deux saisons bien individualisées. La saison sèche est cependant assez courte (Novembre à Février), tandis que la saison des pluies s'étale de Mars à Octobre avec un paroxysme de précipitation en Septembre.

Les chutes de pluies annuelles sont également plus abondantes que celles du régime soudanais. Elles varient de 1 400 à plus de 2 300 mm.

2.1.3 Les précipitations journalières

Au début de la saison des pluies on peut considérer que les précipitations journalières correspondent à des averses classiques ou tornades.

Le diagramme d'intensité se compose :

- d'une chute d'eau de courte durée à intensité moyenne,
- du corps de l'averse à forte intensité et de durée variable,
- d'une traîne à faible intensité.

Au milieu de la saison des pluies et plus particulièrement de la seconde, les précipitations journalières correspondent à des averses continues de "pluies de mousson". D'intensité maximale très modérée, elles ont une durée de plusieurs heures.

Souvent ces pluies de mousson s'accompagnent de pluies continues à très faible intensité.

Ainsi la hauteur des précipitations journalières englobe indifféremment des chutes d'eau dues à des averses ou tornades classiques, des pluies de mousson et des pluies continues.

Dans la partie la plus septentrionale de la COTE d'IVOIRE, les pluies de mousson sont moins fréquentes. Il en est de même pour la zone située au-dessus du parallèle 6° N mais où elles peuvent atteindre des quantités importantes selon l'altitude et l'exposition.

En se rapprochant de la côte, les pluies de mousson sont plus fréquentes et plus importantes.

Les nombres moyens de jours de pluie par mois et par année portés dans le tableau 2-4 représentent les caractéristiques communes à chacun des régimes pluviométriques.

Au maximum on observe 150 jours de pluie par an sur la côte et au minimum 90 dans le Nord-Ouest de la COTE d'IVOIRE.

Des valeurs nettement plus faibles sont notées, mais bien souvent bon nombre de précipitations, de l'ordre du millimètre de hauteur d'eau, ne font pas l'objet de relevés.

TABLEAU 2-4

Nombre moyen de jours de pluie

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année:
<u>Régime équatorial de transition</u>													
-- ABIDJAN	3	5	9	11	19	23	14	10	13	17	16	9	149
-- TABOU	5	3	8	10	19	18	11	12	19	17	15	10	147
-- SASSANDRA	3	3	6	10	17	21	12	9	13	13	14	8	129
<u>Régime équatorial de transition atténué</u>													
-- BOUAKE	1	4	7	9	11	12	11	14	18	13	4	2	106
-- DIMBOKRO	1	4	8	11	12	14	9	9	13	13	6	2	102
-- SOUBRE	3	5	9	10	12	15	9	11	14	13	10	5	116
-- BONDOUKOU	1	3	6	8	11	12	7	8	14	14	7	2	93
<u>Régime tropical de transition</u>													
-- FERKESSEDOUGOU	1	2	4	7	13	12	14	19	19	13	4	1	109
-- ODIENNE	1	1	4	7	10	14	19	23	20	17	6	1	123
<u>Régime de Montagne</u>													
-- DANANE	2	5	9	11	12	17	18	18	19	13	7	3	134
-- MAN	1	5	8	10	12	14	15	20	20	13	5	2	125

2.1.3.1 Précipitations journalières exceptionnelles

L'exploitation systématique des données pluviométriques journalières par Y. BRUNET MORET aux stations éloignées du littoral permet la détermination des hauteurs des précipitations de faible fréquence avec ajustement de la loi de PEARSON III tronquée.

Dans le tableau 2-5 les hauteurs des précipitations journalières de fréquence 0,5 - 0,1 - 0,01 sont comparées aux valeurs expérimentales. On remarque que ces hauteurs sont en relation avec la hauteur moyenne des précipitations annuelles.

Ainsi, dans le cas des précipitations de fréquence décennale, on observe :

- que la hauteur 115 mm correspond sensiblement à l'isohyète 1 200 mm,
- que la hauteur 125 mm correspond à l'isohyète 1 600 mm (sauf dans la région de MAN où le relief crée une augmentation sensible de la hauteur annuelle sans répercussion importante sur les précipitations de fréquences rares),
- enfin à la hauteur 130 mm, observée dans les régions de GRABO et de DANANE, correspond l'isohyète 2 000 mm.

Sur le littoral, bien que les données d'observations soient peu fournies, il semble que les hauteurs décennales soient comprises entre 200 et 230 mm suivant les régions.

2.1.3.2 Intensité des averses

Le graphique 2-3 présente les hyétoigrammes-type des deux genres principaux d'averses que l'on peut observer en COTE d'IVOIRE.

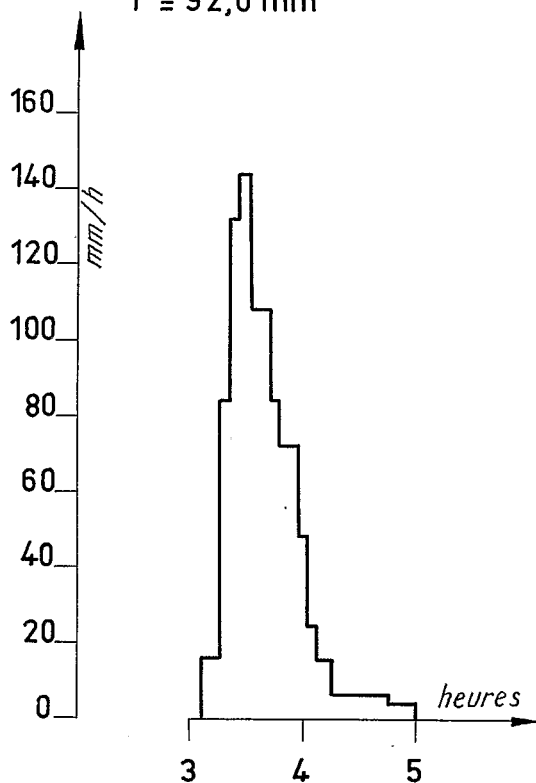
- a) exemple de tornade : c'est le cas de l'averse du 16 Septembre 1962 de 92 mm survenue sur le bassin de KORHOGO et présentant les caractères suivants : phase préliminaire de courte durée, corps d'aversé bien marqué à fortes intensités, traîne à faible intensité,
- b) exemple de pluie de mousson : c'est le cas des averses du 22 au 23 Juin 1962 sur le bassin de l'AGNEBY et présentant les caractères suivants : nombreuses pointes à intensité moyenne séparée par des périodes à faible intensité, durée totale de précipitation dépassant 15 heures.

Bassin Versant de KORHOGO

Gr: 2_3

AVERSE DU 16-9-62

P = 92,0 mm



Bassin Versant de L'AGBEBY

AVERSE DU 22 au 23 - 6 - 62

P = 175,5 mm

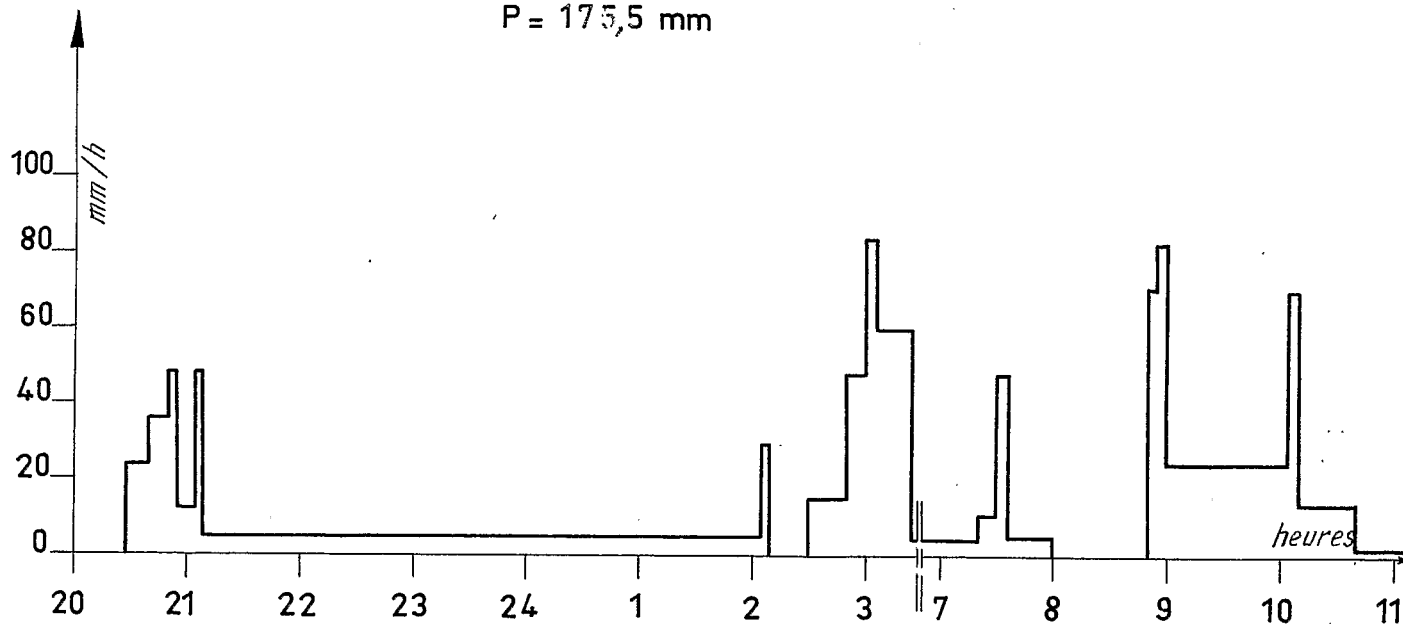


TABLEAU 2-5

Précipitations journalières de diverses fréquences

Stations	Nombre d'années	P moy. (an)	Probabilités									
			1 fois par an	1 fois en 2 ans	1 fois en 5 ans	1 fois en 10 ans	1 fois en 20 ans	1 fois en 50 ans	1 fois en 100 ans			
			Calc.	obs.	calc.	obs.	calc.	obs.	calc.	calc.	calc.	calc.
ABENGOUROU	45	1 371	72,9	72,8	85,2	84,2	101,6	112,2	114,1	126,6	143,3	156,0
ADZOPE	20	1 474	73,4	77,4	85,9	85,0	102,5	103,4	115,2	127,9	144,9	157,8
AGBOVILLE	38	1 440	69,3	71,9	80,5	83,3	95,4	96,9	106,8	118,2	133,3	144,8
AGNIBELEKROU	12	1 084	63,0	60,7	74,5	68,5	89,9		101,8	113,7	129,6	141,7
AZAGUIE	28	1 794	78,0	79,5	90,5	94,0	107,2	105,8	120,0	132,3	149,8	162,7
BEOUMI	25	1 236	81,5	81,0	96,5	104,3	116,7	114,4	132,1	147,6	163,8	184,0
BONDOKOU	33	1 198	67,7	65,7	79,0	74,6	94,1	96,7	105,6	117,2	132,5	144,1
BONGOUANOU	15	1 291	75,4	89,5	89,5	90,5	108,5		123,1	137,9	157,6	172,6
BOUAFLE	40	1 351	76,6	78,2	89,7	90,0	107,3	105,6	120,7	134,1	152,0	165,5
BOUAKE	42	1 199	71,2	68,6	83,7	88,5	100,5	107,8	113,3	126,2	143,8	156,3
BOUNA	44	1 139	69,3	70,0	81,1	84,5	96,7	98,0	108,6	120,5	136,3	148,3
BOUNDIALI	36	1 433	77,4	78,0	90,1	88,7	107,0	100,0	119,7	132,6	149,6	162,5
DABAKALA	42	1 177	69,9	69,0	81,7	81,4	97,3	99,7	109,1	120,9	136,5	148,4
DALOA	42	1 427	76,9	78,4	90,3	93,2	108,4	106,4	122,2	136,1	154,6	170,2
DANAME	18	2 269	97,8	101,0	114,0	119,1	135,8		153,1	169,2	191,5	208,5
DIMBOKRO	43	1 209	70,9	73,1	83,5	86,4	100,4	95,0	113,3	126,3	143,5	156,6
DIVO	15	1 612	76,0	76,9	88,2	83,5	104,4		116,8	129,2	145,7	158,2
FERKESSEDOUGOU	37	1 357	77,2	78,4	91,0	91,4	109,5	114,3	123,6	137,8	156,8	171,2
GAGNOA	42	1 489	73,0	74,2	85,2	90,5	101,4	102,4	113,8	126,2	142,7	155,3

TABLEAU 2-5 (Suite)

Précipitations journalières de diverses fréquences

Stations	Nombre d'années	P moy. (an)	Probabilités							
			1 fois par an	1 fois en 2 ans	1 fois en 5 ans	1 fois en 10 ans	1 fois en 20 ans	1 fois en 50 ans	1 fois en 100 ans	
			calc.	obs.	calc.	obs.	calc.	obs.	calc.	calc.
: GRABO	: 11	: 2 401	: 85,4:84,7	: 98,6	: 116,2	: 129,6	: 143,0	: 160,1	: 174,5	
: GUIGLO	: 35	: 1 717	: 86,7:83,0	: 101,3:103,7	: 120,7:127,2	: 135,5	: 150,4	: 170,2	: 185,3	
: KATIOLA	: 14	: 1 192	: 73,2:75,0	: 86,3:85,7	: 103,8	: 117,1	: 130,5	: 148,3	: 161,8	
: KORHOGO	: 23	: 1 404	: 79,0:84,2	: 92,4:96,7	: 110,2:110,2	: 123,8	: 137,5	: 155,6	: 169,3	
: LAKOTA	: 14	: 1 547	: 71,2:71,9	: 82,1:81,2	: 96,6	: 107,5	: 118,5	: 133,0	: 144,0	
: LARASSO	: 14	: 1 342	: 68,5:66,7	: 79,6:78,2	: 94,2	: 105,4	: 116,5	: 131,3	: 142,6	
: MAN	: 41	: 1 765	: 78,9:81,0	: 91,5:95,2	: 108,4:109,2	: 121,2	: 134,1	: 151,2	: 164,2	
: MANKONO	: 26	: 1 280	: 84,7:84,0	: 100,6:102,5	: 121,9	: 138,2	: 154,7	: 176,5	: 193,2	
: MBAHIKRO	: 20	: 1 173	: 69,3:69,8	: 81,2:82,7	: 96,9:94,5	: 108,8	: 120,8	: 136,7	: 148,8	
: ODIENNE	: 20	: 1 687	: 82,1:83,1	: 96,2:94,6	: 115,2	: 129,7	: 144,3	: 163,8	: 178,6	
: OUANGOLODOUGOU	: 14	: 1 378	: 76,9:80,6	: 89,1:91,1	: 105,3	: 117,5	: 129,8	: 145,9	: 158,2	
: OUME	: 20	: 1 334	: 71,7:70,1	: 84,1:84,1	: 77,5:100,7	: 113,4	: 126,2	: 143,2	: 156,1	
: SEQUELA	: 42	: 1 356	: 78,4:82,0	: 92,3:100,0	: 110,8:113,0	: 125,1	: 139,3	: 158,3	: 172,8	
: SOUBRE	: 25	: 1 639	: 74,7:74,8	: 86,9:86,1	: 103,1:105,5	: 115,5	: 128,0	: 144,5	: 157,1	
: TAI	: 13	: 1 885	: 88,1:87,0	: 102,6:102,0	: 121,9	: 136,6	: 151,4	: 171,0	: 185,9	
: TENGRELA	: 10	: 1 463	: 85,6:85,0	: 101,4:107,4	: 122,7	: 139,0	: 155,5	: 177,5	: 194,2	
: TIASSALE	: 37	: 1 295	: 74,1:75,0	: 87,0:90,0	: 104,2:104,9	: 117,4	: 130,6	: 146,2	: 161,6	
: TOUBA	: 19	: 1 406	: 72,3:70,6	: 83,7:84,0	: 98,9	: 110,3	: 121,8	: 137,1	: 148,6	
: TOULEPLEU	: 37	: 1 880	: 82,9:80,8	: 95,7:97,9	: 112,8:113,8	: 125,7	: 138,7	: 155,8	: 168,8	
: VAVOUA	: 11	: 1 287	: 71,5:73,5	: 83,3:87,6	: 99,0	: 111,0	: 122,9	: 138,8	: 150,8	

2.2 EVAPORATION

Les phénomènes d'évaporation jouent un rôle très important en hydrologie. L'évapotranspiration, processus d'évaporation dans lequel la végétation naturelle intervient de façon prépondérante, atteint parfois 99 % des précipitations et ne dépasse que rarement 1 500 mm par an.

L'évaporation d'une surface humide quelconque dépend du pouvoir évaporant de l'atmosphère : température de l'air, déficit hygrométrique, vitesse et turbulence du vent, rayonnement solaire; de l'état de la surface évaporante et de son aptitude à alimenter l'évaporation.

