

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Centre d'ADIPODOUMÉ

APERÇU SUR LES REGIMES HYDROLOGIQUES DE CÔTE D'IVOIRE

par

G. GIRARD

Directeur de Recherches à l'ORSTOM

J. SIRCOULON

Ingénieur hydrologue à l'ORSTOM

et

P. TOUCHEBEUF

Ingénieur en Chef à EDF - IGECO

Service Central Hydrologique - Mars 1970

D8
GR

9639

Centre d'ADIPODOUME

APERCU sur les REGIMES HYDROLOGIQUES
de COTE d'IVOIRE

par

G. GIRARD
Directeur de Recherches à l'ORSTOM

J. SIRCOULON
Ingénieur hydrologue à l'ORSTOM

et

P. TOUCHEBEUF
Ingénieur en Chef à E.D.F. - IGECO



12 MARS 1970

Service Central Hydrologique - Mars 1970

D8
GIA

S O M M A I R E

	Pages
I - <u>RESEAU HYDROGRAPHIQUE de COTE d'IVOIRE</u>	1
1.1 Les bassins principaux	2
1.2 Les fleuves côtiers	5
1.3 Les affluents du NIGER	6
II - <u>DONNEES PLUVIOMETRIQUES et CLIMATOLOGIQUES</u>	7
2.1 Les précipitations	7
2.1.1 Hauteurs des précipitations annuelles	8
2.1.2 Hauteurs moyennes des précipitations mensuelles	10
2.1.3 Les précipitations journalières	15
2.2 Evaporation	21
2.3 Températures - Insolation - Humidité	23
III - <u>Les REGIMES HYDROLOGIQUES et leurs ELEMENTS</u>	25
3.1 Classification des régimes	25
3.1.1 Régime tropical de transition	25
3.1.2 Régime équatorial de transition	26
3.1.3 Régime équatorial de transition atténué	27
3.1.4 Régime de Montagne	27
3.2 L'abondance annuelle	28
3.2.1 Les modules annuels (ou débits moyens annuels)	28
3.2.2 Modules spécifiques et lames d'eau écoulées	29
3.2.3 Irrégularité interannuelle	32
3.2.4 Les déficits d'écoulement	33
3.3 Les variations saisonnières des écoulements	38
3.4 Les débits de crue	41
3.4.1 Les crues sur les petits bassins représentatifs de COTE d'IVOIRE	41
3.4.2 Détermination des crues de faible fréquence aux stations du réseau	50
3.5 Le tarissement et les débits d'étiage	54
3.5.1 Les tarissements	55
3.5.2 Les valeurs des débits d'étiage	56

CHAPITRE I

RESEAU HYDROGRAPHIQUE de COTE d'IVOIRE

Le réseau hydrographique de COTE d'IVOIRE comprend :(Carte 1-1)

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 la BIA,

des affluents du NIGER :

- le BAOULE,
- 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 DOOBE, 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.

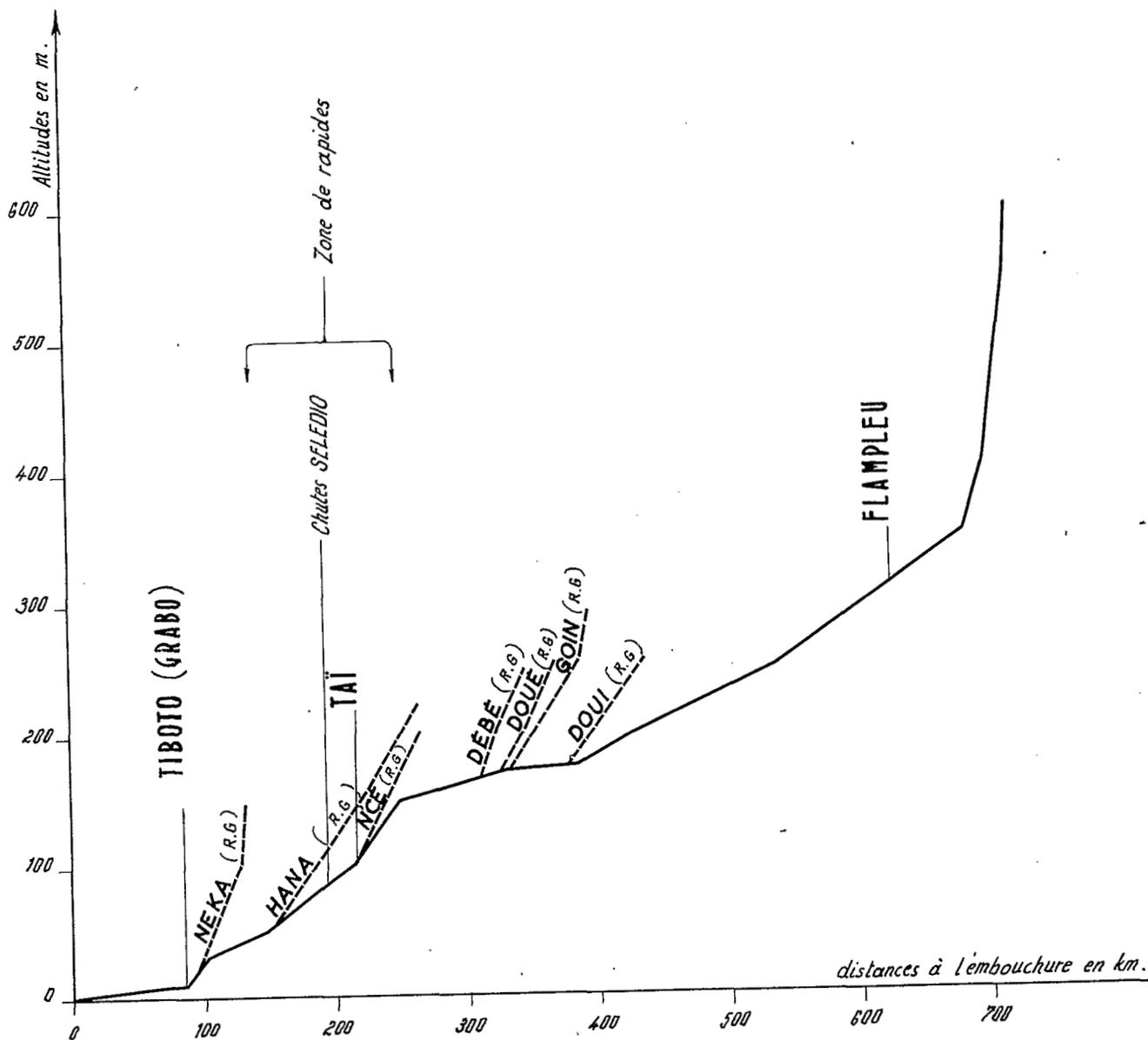
1.1.2 Le Bassin de SASSANDRA

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 CAVALLY