L'évaporation à la surface d'une nappe d'eau libre est relativement bien représentée, à un coefficient près, par l'évaporation mesurée sur bacs Colorado enterrés et situés dans un microclimat légèrement humide. Le coefficient de réduction est de 0,85 environ et tend vers 1 quand la nébulosité augmente.

L'évaporation du sol nu et humide et l'évaporation du sol et la végétation naturelle qui le recouvre sont difficiles à mesurer étant variables d'un point à un autre. L'évapotranspiration qui représente la totalité des pertes subies en eau d'un bassin versant en un an est égale au déficit d'écoulement.

L'évapotranspiration potentielle est bien représentée par l'évaporation mesurée sur des bacs évaporatoires de classe "A" à un coefficient constant près. Comme seuls les bacs Colorado ont été utilisés, l'évapotranspiration sera mieux connue lorsque les coefficients de passage entre ces deux types de bacs seront connus.

Ces coefficients de passage seront d'autant plus éloignés de 1 que la nébulosité augmentera.

Le tableau 2-6 donne les moyennes journalières des évaporations sur bac Colorado en divers points de COTE d'IVOIRE.

La variation saisonnière suit relativement bien la variation de la température et de l'humidité relative. L'évaporation annuelle sur bac passe de 1 000 mm au Sud à 2 000 mm au Nord. L'influence de l'altitude et de la végétation est très sensible (région de MAN).

TABLEAU 2-6

Moyenne journalière des évaporations sur bacs Colorado

Station et période d'observation	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Evaporation: totale annuelle (mm)
<u>Bacs enterrés :</u>													
- BAMBOUS (AGNEBY) : 1959-1963	3,0	3,4	3,7	3,7	2,9	2,3	2,3	2,5	2,5	3,0	2,8	3,1	1 070
- GUESSIGUE : 1959-1962	2,6	3,5	3,9	3,4	3,1	2,5	2,3	2,2	2,5	2,2	2,3	2,7	1 010
- TIASSALE : 1962-1965	3,3	3,7	3,9	3,4	3,3	2,8	2,3	2,5	3,0	3,3	3,7	3,2	1 170
- KOTOBI : 1959-1962	4,0	5,0	5,0	4,6	4,1	3,4	3,0	2,6	3,1	3,7	3,5	3,4	1 375
- MAN : 1961-1965	4,0	4,6	4,7	4,4	4,1	3,7	3,5	3,6	3,7	3,9	4,0	3,9	1 460
- MAN (Forêt) : 1957-1959	3,4	3,5	4,0	3,6	3,5	2,9	2,2	1,6	1,9	2,7	2,8	3,3	1 075
- BONDIALI : 1962-1963	6,0	6,6	7,8	8,1	6,0	5,3	4,7	4,2	4,3	5,5	5,4	5,7	2 115
- KORHOGO : 1963-1965	5,7	6,6	7,0	5,8	5,4	4,5	3,8	4,4	4,4	4,8	5,8	6,5	1 960
- FERKESSEDOUGOU : 1957-1959	5,8	7,3	7,7	7,8	5,9	5,7	5,0	3,7	3,5	4,5	4,7	5,0	2 020
- DOROPO : 1964-1965	5,6	7,2	7,5	7,4	5,8	5,2	4,7	3,6	4,2	4,5	4,6	4,7	1 975
<u>Bac flottant :</u>													
- AYAME : 1962-1965	3,2	3,7	4,1	4,0	3,9	3,4	2,9	3,0	3,0	3,1	3,3	3,2	1 240

2.3 TEMPERATURES - INSOLATION - HUMIDITE

Les variations saisonnières de ces facteurs climatologiques sont bien connues pour la COTE d'IVOIRE. Les annuaires et bulletins de la Météorologie présentent toutes les caractéristiques moyennes de ces facteurs.

Pour les hydrologues, la valeur de l'évaporation, intégrant l'action combinée de ces trois facteurs et de l'action du vent, a l'avantage d'être représentative des conditions climatiques de la région.

CHAPITRE III

Les REGIMES HYDROLOGIQUES et leurs ELEMENTS

Le débit des cours d'eau dépend de nombreux facteurs, tels que le relief, la végétation, la nature du sol, la structure du réseau hydrographique, l'évaporation etc... mais l'influence des précipitations est nettement prépondérante.

De ce fait, les régimes hydrologiques s'apparentent assez étroitement aux régimes des précipitations.

Pour caractériser les variations saisonnières des cours d'eau de COTE d'IVOIRE on peut distinguer quatre régimes hydrologiques principaux.

3.1.1 Régime tropical de transition

Il s'étend sur la partie septentrionale de la COTE d'IVOIRE (approximativement au Nord de l'axe FERKESSEDOUGOU-TOUBA) c'est-à-dire une région de savane plus ou moins boisée suivant la pluviométrie annuelle.

Pour les bassins versants importants de 1 000 à 5 000 km² du type BAGOE ou Haut BANDAMA, ce régime comporte généralement une crue unique en Août, Septembre, Octobre, suivie d'un tarissement rapide en Novembre et Décembre, puis d'une longue période de basses eaux de Janvier à Mai, pendant laquelle le débit tombe à une très faible valeur.

Les premières pluies de la saison donnent lieu, si elles sont abondantes, à une remontée irrégulière du débit qui, peu notable en Mai, devient très nette en Juillet.

La crue annuelle résulte toujours soit d'une succession de pluies de valeurs normales soit d'une chute d'eau exceptionnelle en 2 ou 3 jours consécutifs, mais atteint une certaine ampleur et inonde souvent de grandes étendues.

Les étiages sont très marqués et sont alimentés essentiellement par les nappes des plaines alluviales.

Pour les bassins versants de 10 à 100 km², on observe de brèves pointes de crues dès le mois d'Avril ou Mai, mais la période de l'écoulement continu et soutenu s'étend de Juillet à Septembre. Le tarissement complet a lieu à la fin de l'année. Rares sont les petits bassins dont le débit n'est pas nul à la fin du mois d'Avril.

3.1.2 Régime équatorial de transition

Le domaine de ce régime s'étend sur la partie méridionale de la COTE d'IVOIRE, au Sud de la ligne ABENGOUROU-TOUMODI-SOUBRE. La végétation est du type forestier.

Sur les bassins versants importants tels que l'AGNEBY (aval) et la BIA, le régime équatorial de transition se caractérise par le dédoublement de la crue annuelle, qui s'explique aisément par la répartition saisonnière des pluies.

La première période de hautes eaux, prédominante, se situe en Juin-Juillet et la seconde en Octobre-Novembre.

Une période de basses eaux s'observe en Août-Septembre et une autre, bien plus marquée, s'étend de Décembre à Mars.

Sur les petits bassins versants, les précipitations d'Avril et Mai donnent lieu à ruissellement notable, mais ce sont celles de Juin-Juillet et parfois celles d'Octobre-Novembre qui engendrent les fortes crues.

L'affaiblissement des débits en Août-Septembre est très net; les étiages sont sévères en Février-Mars.

3.1.3 Régime équatorial de transition atténué

Appartiennent à ce régime les cours d'eau de la région centrale de la COTE d'IVOIRE, limitée par les axes de FERKESSEDOUGOU-TOUBA et ABENGOUROU-SOUBRE. Cette région est couverte de savane boisée, sauf à ses extrémités Sud-Ouest et Sud-Est (de part et d'autre du "V BAOULE") où domine la forêt.

Le régime "équatorial de transition atténué", qui est bien représenté par le NZI à ZIENOA et le KAN à TIEBISSOU, est intermédiaire entre les deux régimes précédents. La saison des moyennes et hautes eaux

s'étale de Mai à Novembre, mais le dédoublement de la crue annuelle n'est plus toujours nettement marqué. Il est nécessaire que la pluviosité de la deuxième saison des pluies soit très faible pour que la pointe de Juin-Juillet devienne prédominante par rapport à celle de Septembre-Octobre.

Sur les petits bassins versants les précipitations de la première saison des pluies peuvent donner lieu à des crues aussi importantes que celles de la deuxième saison, mais bien souvent elles ne servent qu'à reconstituer les réserves hydriques du sol.

3.1.4 Régime de Montagne

Ce régime s'observe dans la partie montagneuse de l'Ouest de la COTE d'IVOIRE, c'est-à-dire dans les régions de MAN, DANANE, TOULEPLEU, TAI où les précipitations annuelles varient de 1 600 à 2 500 mm et où la végétation est presque partout forestière.

L'influence orographique se traduit par des débits spécifiques élevés. La saison des moyennes et hautes eaux s'étend d'Avril à Octobre. Les crues atteignent leur maximum en Septembre, mois le plus pluvieux, comme dans le régime tropical de transition.

L'étiage très soutenu a lieu en Janvier, Février.

Signalons que la plupart des grands cours d'eau de la COTE d'IVOIRE ont un régime hydrologique mixte, car du fait même de l'étendue de leur bassin de réception, ils subissent des influences multiples. Le SASSANDRA, par exemple, se rattache au régime tropical de transition à son extrémité supérieure, puis dans son cours moyen et inférieur reçoit des affluents de montagne (BAFING, NZO), des affluents de régime équatorial de transition atténué (LOBO) et enfin des affluents du régime équatorial de transition pur (DAVO).

Dans des proportions variables, le CAVALLY, le BANDAMA et la COMOIE partagent également les caractéristiques de plusieurs régimes.

Toutes les données purement qualitatives qui précèdent vont être précisées dans les chapitres qui suivent où seront présentées les caractéristiques hydrologiques des principaux cours d'eau.

3.2 Les MODULES ANNUELS

Le tableau 3-1 donne pour les principaux cours d'eau de la COTE d'IVOIRE les valeurs caractéristiques des modules et des lames écoulées annuellement.

Les modules interannuels ont été calculés à partir des observations limnimétriques et des mesures de débits effectuées jusqu'à Décembre 1967. Pour toutes les stations dont la période d'observations était comprise entre 9 et 15 années, un ajustement graphique de la loi de distribution statistique de leurs modules fut tenté.

Le report de tous les modules observés et de leur fréquence au dépassement calculée par $F\% = \frac{n}{N+1} \times 100$, n étant le numéro de classement par ordre décroissant et N le nombre total de modules connus, sur un graphique gaussien-linéaire permet d'ajuster une droite aux points expérimentaux. Cet ajustement reste sommaire et pas très sûr étant donné le nombre insuffisant d'observations. Cependant, dans une première approche, les valeurs extrêmes obtenues sont précieuses. Le graphique 3-1 donne les droites d'ajustement pour les modules observés aux stations de la COMOE à ANTIASSUE et du SASSANDRA à GUESSABO.

3.2.1 L'écart-type

Le coefficient de variation et le coefficient d'irrégularité des modules K_3 permettent d'apprécier non seulement la variabilité de ces modules à chaque station mais de pouvoir comparer cette variabilité entre les diverses stations aux régimes hydrologiques différents.

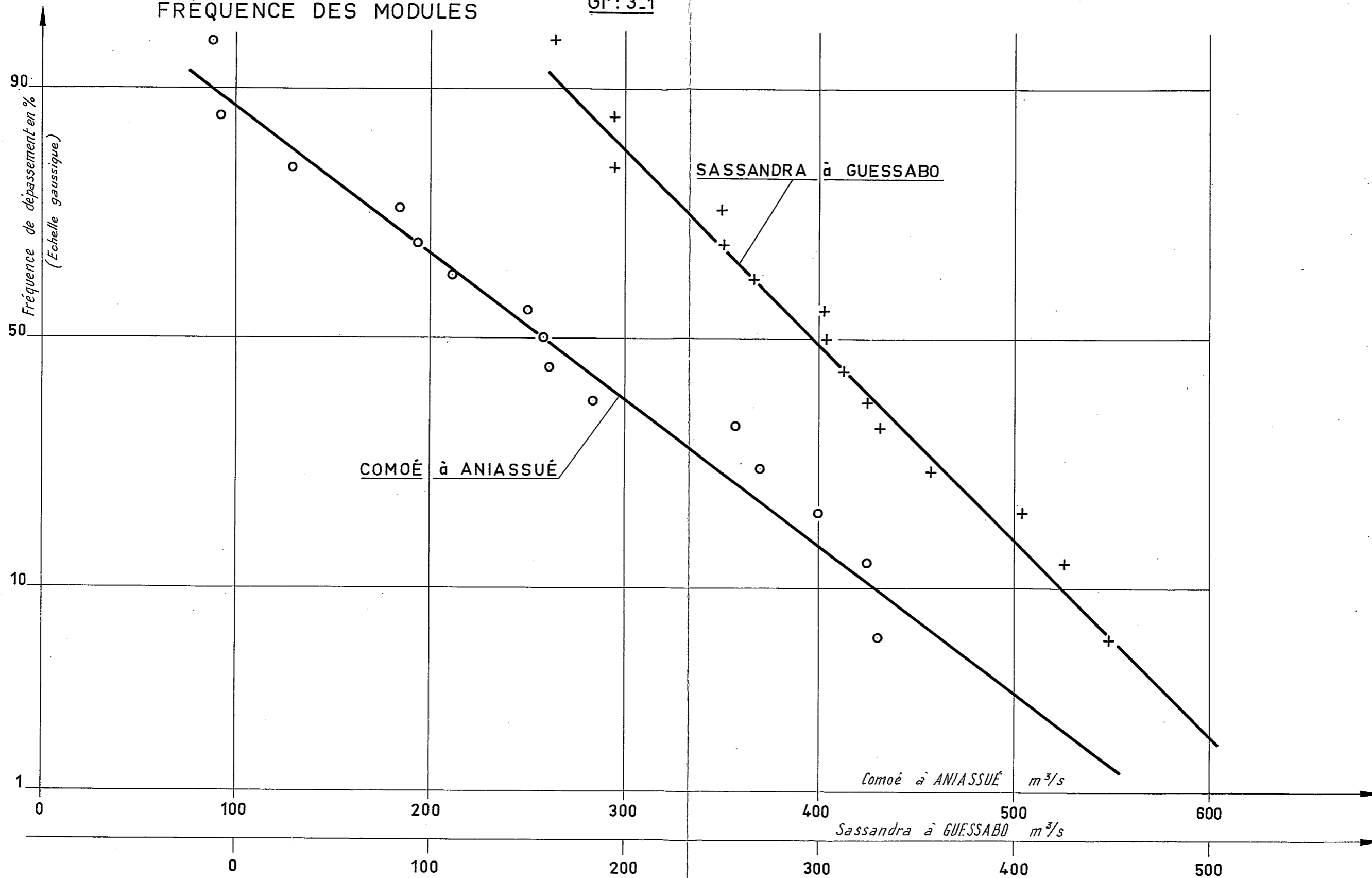
Les stations au coefficient de variation c_v (ou coefficient d'irrégularité K_3) les plus élevés (KAN à TIEBISSOU, GOUGOULO à DOROPO, AGNEBY à AGBOVILLE) sont représentatives du régime hydrologique type équatorial de transition atténué.

Les valeurs seraient légèrement plus faibles pour le régime hydrologique du type équatorial de transition.

Par contre, pour le régime tropical de transition ou celui de montagne, cette irrégularité est la plus faible (BAGOE à GUINGUERINI, YARANI à SEQUELA, BANDAMA à FERKESSEDOUGOU, CAVALLY à FLAMPLEU, NKO à MAN, NZO à GUIGLO).

FRÉQUENCE DES MODULES

Gr: 3-1



L'irrégularité interannuelle la plus faible observée est celle, donnée à titre d'exemple, de la Haute COMOIE à KERFIGUELA en HAUTE-VOLTA: 1,9. Cette faiblesse résulte de l'association régime tropical de transition avec bassin de réception susceptible d'emmagasiner une grande quantité d'eau.

L'erreur sur la détermination du module médian qui a une chance sur vingt d'être dépassée, est en principe égale à $\frac{2}{\sqrt{N}}$

Pour la COMOIE à ANIASSUE l'intervalle de confiance à 95 % du module interannuel est donc de 200 à 317 m³/s
il est de 258 à 346 m³/s pour le SASSANDRA à GUESSABO.

Pour un même cours d'eau, ou pour des bassins versants contigus, les corrélations entre modules annuels de deux stations sont toujours très étroites. Le graphique 3-6 présente la corrélation pour les modules de la COMOIE à ANIASSUE et à SEREBOU. L'année 1958 est probablement douteuse à l'une des stations.

3.2.2 Modules spécifiques et lames d'eau écoulées

Afin de comparer l'abondance de chaque bassin versant, le tableau 3-1 donne également les modules spécifiques interannuels et de l'année centennale, ainsi que les lames écoulées pour les années de fréquence donnée.

Les modules spécifiques interannuels augmentent tout naturellement avec la précipitation annuelle mais ils dépendent également de la répartition saisonnière des précipitations. Toutes choses égales par ailleurs, le régime tropical de transition est de ce point de vue plus favorisé que le régime équatorial de transition, car pour le premier les fortes averses se groupent sur trois mois, tandis que pour le second elles s'étalent sur deux saisons distinctes et offrent ainsi plus de prise à l'évapotranspiration.

La couverture végétale influence aussi indirectement l'alimentation des cours d'eau. Il est bien évident que la forêt dense équatoriale donne lieu à des pertes par évapotranspiration sensiblement égales à l'évapotranspiration potentielle normale, même pendant les deux ou trois mois de saison sèche au cours desquels l'insuffisance des précipitations est compensée par les réserves hydriques du sol.

Les pertes par évapotranspiration sous forêt équatoriale présentent une valeur maximale, elles sont sensiblement plus faibles dans les régions à savane boisée plus ou moins clairsemée, non pas que l'évapotranspiration y soit plus faible mais que par suite de l'érosion plus importante

TABLEAU 3-1

Modules

Cours d'eau	Station	Module			Esti-	Coefficient		Module		Lame écoulée				Superfi-	Nbre	
		année déc. sèche	inter- an- nuel	année déc. hum.	mation: année: centen- le	Ecart: type du	de varia- tion	dir- régul- la	année inter- centen- nale	année décen- nale	année décen- nale	centen- nale	versant			de du bassin
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	hum.	mod. C _v	mod. K ₃	l/s.km ²	l/s.km ²	humide	mm	mm	mm	mm	km ²	
CAVALLY	FLAMPLEU	29	48	63	78	12,6	0,262	2,1	19,4	31,5	370	612	805	1 000	2 475	10
"	TAI	130	224	310		77	0,343	2,4	16,3	29,0	298	514	710		13 750	10
NCE	TAI	15	34	55		14,5	0,426	3,6	27,4		381	865	1 400		1 240	10
SASSANDRA	GUESSABO	170	313	430	530	85	0,271	2,5	9,8	15,0	151	270	384	473	35 400	15
BAFING	BADALA	15	68	95		8,5	0,125	2,1	11,0		229	346	485		6 200	6
NZO	GUIGLO	30	88	150	205	39	0,443	5,0	13,8	32,0	148	435	735	1 020	6 410	12
NKO	MAN	2,7	4,5	6,9				2,6	29,4		556	927	1 420		153	4
BANDAMA	FERRESSE-	18	46	70	94	23,3	0,506	3,9	6,5	13,5	81	208	316	425	7 000	9
"	DOUGOU															
"	BEOUMI	80	162	245	315	65,3	0,403	3,0	6,2		96	195	295		26 200	14
"	BRIMBO	120	300	500		123	0,408	4,2	5,0		90	162	262		60 200	15
KAN	TIEBISSOU	0,75	2,71	5,9	9,5	1,86	0,687	7,9	2,3	7,9	20	71	105	250	1 200	9

: TABLEAU 3-1 (Suite)

Modules

Cours d'eau	Station	Module			Esti-	Coefficient		Module		Lame écoulée				Superfi- cie du bassin versant	Nbre d'an- nées d'ob- serva- tion	
		année déc. sèche	in- teran- nuel	année déc. hum.	année cent- tenna- le hum.	type du modu- le	de varia- tion des mod. C _v	d'ir- régu- la- rité K ₃	année inter- centen- nale humide	année centen- nale	décen- nale sèche	moyen ne	décen- nale hum.			cen- ten- nale num.
YARANI	SEGUELA	9,7	15,6	21,6		4,2	0,26	2,2	5,2		104	164	228		3 000	8
MARAHOUÉ	BOUAFLE	40	94	170		45,6	0,485	4,3	4,8		64	150	270		19 800	10
NZI	FETEKRO		25,5						2,4							
"	ZIENOA	28	97,4	180	270	54	0,554	6,4	2,9	8,1	27	84	171	257	33 150	15
AGNEBY	AGBOVILLE	2,0	11,3	25,2		6,7	0,593	12,6	2,5		14	77	173		4 600	13
"	KOTOBY	(0,1)	(0,44)	(1,0)				10,0	0,6		4	19	42		750	3
COMOE	KERFIGUELA	5,4	7,5	9,7		4,4	0,59	1,8	9,2		210	290	377		812	9
"	SEREBOU	40	184	315	430	98	0,53	7,9	3,8	8,8	26	118	203	276	49 000	8
"	ANIASSUE	90	260	430	570	114	0,44	4,8	3,9	8,6	43	123	213	271	66 500	15
BAGOE	GUINGUE- RINI	{ 8,6	{ 15,6	{ 22,5	29	6,2	0,40	2,6	15,0		262	472	680	870	1 042	12
GOUGOURO	DOROPO	0,18	1,0	1,81					3,5		20	111	200		285	3

des sols moins protégés la capacité de rétention s'affaiblit et qu'une partie plus importante des eaux est soustraite à l'évapotranspiration pour augmenter la part du ruissellement.

Il faut bien noter que la végétation dépend de la pluviosité annuelle mais aussi de la variation saisonnière. La forêt nécessite, en particulier, des précipitations suffisamment abondantes et bien réparties. Elle peut subsister avec une pluviométrie annuelle de 1 200 à 1 300 mm, mais à condition que la capacité de rétention du sol soit suffisante et que la saison sèche ne soit ni trop prolongée, ni tout à fait exempte de petites pluies.

Dans le cas du climat tropical de transition où, au contraire, la sécheresse est pratiquement absolue pendant plus de cinq mois, la savane boisée se substitue à la forêt, même si les précipitations annuelles dépassent 1 500 mm. C'est ce que l'on observe, par exemple, dans la région d'ODIENNE.

Malgré ces considérations, il est délicat d'apprécier quantitativement les effets de la couverture végétale du bassin par l'abondance des cours d'eau.

Il en serait de même pour les effets de la pente et de la configuration du bassin versant. La nature géologique du sol a des effets que l'on peut apprécier qualitativement.

Un bassin versant essentiellement constitué de sables argileux présentera l'écoulement le plus faible. Un bassin versant granitique avec des arènes de faibles importances (0 - 5 m) présentera un écoulement plus abondant.

Toutes ces influences, couverture végétale, relief, nature géologique et pédologique du bassin sont perceptibles mais difficilement chiffrables; par contre l'influence de la hauteur des précipitations et de leur répartition est prépondérante.

3.2.3 Les déficits d'écoulement

Les déficits d'écoulement ou écarts entre la précipitation moyenne sur le bassin et la lame d'eau écoulee sont variables d'une année à l'autre et d'un bassin à l'autre.

Cependant le déficit d'écoulement correspond, pour les bassins versants à faible capacité de rétention, à la valeur de l'évapotranspiration.

Le déficit d'écoulement croît avec la hauteur de la précipitation annuelle pour un même bassin.

La variation du déficit d'écoulement en fonction de la précipitation annuelle pour le bassin du SASSANDRA à GUESSABO et du MARAHOUE à BOUAFLE (graphique 3-2) semble indiquer qu'une limite supérieure existe pour le déficit d'écoulement. Elle serait de l'ordre de 1 500 mm.

Le graphique 3-3 de la lame écoulée en fonction de la précipitation annuelle calculée sur le bassin du CAVALLY à FLAMPLEU à partir de la moyenne pluviométrique aux trois postes : MAN, DANANE, TOUBA, permet aussi d'évaluer à 1 500 - 1 700 mm le déficit d'écoulement P - E.

Il faut bien remarquer que la détermination de la précipitation moyenne est assez imprécise pour évaluer avec précision le déficit d'écoulement maximal. La relation entre lame écoulée et pluie moyenne est excellente.

Il n'en est pas de même pour la relation établie pour la station du BANDAMA à BRIMBO et celle du NZI à ZIENOA où intervient la répartition des pluies entre les deux saisons. Pour cette dernière station le déficit maximal atteindrait 1 400 mm.

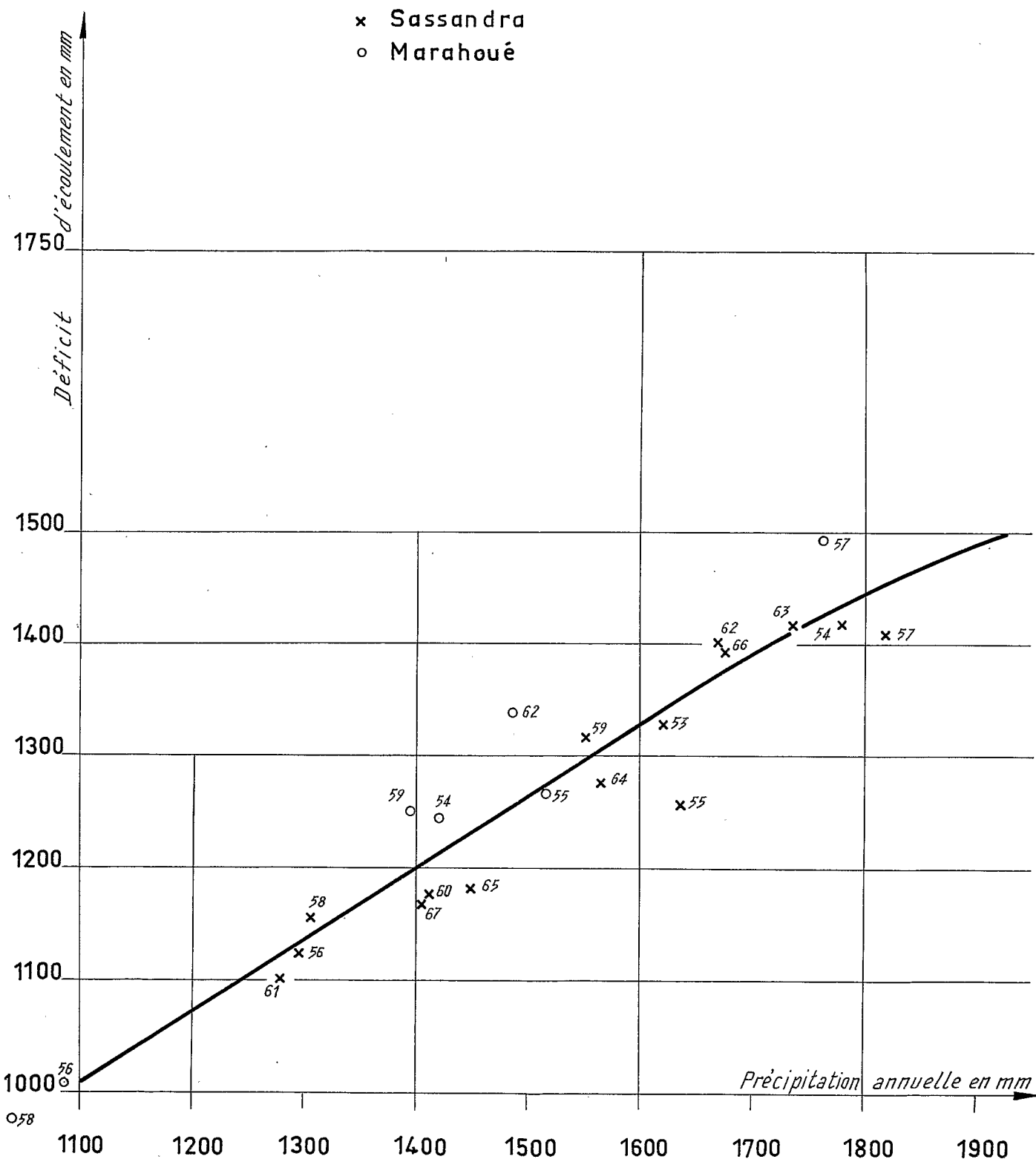
Une autre approche du maximum du déficit d'écoulement peut être tentée d'une manière non rigoureuse. On admet que la précipitation moyenne annuelle de fréquence très faible peut être calculée à partir des précipitations ponctuelles de même fréquence, ceci est relativement exact pour un bassin de superficie assez faible (NZO à GUIGLO, KAN à TIEBISSOU).

La lame écoulée de même fréquence a été évaluée statistiquement. Les déficits obtenus sont portés dans le tableau ci-dessous :

Année	décennale:	moyenne:	décennale:	centennale :
	sèche :		humide :	humide :
<u>NZO à GUIGLO</u>				
Précipitation (mm) :	1 400	: 1 720	: 2 100	: 2 425
Lame écoulée (mm) :	148	: 435	: 735	: 1 020
Déficit (mm)	: 1 252	: 1 385	: 1 365	: 1 405
<u>KAN à TIEBISSOU</u>				
Précipitation (mm) :	946	: 1 210	: 1 496	: 1 769
Lame écoulée (mm) :	20	: 71	: 105	: 250
Déficit (mm)	: 926	: 1 139	: 1 391	: 1 519

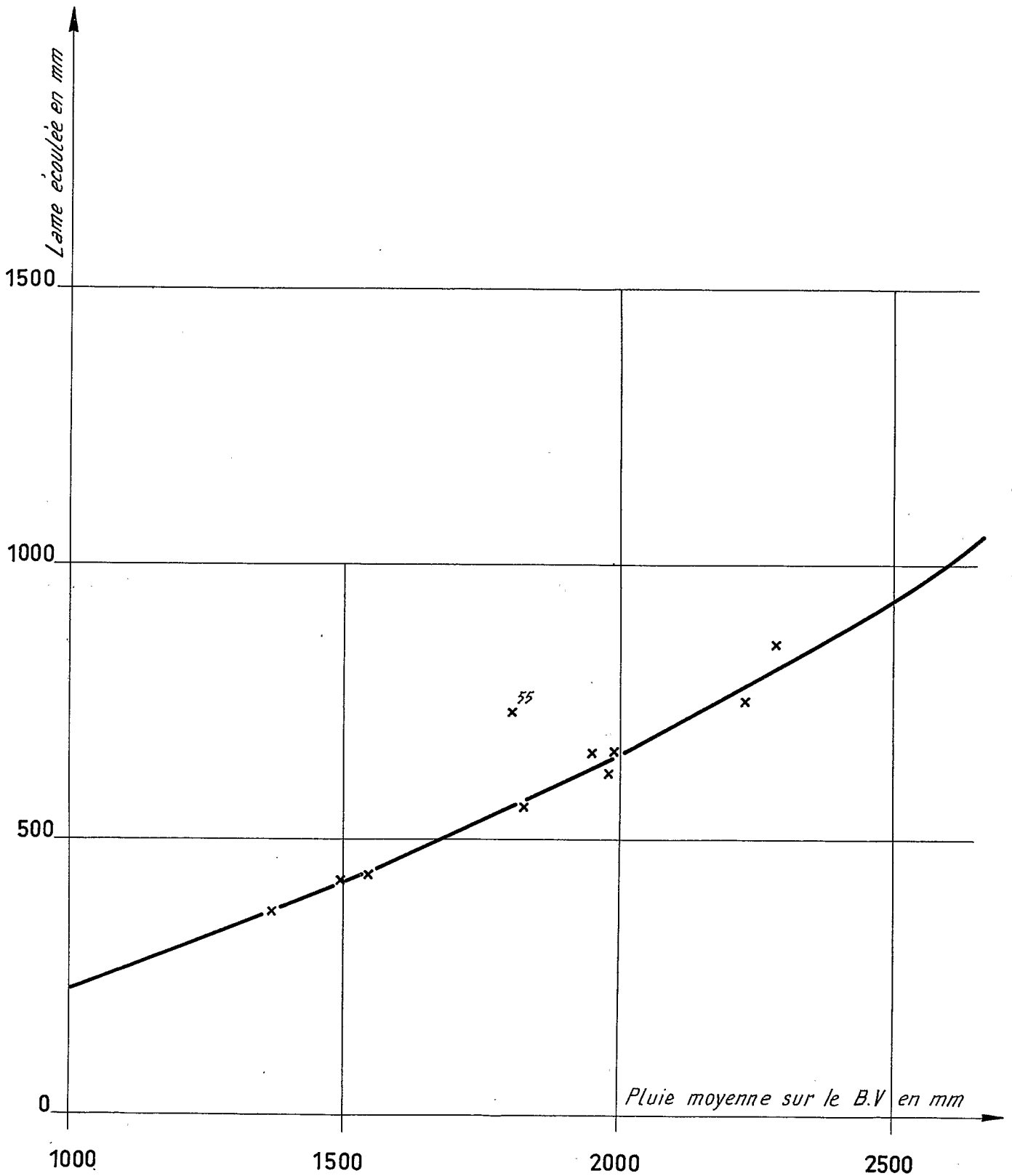
Déficit d'écoulement du SASSANDRA à GUESSABO et du MARAHOUÉ à BOUAFLE en fonction de la précipitation annuelle

Gr:3_2

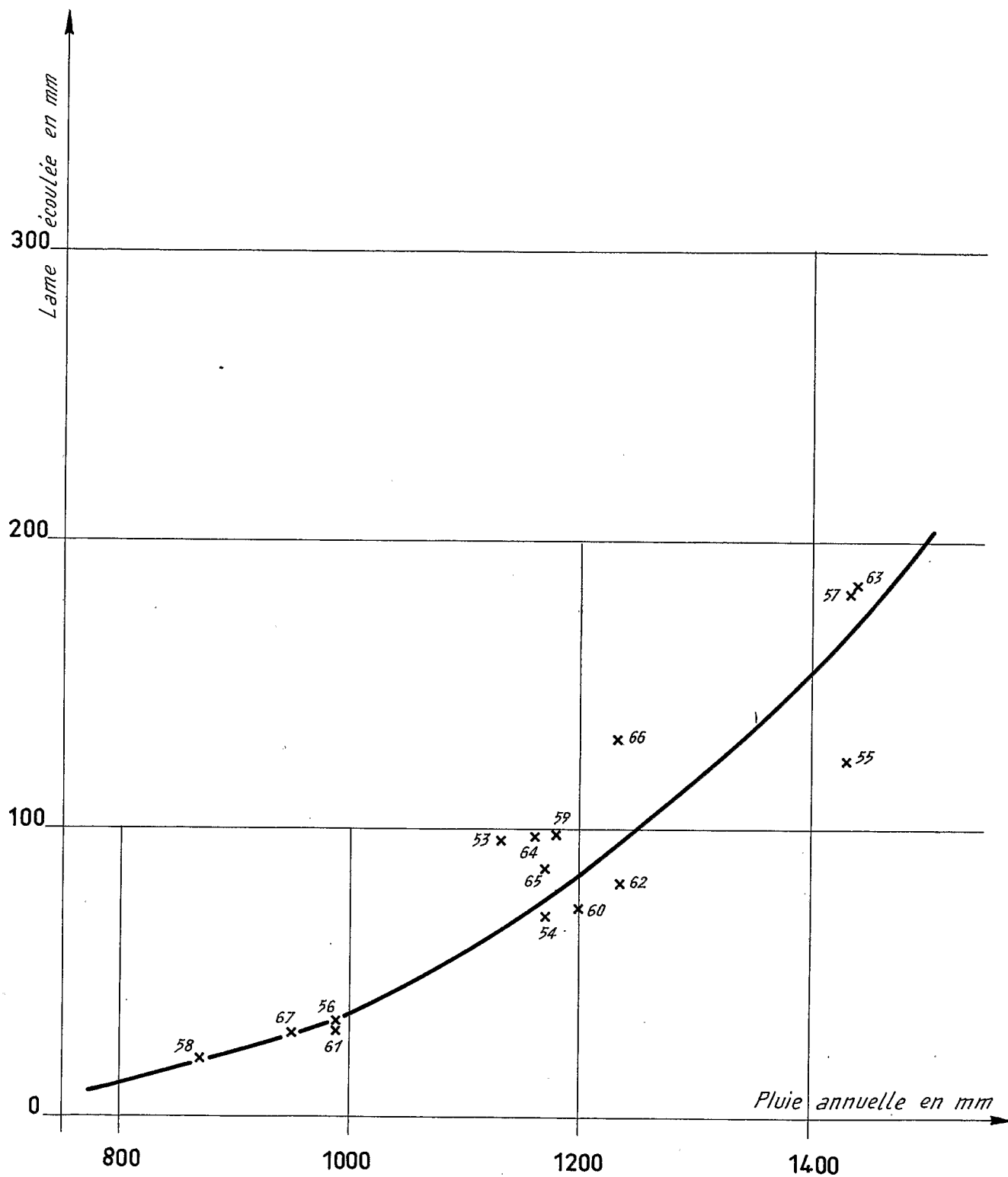


Lame écoulee annuelle en fonction de la pluie moyenne Gr: 3_3

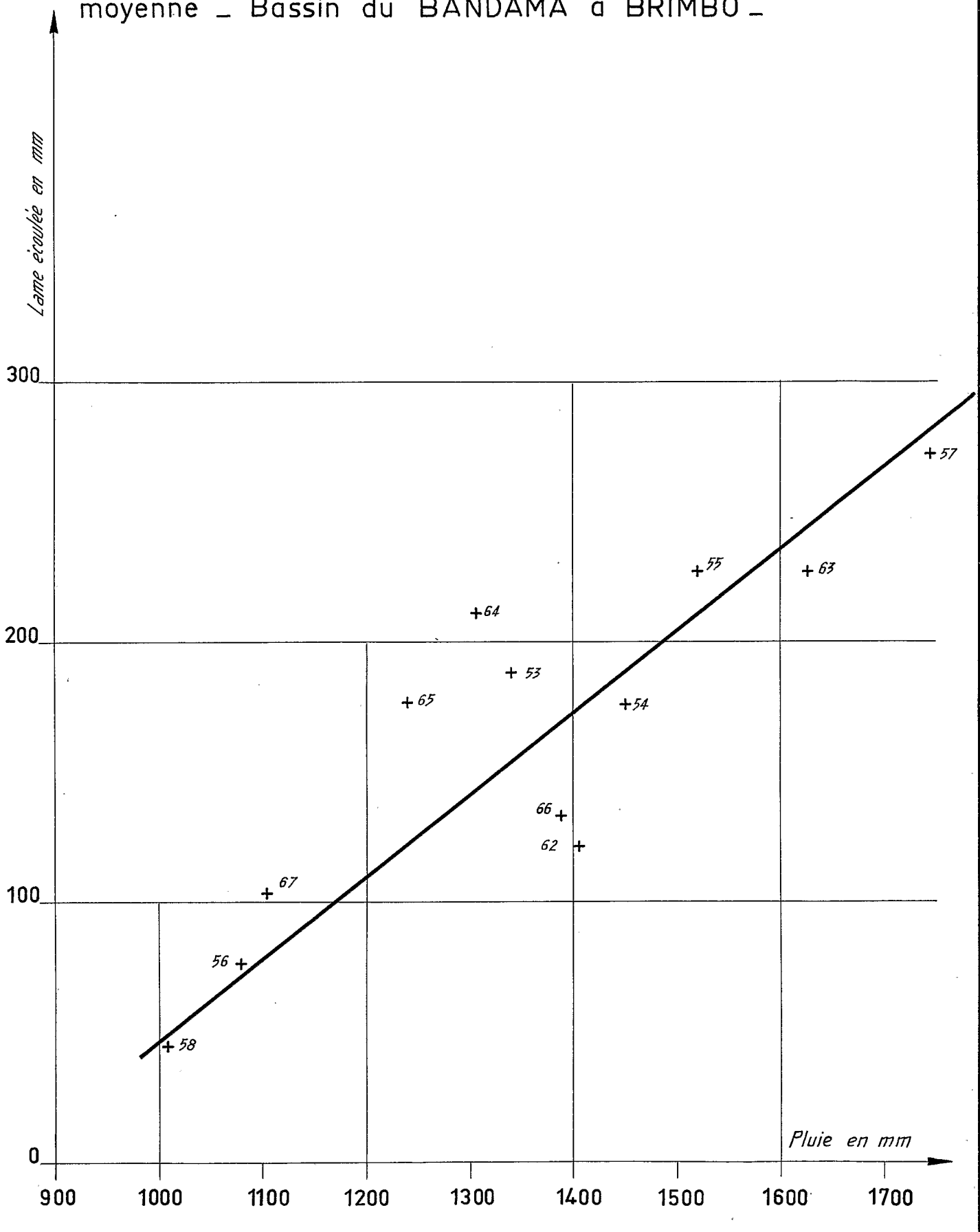
Bassin du CAVALLY à FLAMPLEU



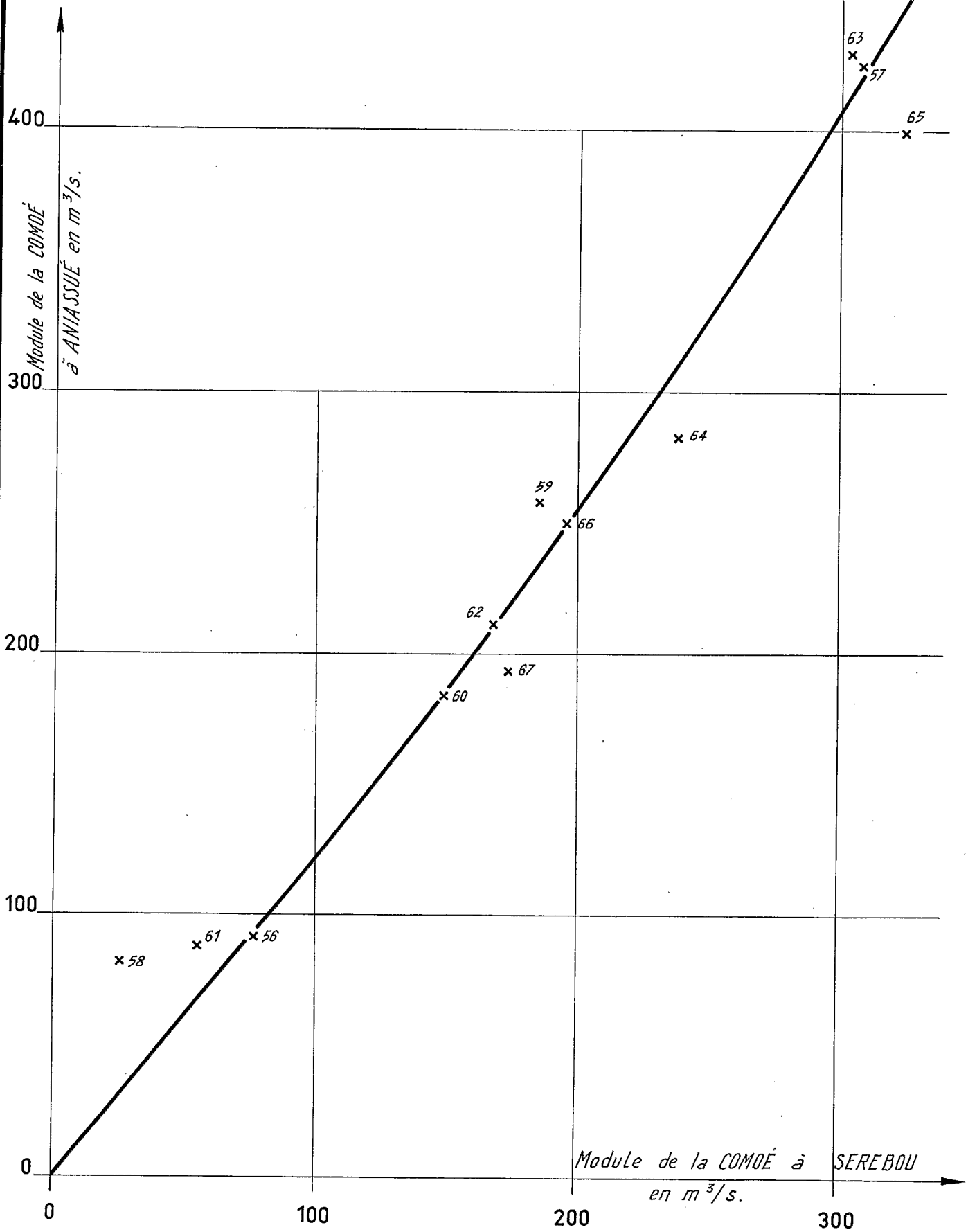
Lame écoulee annuelle en fonction de la pluie moyenne Gr: 3-4
 Bassin du NZI à ZIENOA



Lame écoulee annuelle en fonction de la pluie moyenne - Bassin du BANDAMA à BRIMBO - Gr: 3-5



Correlation entre les modules de la COMOÉ à Gr: 3_6
 ANIASSUÉ et de la COMOÉ à SEREBOU



Pour la station du NZO à GUIGLO la limitation du déficit d'écoulement est bien donnée (1 400 mm). Elle est de 1 520 mm pour la station du KAN à TIEBISSOU, mais elle est moins accentuée.

Cette limitation du déficit d'écoulement représente une réalité physique commune à tous les bassins.

Pour un climat donné, ayant des caractéristiques moyennes bien définies et une variabilité homogène dans le temps, le milieu naturel s'adapte à ces conditions. Ainsi on observe que pour un sous-sol donné, il en résulte un type de végétation lié à ces conditions climatiques et géologiques, un type de sol caractéristique du climat et du sous-sol et des caractères hydrologiques communs.

Le déficit d'écoulement est une fonction pure des facteurs de chaque micro-climat et des caractéristiques physiques de chaque bassin. Ces derniers étant en liaison étroite avec le micro-climat.

A la limite, quand un des facteurs du climat général prend des valeurs exceptionnelles, les micro-influences sur chaque bassin s'estompent; il en résulte une homogénéisation des conséquences.

Le déficit d'écoulement, lors des chutes d'eau exceptionnelles, ne dépendrait plus des divers micro-climats mais devient commun pour toute la région soumise aux mêmes éléments atmosphériques généraux.

3.3 Les VARIATIONS SAISONNIERES des ECOULEMENTS

Les variations saisonnières des débits ont déjà été esquissées dans l'examen des différents régimes hydrologiques de la COTE d'IVOIRE. Elles sont indiquées de façon plus précise par le tableau 3-2, qui donne les débits mensuels, valables en année moyenne, pour une vingtaine de stations dont les périodes d'observation sont arrêtées à fin 1967.

Les débits mensuels sont beaucoup plus variables d'une année à l'autre que les modules et sont, de ce fait, plus difficiles à évaluer lorsque les périodes d'observations sont brèves. Il n'est guère possible de s'appuyer sur les données pluviométriques, car à l'échelle du mois les phénomènes de rétention superficielle ou souterraine enlèvent toute signification précise au déficit et au coefficient d'écoulement. C'est pourquoi, dans l'ensemble, les données du tableau 3-2 sont un peu moins précises que celles du tableau 3-1.

Tous les cours d'eau de COTE d'IVOIRE ont leurs plus basses eaux pendant les premiers mois de l'année. L'étiage absolu se situe en Février lorsque les précipitations annuelles sont abondantes et lorsque l'influence équatoriale de transition ou l'influence de montagne est prédominante (CAVALLY, SASSANDRA, BAFING, DROU, AGNEBY, COMOE, BIA). Il est un peu plus tardif dans le bassin du BANDAMA où, presque partout; il a lieu en Mars. Enfin, lorsque l'influence tropicale de transition est très nette, le tarissement des basses eaux se prolonge jusqu'en Mai (Haut BANDAMA, BAGOE).

Le maximum annuel survient en Septembre pour beaucoup de stations, ou en Octobre dans le cas des grands bassins versants (TAI, BRIMBO, TIASSALE). Quelques stations, soumises à un régime équatorial de transition plus ou moins pur, ont deux pointes annuelles, l'une en Juin ou Juillet et l'autre en Septembre ou Octobre. Ce sont le NZI à ZIENOA, l'AGNEBY et la BIA.

L'irrégularité saisonnière, que l'on peut caractériser par le rapport du débit mensuel le plus fort au débit mensuel le plus faible, varie considérablement d'un cours d'eau à l'autre.

D'une façon générale, elle augmente rapidement lorsque le module spécifique diminue et également lorsque décroît la superficie du bassin versant. Toutes choses égales par ailleurs, elle est nettement plus accentuée pour le régime tropical de transition que pour les autres régimes.

On retiendra que l'irrégularité saisonnière s'établit :

- entre 10 et 25, pour le CAVALLY, le SASSANDRA, le DROU et la BIA,
- entre 60 et 100, pour le BAFING, le BANDAMA à BRIMBO et TIASSALE, le MARAHOUE à BOUAFLE, le NZI et la COMOE,
- entre 130 et 225, pour le BANDAMA à BEOUMI et KOSSOU, ainsi que pour le MARAHOUE au pont de la route BEOUMI-SEGUELA et l'AGNEBY à AGBOVILLE,
- entre 450 et 500, pour le Haut BANDAMA et la BAGOE.

Pour presque tous les cours d'eau, le débit mensuel est supérieur au module pendant 4 à 5 mois de l'année. Ce nombre tombe cependant à 3 pour le Haut BANDAMA et s'élève à 6 pour le NZI à ZIENOA.

En résumé, les variations saisonnières des débits suivent un schéma assez simple, dont l'évolution progressive se traduit par un étalement puis un dédoublement de la période de hautes eaux, lorsqu'on passe du régime tropical de transition aux régimes équatoriaux de transition atténué et pur. La période de basses eaux, par contre, s'amenuise; quant à l'amplitude des variations saisonnières, si elle est très marquée dans le régime tropical de transition, elle tend à s'atténuer sensiblement sous l'influence équatoriale.

TABLEAU 3 - 2

Débits moyens mensuels (m³/s)

Cours d'eau	Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
CAVALLY	FLANPLEU	12,3	9,7	12,7	17,6	20,4	33,6	76,6	83,0	123	104	53,3	24,2	48
"	TAÏ	68,1	39,9	67,5	74,9	107	216	248	259	517	522	301	160	224
NCE	TAÏ	9,0	5,6	13,8	7,9	12,8	37,1	44,9	35,0	85,6	97,5	37,3	15,0	33,7
SASSANDRA	GUESSABO	76	51	49	65	80	140	295	558	1075	818	377	156	313
BAFLING	BADALA	18,2	13,0	16,7	22,7	29,2	55,4	70,2	110	195	153	78	35	66,7
NZO	GUIGLO	18,4	8,4	10,6	15,6	20,7	51,7	99,4	153	299	250	91	42	88
NKO	MAN	1,1	0,76	0,81	1,7	1,8	4,5	6,1	8,6	13,2	8,7	4,8	2,3	4,5
BANDAMA	FERKESSEDOUGOU	7,7	3,9	1,9	1,6	1,5	3,5	15,8	100	222	157	40	15,4	46
"	BEOUMI	31,3	15,5	8,96	12,3	17,3	43,1	100	281	634	545	179	71,4	162
"	BRIMBO	53,0	27,7	19,9	30,9	45,8	129	218	439	1050	1067	372	130	299
"	TIASSALE	62	32	24	45	77	250	375	565	1275	1400	525	160	400
KAN	TIEBISSOU	0,10	0,05	0,01	0,20	1,03	3,33	4,74	3,60	8,25	3,10	2,43	0,67	2,71
YARANI	SEGUELA	2,5	1,1	0,4	0,4	1,0	4,3	11,1	29,5	71,3	12,5	17,2	5,6	15,6
MARAHOUÉ	BOUAFLE	11,3	5,4	3,9	7,4	8,5	26	61	131	383	336	118	39	94
NZI	FETEKRO	0,5	0,3	0,2	1,8	4,4	13,3	17,6	30,7	133	85	16	3	25,5
NZI	ZIENOA	8,68	3,43	3,58	13,2	30,8	119,7	154,9	120,7	215	320	147	26	97,4
AGNEBY	AGBOVILLE	0,6	0,35	0,9	3,29	8,71	31,0	45,0	9,2	10,2	16,7	8,10	2,51	11,3
COMOE	SEREBOU	14,4	6,1	4,8	6,9	13,5	38,9	119,5	341	820	656	184	42,9	184
"	ANIASSUE	26,0	11,9	11,7	20,3	35,1	81,3	215	433	986	941	279	79,3	260
"	KERFIGUELA	4,5	4,1	3,6	3,5	3,7	4,7	7,9	21	15,9	9,5	6,1	5,1	7,5
BAGOE	GUINGUERINI	1,7	0,9	0,1	0,1	0,2	2,1	16,5	43,6	65,2	37,6	16,0	4,0	15,6
MANSO	GUESSIGUE	0,30	0,11	0,13	0,9	1,43	4,53	4,47	1,21	2,51	3,4	2,44	0,96	1,87

3.4 Les DEBITS de CRUE

Le débit maximal observé chaque année sur les cours d'eau de COTE d'IVOIRE pendant la ou les deux saisons de hautes eaux dépend de multiples facteurs (intensité des précipitations ou des séries d'averses, perméabilité et épaisseur des diverses couches de sol, couverture végétale ou forestière, relief) dont les influences respectives sont délicates à analyser dans le détail. Sur de petits bassins versants représentatifs (3 à 100 km²) présentant des caractéristiques sensiblement homogènes (FERKESSE-DOUGOU, BOUAKE, GUESSIGUE, BOUNDIALI, ODIENNE, BOUNA, TIASSALE, MAN, DAOUKRO) les études des conditions de ruissellement qui ont été exécutées depuis une décennie ont permis de mettre en évidence les influences des divers facteurs et d'établir certaines liaisons entre facteurs. Ces résultats d'analyses tout à fait nécessaires et fructueux n'ont pas encore été étendus à des bassins versants de 1 000 à 100 000 km² qui présentent des conditions beaucoup plus complexes, cependant les modèles matriciels de détermination des crues présentés par P. DUBREUIL et M. ROCHE permettent, grâce aux séries de longue durée des précipitations, de pouvoir reconstituer les débits de crue après avoir convenablement réglé automatiquement le modèle pour la période d'observation commune des précipitations sur le bassin et des débits à la station.

Actuellement cette méthode est en cours d'essai sur des bassins témoins et pour cette note la détermination des crues rares ou exceptionnelles aux stations principales sera basée uniquement sur l'étude statistique des crues effectivement observées.

Il sera présenté, dans ce chapitre, les données obtenues pour les crues sur les bassins versants représentatifs, la détermination des crues de faible fréquence aux stations du réseau et une description des différents facteurs agissant sur le ruissellement et de l'interaction entre ces facteurs.

3.4.1 Les crues sur les bassins représentatifs de COTE d'IVOIRE

Etant donné les écarts importants entre les débits de crue de fréquence médiane et décennale selon les bassins versants étudiés, le tableau 3-3 présente les caractéristiques physiques de ces bassins et les données générales permettant de faire certaines constatations sur les liaisons entre les débits de divers bassins.

Pour les bassins définis pour des stations implantées d'aval en amont, on remarque généralement que les débits spécifiques maximaux des crues croissent moins rapidement, en passant de la crue de fréquence médiane à la crue de fréquence décennale.

TABLEAU 3-3

Caractéristiques des bassins et des crues biennales et décennales

Bassin	Sur- face km ²	P moy mm	I p m/km	P mens. max mm	Climat	Nbre an- nées obs.	Q max obs. m ³ /s	Crue bien- nale m ³ /s:l/s.km ²	K _R 0,5:0,1	Crue décen- nale m ³ /s:l/s.km ²	Végé- tation	Géologie
1 ^{er} IFOU à KOUASSI	37,8	1 170	8,0	185	E.T.A.	4	8	5 : 130 à 150	5 : 8	14 : 330 à 380	forêt claire	schiste ar- gileux 100 %
1 ^{er} IFOU à ANOMABO	150	1 170	4,8	185	E.T.	4	50	18 : 100 à 120		42 : 250 à 300		
FLAKOHO à WOROSSANTIAKAHA	14	1 340		300	T.T.	3	5	8 : 570	3 : 11	25 : 1 700 à 1 800	savane arborée	granite 100 schiste 0
FLAKOHO à MABONKHAHA	50	1 340	8,1	300	T.T.							granite 60 schiste 40
KOUKENOU à TOULIODI	20	1 200		185	E.T.A.					12 : 600	champ d'inonda- tion	grano-diori- te 100 %
FLAKOHO à Station Centrale	32	1 340		300	T.T.	3	11	10 : 320	25 : 35	1 100		granite 80 schiste 20
NION à Station 2	12,1	1 770	71,5	330	T.T. à E.T.	3	8,8	11,5 : 1 000 à 1 200	28 : 22	2 600 à 2 800	forêt claire	granite calco- magnésien
NION à Station 1	75,0	1 770	19,7	330	T.T. à E.T.	3	16	15 : 220 à 250		40 : 500 à 700	forêt claire	

TABLEAU 3-3 (Suite)

Caractéristiques des bassins et des crues biennales et décennales

Bassin	Sur- face km ²	P moy mm	I p m/km	P mens max mm	Climat	Nbre an- nées obs.	Q max obs. m ³ /s	Crue bien- nale l/s.km ²	K _r %	Crue décen- nale m ³ /s:l/s.km ²	Végé- tation	Géologie	
TONKOUÏ à LOUE	18,4	1 800 à 2 300	70,0	450	T.T. à E.T.	3	43,5 23,1	1 300 à 1 400		43,5 2 500 à 2 800	forêt	granit calco-	
TONKOUÏ à GBOA	12,3	1 800 à 2 300	73,0	450	T.T. à E.T.	3	19,7 15	1 300 à 1 400		30 2 500 à 2 800	forêt		
KAN à BOUAKE	24,5	1 200	13,8	220	E.T.A.	4		230 à 250		16,5 650 à 700	savane	argène épais- se sur gra- nites	
BAFO	26,8	1 700	6,5	315	E.T.	3	34,9 24	900	45	65 49	1 800	forêt	schistes ar- kosiques 100%
SITOU	28,8	1 700	5,4	315	E.T.	3	29,1 28	1 000	50	70 57	2 000	forêt	
LIANSO	92,5	1 700	3,2	315	E.T.	7	14,5 55	600	40	60 128	1 400	forêt	
FALADOUA à PONONDOUGOU	9,3	1 420		310	T.T.	3	18,6 11	1 200	15	35 28	3 000	savane boisée	schistes 100 %
LODALA à PONONDOUGOU	48,8	1 420		310	T.T.	3	20,0 14,5	300	12	30 45	925	savane boisée	
AGBEBY à B.D.M.T.	11	2 000	10,0	550	E.Pur	2	287 2,6	236	6	8 6	550	forêt 60% cult. 40%	sable argi- leux 100 %

TABLEAU 3-3 (Suite)

Caractéristiques des bassins et des crues biennales et décennales

Bassin	Sur- face km ²	P moy mm	I _p m/km	P mens. max mm	Climat	Nbre an- nées obs.	Q max obs. m ³ /s	Crue bien- nale m ³ /s	K _R %	Crue décen- nale m ³ /s	Végé- tation	Géologie			
GUIDERE à VARALE	10,3	1 150		260	T.T.	3	13,9	8	750 à 800	15	19	13	1 200 à 1 300	savane arbores- cente	granite alté- ré 100 %
BOÏTAO à VARALE	56	1 150		260	T.T.	3	65	32	570	15	19	54	1 000		
GOUGOLO à DOROPO	235	1 150		260	T.T.	3	211	(30)	(105)			150	530		
LOSSERIGUE à WARANIENE	3,63	1 400	15,4	295	T.T.	3	25,2	17,5	4 800	24	28	25,4	7 000	culture ou jaché- re 90 %	
LOSSERIGUE à DIELIKAHA	56,7	1 400		295	T.T.	2		105	1 900			190	3 400		arènes 0-35m
LOSSERIGUE à NATIOKAHA	10,9	1 400		295	T.T.	2	51,5	30	2 750			26	49	4 500	granite alté- ré 100 %
DOUNI à ZIEVASSO	5,25	1 630		395	T.T.	3	3,8	5,3	1 000			11,8	2 200	savane arborée	granite et gneiss 100 %
BASSEKODOUGOU	30,3	1 630		395	T.T.	3	12,9	9,9	330			22	750		
Pt 398	120	1 630	8,3	395	T.T.	3	50	38	320			70	580		
GBAHALAN	204,4	1 630	6,8	395	T.T.	3		50	245			90	440		

TABLEAU 3-3 (Suite)

Caractéristiques des bassins et des crues biennales et décennales

Bassin	Sur- face : km ²	P : moy : mm	I : p : m/km	P : mens. : max : mm	Climat	Nbre : an- : néés : obs.	Q : max : gbs. : m ³ /s	Crue bien- : nale : l/s.km ²	K _R : % : 0,5:0,1	Crue décen- : nale : l/s.lin ²	Végé- : tation	Géologie	
.. NIEKI	: 71,5	: 2 000	:	: 550	: E. Pur	: 3	: 34	:	:	: 40	: 500	: forêt	:
- MPEBO	: 550	: 1 900	:	: 500	: E.T.	: 8	: 120	: 80	: 144	:	: 40:180	: 328	: -ff- : granite et : schistes
- KAVI	: 980	: 1 650	:	: 300	: E.T.	: 4	: 100	: 70	: 71	:	: 130	: 133	: -ff- : -ff-
- AGBO à KOTOBI	: 750	: 1 150	:	: 240	: E.T.A.	: 4	: 10,8	: 10	: 13	:	: (30)	: 40	: -ff- : schistes
- AMITIORO	: 2,75	: 1 500	:	: 225	: E.T.	: 2	: 3,1	: 2,8:1 020	: 13: 15	: 4,6:1 680	: forêts	: schistes	: 80 % : 100 %
	: 170,4	: 1 500	: 3,3	: 225	: E.T.	: 2	: 53,7	: 48	: 281	: 20: 20	: 65	: 380	: forêt
	: 0,02	: 1 500	:	: 225	: E.T.	: 2	: 0,1	: (0,5)(2 500)	:	:	: (0,1):6 000	: forêt	:

E.T.A. : Equatorial de transition atténué

T.T. : Tropical de transition

Pour des superficies de quelques dizaines de km^2 , le rapport entre les débits spécifiques des crues de fréquence décennale et médiane est, sous forêt, de 1,7 à 2; il peut dépasser 2 dans les régions à fortes pentes (région de MAN).

En savane, ce rapport est de 1,6 à 2 dans les zones très cultivées où les valeurs spécifiques de la crue médiane sont déjà élevées; il atteint fréquemment 3 et au-dessus en savane arborée.

Les plus forts débits spécifiques de crue de fréquence décennale, pour une superficie de l'ordre de 10 km^2 , s'observent dans la zone de KORHOGO, en savane très cultivée et sur granite : 3 500 à 5 000 l/s.km^2 ; les débits sont compris entre 2 000 et 3000 l/s.km^2 en savane arborée, sur granite, sauf dans la région de BOUNA où la hauteur pluviométrique annuelle est inférieure à 1 200 mm et où le débit spécifique s'abaisse à 1 300 l/s.km^2 .

En forêt les valeurs observées sur substratum granitique sont voisines de 1 500 l/s.km^2 ; elles dépassent ce chiffre dans les régions à relief accusé (2 800 l/s.km^2 sur les bassins du TONKOUÏ); elles lui sont nettement inférieures sur les sables tertiaires (550 l/s.km^2 pour l'AGEBÉBY) et sur les schistes (250 à 400 l/s.km^2 dans la boucle du CACAO, plus faibles valeurs observables en CÔTE D'IVOIRE).

3.4.1.1 Relations entre caractéristiques

A) Débit maximum spécifique de ruissellement

Pour chaque bassin versant représentatif il a été défini, à partir des crues observées, un hydrogramme-type de crue correspondant à une lame ruisselée de 10 mm. En particulier, on s'est attaché à déterminer le plus judicieusement possible le débit de pointe de cet hydrogramme qui, rapporté à une surface de bassin de 1 km^2 , fournit le débit maximal spécifique de ruissellement pour une lame ruisselée de 10 mm. Ces débits, obtenus pour les différents bassins de CÔTE D'IVOIRE, sont indépendants de la perméabilité réelle de chacun d'eux. Ils dépendent des facteurs :

relief - pente, forme et surface du bassin, réseau hydrographique -
couverture végétale - sol nu, savane, forêt,

et probablement des facteurs secondaires :

état d'humidité moyen du sol et importance de la crue;

car, dans chaque étude de bassin, nous avons toujours observé que le rapport débit de ruissellement de pointe à la lame ruisselée, augmentait avec l'état d'humidité du sol et était toujours élevé pour la crue la plus importante, surtout pour les bassins de plus de 100 km^2 .

A conditions égales de perméabilité, de relief et de surface, le débit spécifique varie de 1 à 4 pour un bassin sous couvert forestier et un bassin relativement dénudé. Le débit spécifique apparemment augmente lorsque la superficie du bassin versant décroît, cela est dû en partie au fait que le relief, généralement plus accentué sur un petit bassin, favorise une concentration des eaux de ruissellement dans le temps.

Remarquons que les bassins à fortes pentes : LOUE ou GBOA ont des débits spécifiques de ruissellement beaucoup plus faibles que ceux des bassins de FERKESSEDOUGOU et KORHOGO aux pentes modestes.

La concentration des eaux de ruissellement, sur un bassin donné, dépendrait ainsi plus de son couvert végétal que de son relief.

B) Temps de montée et temps de base

La note de J. RODIER et C. AUVRAY sur les caractéristiques des crues des petits bassins versants d'Afrique Tropicale, fournit les valeurs des temps de base et de montée des hydrogrammes unitaires en fonction de la surface et du relief pour les bassins situés en particulier en zone tropicale de transition.

Pour les bassins forestiers de la zone équatoriale, équatoriale de transition et équatoriale de transition atténuée, les données recueillies sont trop peu nombreuses pour établir des liaisons. Les temps de montée des hydrogrammes de ces bassins, par suite du freinage continu des eaux de ruissellement sur le sol d'une part, et dans le réseau hydrographique d'autre part, deviennent importants et sont généralement de l'ordre du double au triple de ceux des bassins de mêmes caractéristiques situés en zone tropicale de transition.

Les temps de base de ces hydrogrammes seraient, par contre, du même ordre de grandeur ou légèrement supérieurs à ceux des bassins semblables de la zone tropicale de transition. Cependant certains de ces temps, par suite de l'existence de zone de débordements et d'une très forte végétation le long des lits mineurs (principal et secondaires) atteignent des valeurs doubles du temps défini pour un même bassin en zone de savane. Il est d'ailleurs probable que pour des crues d'une fréquence très faible, de volume inhabituellement élevé, le passage de la part massive du ruissellement s'effectue en un temps très nettement plus court.

C) Forme de l'hydrogramme

La forme de l'hydrogramme de crue unitaire est en liaison avec les éléments de cet hydrogramme, débit maximal de ruissellement, temps de montée, temps de base. Par suite du couvert forestier, la pointe de l'hydrogramme de crue se trouve retardée dans le temps et nettement plus faible en valeur. Ce rejet dans le temps de la pointe peut dans le cas d'un bassin à zone de débordement être tel que le temps de décrue de cet hydrogramme soit très faible.

3.4.1.2 Coefficient de ruissellement

Les caractéristiques de l'hydrogramme unitaire étaient fonction des facteurs géomorphologiques et plus particulièrement de la couverture végétale. Pour les bassins couverts de forêt et pour les bassins couverts de savane boisée, la définition de l'hydrogramme unitaire nécessitait l'observation d'une ou plusieurs crues importantes survenues au moment où le sol était bien humidifié, cela pour des bassins de 50 km² et plus. Il va de soi que pour des bassins versants de plus grande superficie aucune définition de l'hydrogramme n'est raisonnablement possible et a fortiori pour un bassin plus petit quand les précipitations restent insuffisantes pour obtenir une bonne humidification du sol. Il apparaît ainsi une limite des possibilités d'emploi de la méthode des hydrogrammes unitaires pour la détermination des débits de crue.

Le calcul des crues exige également la connaissance du coefficient de ruissellement K_r rapport du volume de ruissellement au volume des précipitations. Le coefficient de ruissellement dépend de plusieurs facteurs :

- intensités des précipitations dans le temps avec comme facteur secondaire répartition spatiale de ces intensités,
- capacité d'infiltration dans l'espace et dans le temps des divers sols du bassin. Pour un sol donné elle varie, en l'absence de précipitation, en fonction du temps et du type de sol et au cours des chutes de pluie en fonction de l'intensité des précipitations, du temps et de l'état initial du sol avant la précipitation.

Il convient d'ajouter comme facteurs secondaires la couverture végétale, la nature du sol et les caractères géomorphologiques du bassin, facteurs qui modifient les influences des facteurs principaux.

Le coefficient de ruissellement reste très variable dans le temps. A l'échelle d'une saison des pluies, il peut être rattaché à la précipitation totale (caractère principal), à la nature du sol, à la couverture végétale et aux caractéristiques géomorphologiques (caractères secondaires). A l'échelle d'une journée, il est rattaché à la précipitation journalière, aux différents états du sol et de la végétation (caractères principaux). Par exemple : sur un sol imperméable, toutes averses comparables donneront un ruissellement identique, par contre sur un sol perméable, toutes averses comparables et se succédant donneront un ruissellement croissant, cela par suite de la saturation progressive du sol aux diverses profondeurs. Arrivé à saturation une même averse formera un ruissellement comparable à celui obtenu sur sol nu. Il importe donc de faire intervenir comme facteur dans le coefficient de ruissellement les précipitations antérieures et d'introduire la variable temps puis, comme facteurs secondaires, les caractéristiques pédologiques du sol de la surface à la roche en place et les niveaux de la nappe phréatique.

Ainsi le coefficient de ruissellement varie d'une averse à l'autre en fonction de l'intensité et de la durée de celle-ci et des conditions antérieures : état d'humidification du sol, caractérisé par des indices représentatifs de la résultante des précipitations antérieures et des échanges d'eau entre sol - air et sol - nappe. Différentes formes d'indices ont été utilisées pour représenter cette résultante.

$$\begin{aligned}
 \text{Les principaux } I_H \text{ (indice d'humidité)} &= \sum Pa. e^{-Kta} \\
 I_H &= \sum \frac{Pa}{1 + ta} \\
 I_H &= \sum (Pa - lr). e^{-Kta}
 \end{aligned}$$

avec Pa = précipitation antérieure tombée ta jours avant
 lr = lame ruisselée de la pluie Pa

Le coefficient de ruissellement est déterminé en fonction de la hauteur de la précipitation moyenne et l'indice d'humidité par la méthode des régressions multiples.

Les résultats d'exploitation sur petits bassins versants représentatifs sont encourageants mais pas assez nombreux pour rechercher une loi de variation de ces fonctions pour des bassins présentant des caractéristiques morphologiques ou de sols différents.

Cependant, en attendant une exploitation plus poussée des documents recueillis sur tous les bassins étudiés pour apprécier à sa juste valeur le coefficient de ruissellement, il est important de marquer l'influence primordiale de l'état d'humectation du sol sur ce coefficient pour une averse donnée. Ainsi des bassins de zone équatoriale de transition atténués auront des débits de crue extrêmement variables d'une année à l'autre généralement de faibles valeurs pour les crues fréquentes et comparables à celles des autres bassins pour les crues rares puisqu'à ce moment l'effet d'humidification optimum aura joué au maximum. Il en résulte une dissymétrie plus importante entre crue médiane et crue décennale sur les bassins du type équatorial de transition atténué que sur les autres.

3.4.2 Détermination des crues de faible fréquence aux stations du réseau

Elle est basée uniquement, comme nous l'avons dit, sur l'étude statistique des crues effectivement observées.

Pour chacune des stations principales du réseau de COTE D'IVOIRE nous avons porté, par ordre décroissant, la série des débits maximaux annuels observés depuis l'installation de la station et le numéro de classement n à chacun de ces débits (n variant de 1 à N) N étant le nombre d'années d'observation.

La fréquence expérimentale au dépassement $F_n = \frac{n}{N+1} \times 100$ a été calculée.

Sur un graphique à coordonnées gaucco-logarithmiques, on porte les débits de crue sur l'échelle logarithmique et la fréquence correspondante sur l'échelle gaussienne, puis on ajuste aux points expérimentaux ainsi obtenus une courbe de fréquence.

C'est l'extrapolation de cette courbe qui permet d'évaluer le débit maximal des crues de fréquences rares. Implicitement on suppose que la loi de répartition aléatoire des crues connues reste valable pour les crues rares. Comme il y a par ailleurs une extrapolation de la courbe, l'évaluation des crues centenaires est affectée d'une certaine erreur.

Une autre méthode est basée sur la constatation simpliste suivante : supposons connue la loi de répartition aléatoire des crues et tirons au hasard 10 valeurs pour une décennie et 10 autres valeurs pour une seconde décennie; classons chaque groupe de valeurs, par valeur décroissante et traçons un graphique donnant le débit en fonction du logarithme de l'ordre de classement. Si sur chacun des graphiques les points représentatifs

s'ajustent particulièrement bien sur une droite de même pente, il est tout à fait logique de dire que l'ensemble des deux groupes permettra d'obtenir un graphique dont la droite ajustée aura une pente identique à celle définie précédemment. L'écart des débits, pour un écart d'abscisse unité, représente l'écart de débit entre le débit de la fréquence initiale et celui de fréquence 10 fois celle initiale.

Pour les stations aux bassins versants compris entre 100 à 50 000 km², l'existence d'une droite facilement ajustable permet d'accepter cette méthode de détermination des crues de faibles fréquences.

Cependant, dans le cas où le bassin versant présente des zones de débordement, la méthode est par défaut, les crues de faible fréquence expérimentale sont trop faibles par rapport à l'ajustement réalisable d'après les autres crues. Mais n'est-ce pas à de telles stations, qu'avec le temps, on observe une crue inhabituelle ou insoupçonnable ? Les effets du débordement arrivent à s'estomper lorsque le volume total de la crue devient énorme.

Les deux méthodes donnent, pour la majorité des cas, des valeurs de même ordre de grandeur des débits de crue de faible fréquence.

Le tableau 3-4 donne, pour les principales stations de COTE d'IVOIRE, les débits de crue de fréquence 0,5, 0,1 et 0,01 en m³/s et en l/s.km².

Ainsi les débits spécifiques concernant les crues annuelles moyennes se classent comme suit :

Bassin du NZI et du KAN	:	13 à 27 l/s.km ²
Bassin du BANDAMA, de l'AGNEBY, de la COMOE, du MARAHOUE inférieur	(25 à 50 "
Bassin du SASSANDRA et du MARAHOUE supérieur, du BAFING	(40 à 50 "
Bassin du CAVALLY inférieur	:	60 "
Bassin du CAVALLY supérieur et du NZO	(70 à 80 "
Bassin de la Haute BAGOE et du NCE	(130 - 160 "

TABLEAU 3-4

Débits de crues de diverses fréquences

Cours d'eau Station	Débit de crue (m^3/s) en année			Débit spécifique de crue ($l/s.km^2$) en année			K_3	Débit de la crue centen- nale		Bassin versant (km^2)
	décen- nale sèche	moyen- ne	décen- nale humide	décen- nale sèche	moyen- ne	décen- nale humide		(m^3/s)	(km^2)	
CAVALLY à FLAMPLEU	(150)	(200)	(300)	(60)	(80)	(120)	2			2 475
CAVALLY à TAÏ	500	800	1 250	36,4	58,2	90,9	2,5	(1 700)		13 750
NCE à TAÏ	87	170	270	70,1	137	218	3,1	(420)		1 240
SASSANDRA à SEMIEN	900	1 200	1 700	30,7	40,9	58	1,9	2 200		28 800
SASSANDRA à GUESSABO	1 100	1 500	1 900	31,8	43,5	55	1,73	2 500		35 400
BAFING à BADALA	180	280	450	29	45	72	2,5			6 200
NZO à GUIGLO	300	480	620	47	75	97	2,06	1 100		6 410
BANDAÏTA à FERGESSEDOUGOU	100	330	500	21	47	110	5,0	900		7 000
BANDAMA à BEOUMI	520	840	1 150	19,8	32	44	2,2	(2 700)		26 200
BANDAMA à BRIMBO	1 000	1 516	2 200	16,6	25,2	36,6	2,2	3 700		60 200
KAN à TIEBISSOU	4	15	65	3	12,5	54	16	115		1 200
YARANI à SEGUELA	(70)	105	(175)	23,3	35	58,5	2,5	290		3 000

TABLEAU 3-4. (Suite)

Débits de crues de diverses fréquences

Cours d'eau Station	Débit de crue (m ³ /s) en année			Débit spécifique de crue (l/s.km ²) en année			K ₃	Débit de la crue centen- nale (m ³ /s)	Bassin versant (km ²)
	décen- nale sèche	moyen- ne	décen- nale humide	décen- nale sèche	moyen- ne	décen- nale humide			
MARAHOUÉ à BOUAFLE	410	650	1 080	20,7	32,9	55,5	2,63	1 740	19 800
MARAHOUÉ à BEOUMI	300	530	900	24	42,5	72	3,0	1 400	12 530
NZI à FETEKRO	60	284	460	5,7	27,0	44	7,7		10 500
NZI à MBAHIAKRO	80	356	595	5,1	22,7	38	7,4	950	15 700
NZI à ZIENOA	160	440	750	4,8	13,2	22,6	4,7	1 150	33 150
AGNEBY à AGBOVILLE	17	97	178	3,7	21	39	10,5		4 600
AGNEBY à KOTOBI	3	10	17	4	13,4	22,6	5,7		750
COMOE à SEREBOU	330	1 200	2 090	6,7	24,6	42,7	6,3	3 100	49 000
COMOE à ANIASSUE	560	1 520	2 410	8,4	22,9	36,2	4,3	3 670	66 500
COMOE à KERFIGUELLA	50	110	170	61,5	136	210	3,4	280	812
BAGOE à GUINGUERINI	70	163	260	67	157	250	3,8	425	1 042
BOUNA à DOROPO	1	10	100	3,5	35	350	100		285

Le NZI a des crues particulièrement faibles : le régime des pluies et leur abondance très modérée, une couverture végétale assez dense, un relief peu marqué et une nature de sol relativement perméable en sont les causes principales.

La COMOE a également des crues très modestes : la forme allongée de son bassin, relativement peu arrosé, n'est guère favorable, semble-t-il, à une forte concentration des débits de ruissellement.

Compte tenu de la superficie respective des bassins versants, les débits spécifiques de crue tendent à croître lorsqu'on passe du BANDAMA au SASSANDRA, puis au CAVALLY, c'est-à-dire lorsqu'on s'approche des régions pluvieuses et accidentées de l'Ouest de la COTE d'IVOIRE.

La BAGOE, de par son régime tropical de transition, sa pluviométrie assez élevée, son relief marqué et sa végétation de savane boisée, présente des crues aigües.

3.5 Le TARISSEMENT et les DEBITS d'ETIAGE

Les débits d'étiage, pour être parfaitement connus, nécessitent non seulement l'observation correcte des hauteurs d'eau journalières aux stations mais également la correspondance exacte entre cotes et débits. La première de ces conditions est relativement facile à satisfaire, mais la seconde demande des mesures de débits correctes à des cotes rapprochées au cours d'une même année et répétées chaque année, afin de s'assurer de la stabilité de la station en basses eaux. L'exécution des mesures de débits exige la recherche d'une bonne section d'écoulement, parfois loin en amont ou loin en aval de l'échelle limnimétrique.

Les erreurs ou les anomalies constatées sur les débits d'étiage sont souvent importantes et très nombreuses. Leur élimination demande une surveillance permanente du réseau hydrométrique et l'exploitation systématique des renseignements obtenus. L'exploitation tardive ne peut que constater les observations douteuses et ne permet pas une amélioration immédiate des données. Elle facilite seulement la recherche des valeurs brutes concordantes et acceptables.

Les valeurs des débits d'étiage sont essentiellement liées aux régimes pluviométriques et aux possibilités de rétention des bassins versants. En l'absence des précipitations, les débits d'étiage sont, en effet, alimentés exclusivement par la vidange des nappes alluviales et souterraines.

Les premières sont d'autant plus développées que le bassin versant est plus grand et les pentes sont plus faibles, les secondes sont plus intimement liées au substratum. Les nappes souterraines ont une certaine extension dans les régions au substratum granitique, mais sont, par contre, très peu développées ou inexistantes lorsque le sous-sol est schisteux.

Dans la région côtière DABOU-ABOISSO, où la couverture sédimentaire du tertiaire continental est formée de sable, les nappes souterraines sont très puissantes et les débits d'étiage ne varieront pratiquement pas d'une année à l'autre au cours de la saison sèche.

L'abondance pluviométrique joue un rôle important sur la valeur des débits d'étiage et la phase tarissement. Il va de soi que plus les précipitations sont abondantes et moins elles sont irrégulièrement réparties dans l'année, plus les débits d'étiage sont élevés.

Les volumes des réserves d'eau mobilisables (volume qui s'écoulerait à la station si le tarissement suivait la loi théorique exponentielle depuis une date fixe jusqu'à un temps infini) sont, pour un bassin donné, fonction directe des précipitations de la précédente saison des pluies.

Le graphique, tiré de l'étude hydrologique de J. HERBAUD, montre les valeurs successives des réserves d'eau mobilisables exprimées en mm au cours des années 1961, 1962, 1963 pour des précipitations annuelles à KORHOGO de 811, 1 411 et 1 560 mm, ainsi que la répartition dans l'espace de ces réserves. La région de KORHOGO donne lieu à des réserves particulièrement fortes dues à l'augmentation de la capacité de rétention des granites fortement altérés sur une grande épaisseur (15 à 30 mètres).

3.5.1 Les tarissements

La loi, $Q_t = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)}$ dans laquelle :

Q_0 est le débit à l'instant t_0

Q_t le débit à l'instant t

et α le coefficient de tarissement (inverse d'un temps)

représente la variation des débits en dehors de toute période de chutes de pluie.

Pour un même bassin versant, ce coefficient α varie d'une année à l'autre selon l'abondance des précipitations de la précédente saison des pluies, α diminue quand la précipitation totale augmente. Cette variation du coefficient α semble d'autant plus faible que le bassin versant est plus homogène du point de vue capacité de rétention du sous-sol.

Les coefficients de tarissement * déterminés pour les stations principales de la COTE d'IVOIRE sont donnés dans le tableau 3-5. On constate que les régions à tarissement très rapide se situent dans le quadrilatère BOUNA-BEOUMI-BONGOUANOU-BONDOUKOU ou approximativement limité par l'isohyète interannuelle 1 200 mm. Celles à tarissement lent se situent à l'Ouest de la COTE d'IVOIRE et près de la zone littorale où les formations quaternaires sont très développées, ainsi que la zone de KORHOGO vue précédemment.

3.5.2 Les valeurs des débits d'étiage

Pour les bassins versants de 10 à 100 km², les débits d'étiage de fin de saison sèche sont toujours nuls sauf, bien entendu, si la capacité de rétention de ces petits bassins versants est suffisante pour qu'un écoulement, même très faible, existe, de l'ordre de 1 à 2 l/s.km². Bien souvent cet écoulement cesse progressivement avec l'augmentation de surface du bassin par suite des pertes par évaporation des eaux du lit mineur ou par évapotranspiration de la végétation sur les bords du cours d'eau.

Pour des bassins de plus de 10 000 km², le tarissement des nappes alluviales importantes assure un débit souvent permanent, même à la suite d'une année pour laquelle les précipitations ont été très faibles.

Le tableau 3-6 donne, pour les principales stations de COTE d'IVOIRE, les valeurs caractéristiques des étiages absolus :

- étiage de fréquence décennale année sèche en m³/s,
- étiage moyen annuel en m³/s (moyenne des étiages observés),
- étiage de fréquence décennale année humide en m³/s,
- les valeurs correspondantes exprimées en débit spécifique l/s.km²,
- le quotient K₃ du débit d'étiage de fréquence décennale en année humide par celui de même fréquence en année sèche - K₃ est le coefficient d'irrégularité interannuelle,
- le bassin versant en km².

Les débits spécifiques d'étiage absolu moyen en 10⁻³ l/s.km² facilitent la comparaison des faibles débits aux diverses stations. Ils s'échelonnent comme suit : ...

TABLÉAU 3-5

Tarissement des cours d'eau

Cours d'eau	Station	Coefficient α	N
COMOE	SERIEBOU	0,0524 à 0,0534	44 à 67
"	ANIASSUE	0,0426	54
AGNEBY	AGBOVILLE	0,072 à 0,062	32 à 37
NZI	FETEKRO	0,076 à 0,064	30 à 36
"	ZIENOA	0,043	53
BANDANA	FERKESSEDOUGOU	0,0338 à 0,0242	68 à 95
"	BEOUMI		
"	BRIMBO	0,041 à 0,0223	56 à 103
MARAHOUÉ	BOUAFLE		
YARAMNI	SEGUELA	0,046 à 0,0288	50 80
KAN	TIEBISSOU	0,076	34
NZO	GUIGLO	0,039 à 0,0377	59 à 61
SASSANDRA	GUESSABO	0,0253 à 0,0217	91 à 102
CAVALLY	FLAMPLEU	0,0277 à 0,0248	83 93
"	TAI	0,0264	87
BAGOE	GUINGUERINI	0,049	47
BOÏTAO	BOUNA	0,128 - 0,046 - 0,0277	18 - 50 à 83
NKO	MAN	0,0240	96
DROU	MAN	0,0225 à 0,0184	102 à 125
BAFING	BADALA	0,0315	73

(Le débit initial Q devient $\frac{Q}{10}$, N jours après)

TABLEAU 3-6

Etiages caractéristiques des cours d'eau de COTE d'IVOIRE

Cours d'eau Station	Etiage (m^3/s) en année			Etiage spécifique ($l/s.km^2$) en année			K_3	Bassin versant
	décen- nale sèche	moyen- ne	décen- nale humide	décen- nale sèche	moyen- ne	décen- nale humide		
-CAVALLY à FLAMPLEU	0,8	4,0	7,6	0,12	1,62	3,1	5,0	2 475
-CAVALLY à TAÏ	3,8	12,8	30	0,27	0,93	2,18	7,9	13 750
-NCE .. à TAÏ	0,30	1,04	1,80	0,24	0,84	1,45	6,0	1 240
-SASSANDRA à SEMIEN	7	22	45	0,24	0,76	1,56	6,4	28 800
-SASSANDRA à GUESSABO	16	32	50	0,45	0,90	1,41	3,1	35 400
-BAFING à BADALA	1,4	6,0	15,0	0,22	0,97	2,41	10,7	6 200
-NZO à GUIGLO	(0,4)	2,6	5,7	(0,07)	0,40	0,69	(14)	6 410
-NKO à MAN	0,03	0,10	0,40	0,19	0,65	2,62	13,3	153
-BANDAMA à FERKESSEDOUGOU	0,005	0,500	1,0	ξ	0,071	0,14	200	7 000
-BANDAMA à BEOUMI	(0,5)?	2,0	7,5	0,02	0,076	0,286	15	26 200
-BANDAMA à BRIMBO	3,0	10,7	25,0	0,05	0,178	0,415	8,3	60 200
-KAN à TIEBISSOU	0	0	0	0	0	0	-	1 200
-YARANNI à SEGUELA	(0,03)	(0,11)	(0,40)	0,01	0,036	0,13	13,3	3 000
-MARAHOUE à BOUAFLE	0,20	0,4	4,0	0,01	0,020	0,2	20,0	19 800
-MARAHOUE à BEOUMI	0,04	0,18	0,7	0,003	0,014	0,056	17,5	12 530

- Supérieurs à $1\ 500 \times 10^{-3}$ l/s.km² - pour les petits cours d'eau prenant naissance dans la zone côtière sédimentaire du tertiaire continental (DABOU-ABOISSO),
- Entre $1\ 500$ et 600×10^{-3} l/s.km² - pour les cours d'eau des régions pluvieuses de l'Ouest et du Sud-Ouest de la COTE d'IVOIRE (DROU, BAFING, SASSANDRA, CAVALLY, NCE), et quelques cours d'eau de la région de KORHOGO,
- 250×10^{-3} l/s.km² - pour la BIA à AYALE,
- Entre 150 à 200×10^{-3} l/s.km² - pour le bassin moyen du BANDAMA,
- Entre 50 à 80×10^{-3} l/s.km² - pour la COMOE et le BANDAMA supérieur,
- Entre 10 et 50×10^{-3} l/s.km² - pour le MARAHOUE et le NZI,
- Près de 0×10^{-3} l/s.km² - pour la BAGOE et les parties des cours d'eau dont le bassin versant est situé dans la zone à pluviométrie inférieure à $1\ 200$ mm par an : Haut AGNEBY, KAN, KOULDA .

Le coefficient K_3 traduit bien l'irrégularité interannuelle plus marquée des débits d'étiage du Haut BANDAMA, du NZI par rapport à ceux des cours d'eau de l'Ouest et Sud-Ouest de COTE d'IVOIRE.

Ce coefficient K_3 doit être compris entre 1,1 et 1,5 pour les petits cours d'eau de la zone côtière. Notons pour le haut bassin de la COMOE en HAUTE-VOLTA, une valeur de K_3 égale à 1,3 due, en période d'étiage, à la vidange des eaux contenue dans les grès constituant ce bassin.

L'irrégularité des débits d'étiage reste d'autant plus faible que la précipitation moyenne annuelle sur le bassin est plus élevée. Cette irrégularité devient très faible pour des bassins versants recevant des précipitations annuelles quelconques mais dont le sol est essentiellement constitué de formations à forte rétention très développées.

A N N E X E

MOYENNES PLUVIOMETRIQUES
arrêtées en 1967

Postes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
- ABENGOUROU	12,4	41,0	121,3	144,5	204,4	229,0	131,0	64,6	132,9	135,8	73,7	18,3	1 358,9
- ABIDJAN-Aéro	29,2	42,2	115,1	155,2	355,4	595,2	226,1	29,8	55,3	139,3	186,5	108,6	2 087,9
- ABIDJAN-COCODY *	22,0	45,4	76,0	130,6	210,8	602,2	419,5	34,2	52,5	126,7	92,3	64,2	1 876,4
- ABIDJAN-Port +	7,0	37,0	114,7	144,0	144,3	606,3	448,0	23,3	42,8	74,0	118,8	44,3	1 804,5
- ABIDJAN-Ville	29,9	52,7	105,8	127,4	333,0	596,3	246,9	39,6	63,2	183,1	172,7	83,5	2 034,1
- ABOISSO	33,8	69,3	122,2	159,2	236,3	386,5	207,2	84,6	137,6	221,2	162,3	75,3	1 895,5
- ADIAKE	33,6	60,0	135,0	169,7	292,0	584,5	228,7	47,2	96,9	210,1	169,8	80,3	2 107,8
- ADIOPODOUME	31,8	52,4	108,3	140,0	306,2	670,7	282,3	31,4	81,1	177,1	155,6	88,2	2 125,1
- ADZOPE	24,2	44,3	103,3	175,2	199,3	279,3	170,6	57,8	124,5	168,3	91,2	33,7	1 471,7
- AGBOVILLE	22,9	43,4	118,9	143,3	194,4	265,4	127,9	55,3	110,2	170,5	129,9	40,2	1 422,3
- AGNIBILEKROU	10,4	27,4	105,6	144,9	149,5	172,6	113,6	70,7	123,5	174,7	45,5	13,1	1 151,5
- ALEPE	43,3	51,7	153,4	132,7	190,7	395,4	234,3	41,6	82,4	185,4	151,0	76,0	1 737,9
- AZAGUIE	32,6	54,3	136,0	151,3	245,3	302,1	170,0	61,3	127,8	222,5	185,1	77,5	1 766,8
- BANCO	42,9	52,7	111,4	129,3	296,4	616,9	273,2	54,8	99,8	194,9	174,3	83,4	2 130,0
- BEOUMI	11,7	55,1	100,0	124,1	129,6	150,9	103,1	114,1	223,0	125,0	52,9	20,2	1 215,7
- BOCANDA	8,9	32,6	110,5	153,1	128,3	168,1	91,9	75,1	131,5	143,1	49,4	20,2	1 127,1
- BOLI	9,4	30,5	93,1	114,9	92,1	150,5	78,6	64,6	125,4	83,2	34,6	9,2	886,1
- BONDOUKOU	15,0	43,0	74,0	131,4	168,7	166,0	79,8	64,5	186,1	177,0	51,5	17,5	1 174,5
- BONGOUANOU	9,3	31,1	110,2	169,5	153,8	238,8	123,8	73,5	141,4	145,1	56,3	19,0	1 272,8

Postes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
- BOUAFLE	20,2	62,1	123,5	150,3	167,1	193,3	88,3	97,5	222,3	139,2	53,2	33,5	1 350,5
- BOUAKE-Aéro	13,6	45,1	90,2	140,5	145,8	149,4	98,1	104,8	213,4	140,0	37,8	20,5	1 199,2
- BOUGOUSSO +	0,0	21,5	65,5	53,0	136,5	209,0	276,5	338,3	335,0	201,7	10,0	9,0	1 656,0
- BOUNA	5,0	20,2	53,5	103,7	136,8	153,9	130,9	138,6	246,4	105,3	36,0	8,3	1 138,6
- BOUNDIALI	9,3	16,5	41,0	84,3	117,6	162,2	254,8	317,6	248,1	135,0	42,1	10,0	1 438,5
- BRIMBO *	19,9	82,0	196,2	156,8	172,6	326,8	181,0	61,9	136,7	172,7	103,1	33,0	1 642,7
- CECHI	15,5	44,4	124,5	199,4	193,8	314,8	128,4	64,6	107,7	163,4	57,1	37,9	1 451,5
- DABAKALA	10,9	38,9	68,8	126,5	140,2	146,5	96,7	139,2	230,3	135,0	37,2	13,0	1 183,2
- DABOU	34,4	41,6	122,0	160,7	284,5	587,4	287,3	29,9	75,9	190,2	152,6	100,9	2 067,4
- DALOA	19,1	63,0	113,2	155,4	150,9	178,6	115,4	119,4	266,3	179,9	58,2	13,3	1 432,7
- DANANE	24,5	68,3	127,3	171,4	179,6	304,9	346,9	346,6	407,8	217,1	75,5	35,2	2 305,1
- DAOUKRO	7,0	42,9	120,8	172,3	152,2	182,6	91,0	70,1	108,0	130,1	39,1	15,9	1 132,0
- DEMBASSO +	6,6	15,2	29,2	79,8	114,1	147,4	200,2	377,2	259,8	128,6	47,6	12,8	1 418,5
- DIMBOKRO	16,6	46,4	123,0	150,7	181,9	184,0	95,2	60,3	137,9	130,2	63,5	19,4	1 209,1
- DIVO	27,5	78,0	161,8	186,5	214,8	307,2	138,8	62,0	166,9	215,4	120,4	68,5	1 747,8
- DUEKOUÉ	15,8	33,2	163,5	149,2	166,8	204,6	128,3	200,0	311,3	136,8	56,5	36,8	1 652,8
- FERKESSEDOUGOU	5,0	19,3	47,5	91,4	139,7	158,1	185,7	299,5	251,3	112,3	31,7	9,7	1 351,2
- GAGNOA	32,2	62,4	145,7	163,2	185,1	221,3	98,7	64,5	174,9	161,0	102,9	47,3	1 459,2
- GRABO	88,5	100,9	175,8	200,4	292,6	383,9	89,8	89,4	217,0	318,3	214,8	139,3	2 310,7

Postes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
- GRAND-LAHO	20,3	35,6	80,0	119,7	288,4	494,3	186,2	23,9	49,3	115,9	170,6	90,2	1 674,4
- GUIGLO	16,7	51,6	121,8	140,0	179,2	286,8	150,6	161,9	343,8	221,3	65,9	28,5	1 768,1
- GUITRY +	25,8	33,4	74,6	136,2	138,4	316,8	147,8	51,6	92,0	145,2	118,4	84,4	1 391,6
- JACQUEVILLE *	37,5	24,0	100,5	125,8	212,8	634,0	343,2	15,4	28,7	56,7	93,8	54,2	1 726,6
- KATIOLA	10,9	37,9	61,3	150,9	127,3	170,4	102,2	147,2	216,3	127,9	36,6	27,8	1 216,7
- KORHOGO	7,4	13,9	48,9	99,3	89,2	160,9	190,8	320,9	265,6	130,7	39,2	13,5	1 380,3
- KOTOBI +	24,5	22,8	95,5	158,0	176,8	242,5	89,3	73,3	72,8	74,3	41,8	43,8	1 115,4
- KOUTO +	19,8	8,4	31,6	88,8	80,5	168,8	223,6	362,4	215,4	115,2	22,6	24,0	1 361,1
- LAKOTA	38,1	81,7	148,3	156,7	193,6	278,8	102,8	54,4	176,4	204,6	118,0	77,3	1 630,7
- LA ME	35,3	63,3	129,7	142,5	265,7	479,5	218,7	40,2	99,6	189,7	177,5	84,2	1 925,9
- LAMTO *	4,2	45,8	148,8	162,8	151,2	210,7	152,5	68,7	131,0	134,5	66,5	45,8	1 319,9
- MADINANI *	0,0	2,2	14,2	90,0	95,2	187,5	247,2	340,3	226,8	122,2	28,2	2,5	1 356,3
- MAN-Aéro	16,2	57,0	116,2	158,7	158,9	214,0	207,5	260,4	319,8	169,7	56,4	21,7	1 756,5
- MANINIAN *	2,7	10,5	20,7	73,2	134,2	218,5	344,7	446,0	364,7	202,0	69,3	22,3	1 908,8
- MANKONO	16,1	35,7	74,3	113,9	128,5	150,8	139,0	184,9	241,8	125,3	55,9	12,9	1 259
- MBAHIAKRO	14,2	43,0	113,7	169,0	147,6	172,2	76,8	87,9	144,3	144,1	38,2	11,8	1 162,8
- NDOUCI *	14,8	58,4	89,2	155,6	159,8	239,4	132,2	58,6	120,2	82,0	70,2	67,6	1 248,0
- NIAKARAMANDOUGOU	11,2	74,0	55,0	99,2	168,6	122,4	161,6	220,6	183,8	163,0	44,2	13,8	1 317,4
- ODIENNE	3,3	13,6	39,1	76,0	118,5	175,6	289,1	382,7	292,1	164,4	54,2	10,4	1 619,0

Postes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
OUANGOLODOUGOU	2,7	16,2	42,8	95,4	117,1	161,8	202,0	326,4	219,9	104,7	18,1	10,8	1 317,9
OUELLE	6,4	26,4	100,6	140,6	100,0	145,5	83,1	66,8	100,2	136,6	29,4	16,3	951,9
OUME	22,1	62,4	143,0	148,0	191,9	211,8	85,9	54,5	143,0	145,7	79,3	45,9	1 333,8
SASSANDRA	23,2	24,4	74,3	104,2	295,5	510,6	156,9	22,8	48,0	100,1	142,4	87,4	1 589,8
SEQUELA	18,0	39,5	97,2	103,9	135,3	147,0	130,6	172,0	259,8	182,6	57,6	22,1	1 365,6
SINFRA +	0,0	74,5	243,5	229,0	402,5	258,0	83,0	79,5	201,0	109,0	60,0	54,5	1 794,5
SOUBRE	33,5	55,6	139,0	166,1	173,1	245,2	107,2	100,6	220,0	191,1	119,9	53,8	1 605,1
TABOU	52,9	47,8	88,2	133,9	415,5	533,4	155,7	82,6	220,6	203,1	195,1	145,2	2 274,0
TAFIRE	8,5	18,1	55,4	73,1	109,8	130,7	145,6	217,5	241,1	109,6	51,4	21,1	1 181,9
TAI	20,8	45,7	162,2	158,3	220,0	296,9	159,8	126,6	319,1	244,6	122,1	40,0	1 922,1
TENGRELA	4,6	5,0	23,7	65,4	109,4	161,2	302,9	360,0	269,1	97,6	38,9	7,8	1 445,6
TIASSALE	20,7	54,9	125,7	148,6	166,4	223,7	112,5	54,8	111,4	159,6	101,3	40,1	1 319,7
TIEBISSOU	18,9	61,3	116,9	145,2	139,6	167,4	87,1	60,6	126,4	122,6	44,5	29,1	1 119,6
TIEME +	2,7	2,0	18,7	87,0	147,5	170,5	243,0	440,0	329,5	217,0	25,0	0,0	1 682,9
TOUBA	11,5	30,6	67,9	122,5	146,1	161,4	173,5	205,7	270,5	116,3	38,6	16,7	1 361,3
TOULEPLEU	17,2	57,8	129,8	155,3	204,4	238,3	169,0	179,4	338,2	213,2	78,4	35,9	1 816,9
TOUMODI *	17,4	56,5	84,0	135,6	145,6	172,8	87,2	84,2	106,6	113,2	26,4	33,4	1 062,9
VAVOUA	11,7	67,7	99,0	127,1	128,1	165,4	90,3	132,5	243,7	157,5	54,5	10,7	1 288,2
YAMOISSOUKRO +	8,3	38,7	87,0	189,7	99,3	219,5	73,5	55,5	113,5	55,8	64,3	35,3	1 040,4

NOTA * : signifie poste ayant moins de 10 ans d'observations -

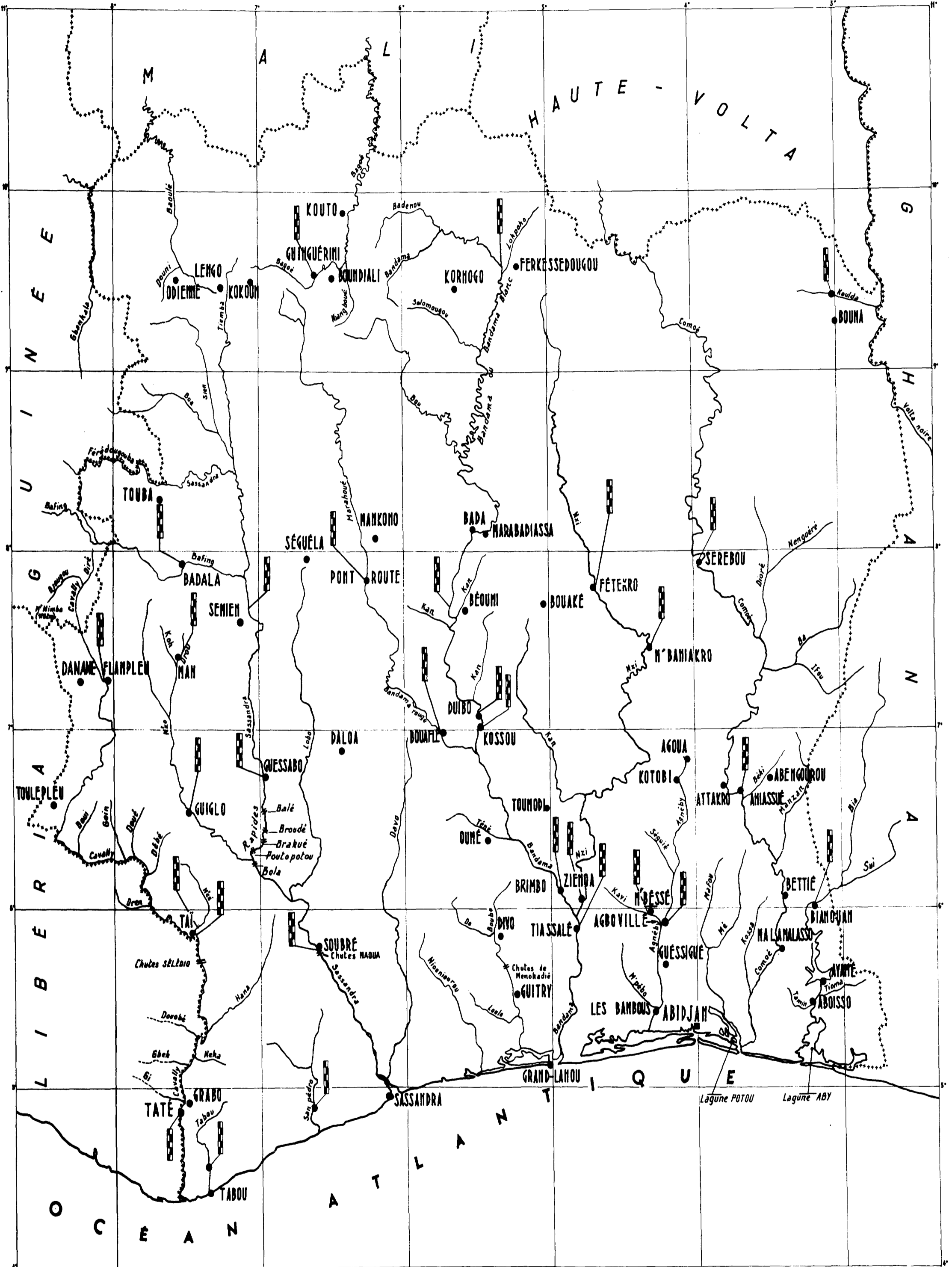
+ : " " " 5 ans "

RÉPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

Carte:11

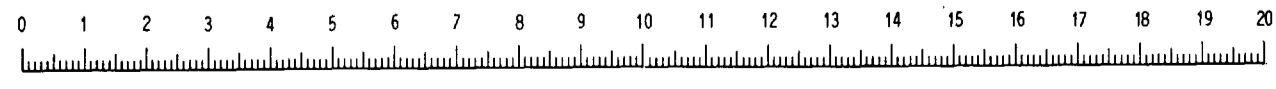
RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE ET HYDROMÉTRIQUE

ECHELLE : 1/2.000.000^{ème}



Stations hydrométriques principales

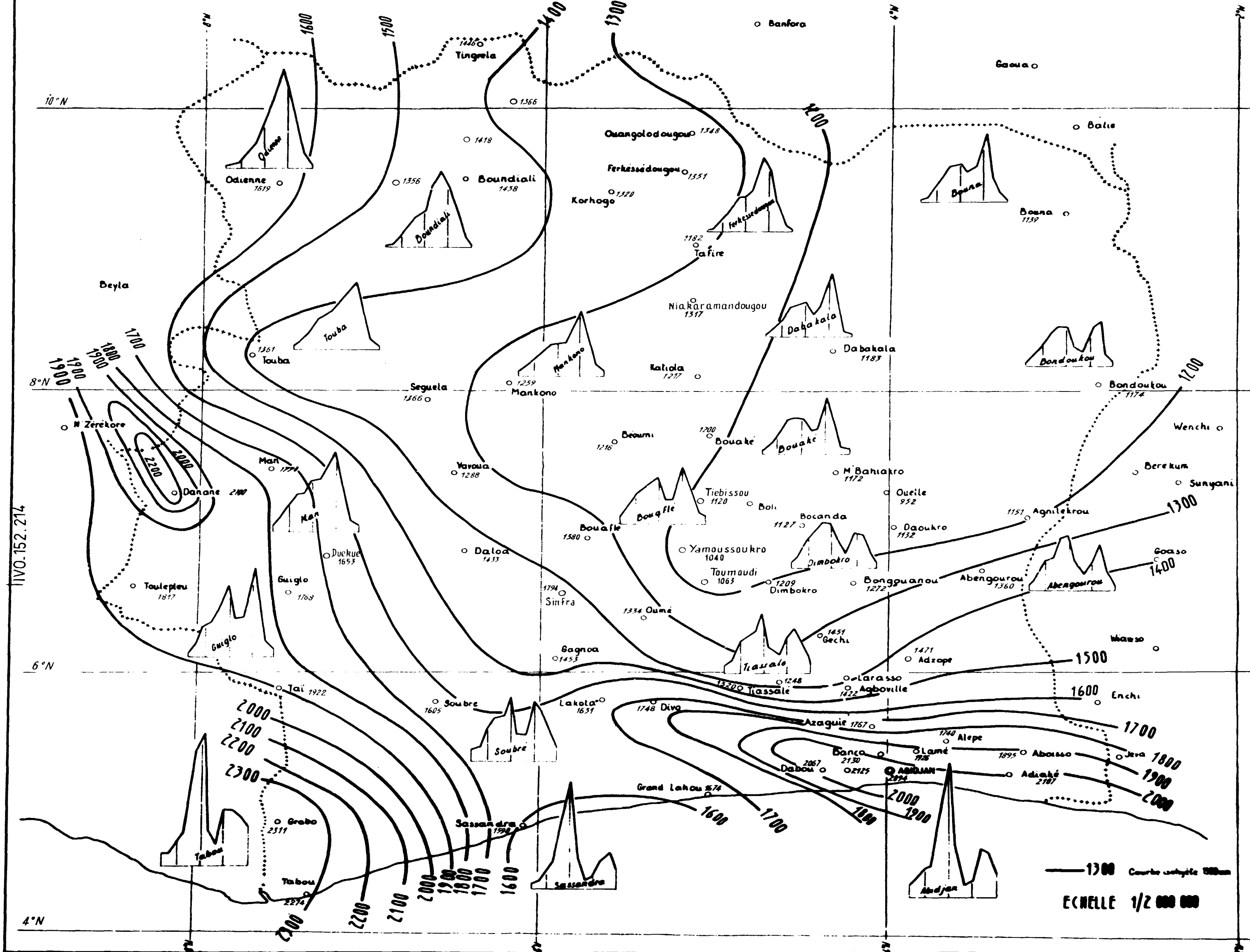
Cette mire doit être lisible dans son intégralité
Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMNSZXY
zsaecmuvnwixrfkhdppqjlt 7142385690
Pour A2A3A4: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMNSZXY
zsaecmuvnwixrfkhdppqjlt 7142385690



GAM-T-12
N° 60 073 DMT

RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE
 PLUVIOMÉTRIE EN ANNÉE MOYENNE

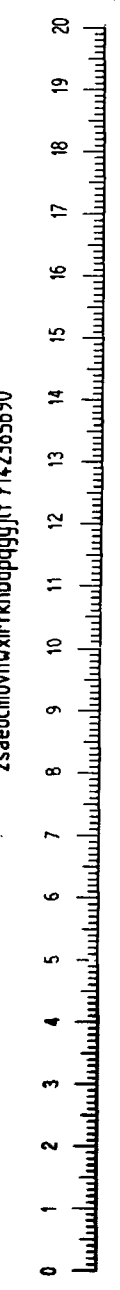
Carte : 2-1



IVO.152.214

Cette mire doit être lisible dans son intégralité
 Pour A0 et A1: ABERPFTLJDOCGUVMNSZXY
 Pour A2: A3A4: ABERPFTLJDOCGUVMNSZXY
 zsaecomvuvxirfkbbppgyjt 7142385690
 zsaecomvuvxirfkbbppgyjt 7142385690

GAM-T-12
 1M0 E40 09 .N
 60 00 DM T

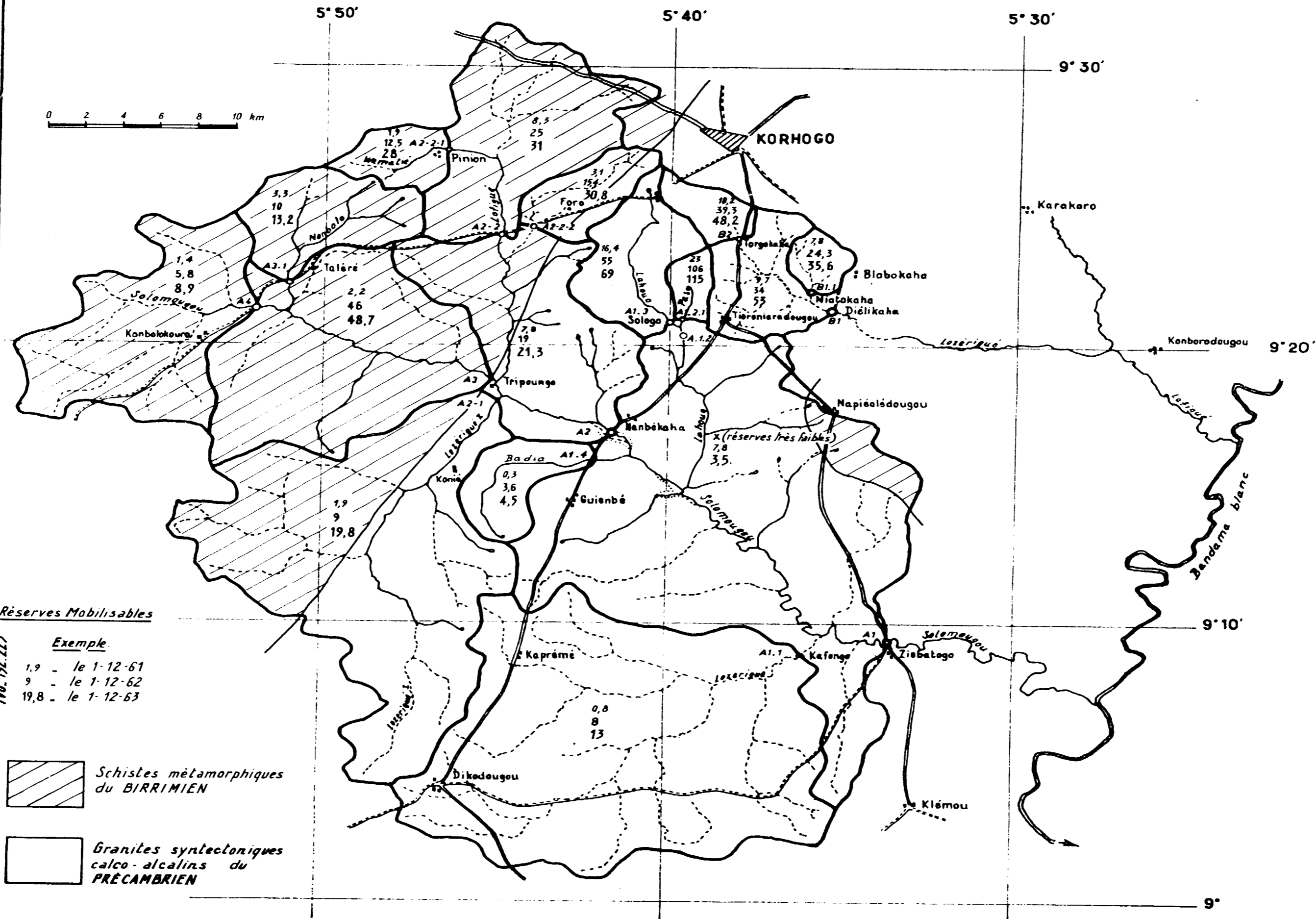


1:2 000 000
 ECHELLE 1/2 000 000

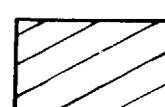
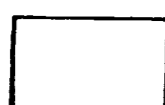
Bassin Versant du SOLOMOUGOU
Etude du tarissement

Gr: 4:1

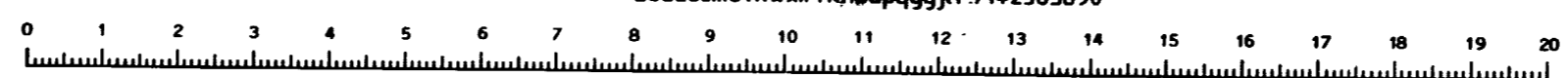
CARTE DES RÉSERVES MOBILISABLES RÉDUITES (mm) Le 1^{er} DÉCEMBRE en 1961-62-63



Réserves Mobilisables
Exemple
1,9 - le 1-12-61
9 - le 1-12-62
19,8 - le 1-12-63
IVO 152.223

 Schistes métamorphiques du BIRRIEN
 Granites syntectoniques calco-alcalins du PRÉCAMBRIEN

Cette mire doit être lisible dans son intégralité
Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGOUVWMSZXY
zsaecmuvnwixr fkhbdpggyjlt 7142385690
Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCGOUVWMSZXY
zsaecmuvnwixr fkhbdpggyjlt 7142385690




GAM-T-12
N° 60 093 DM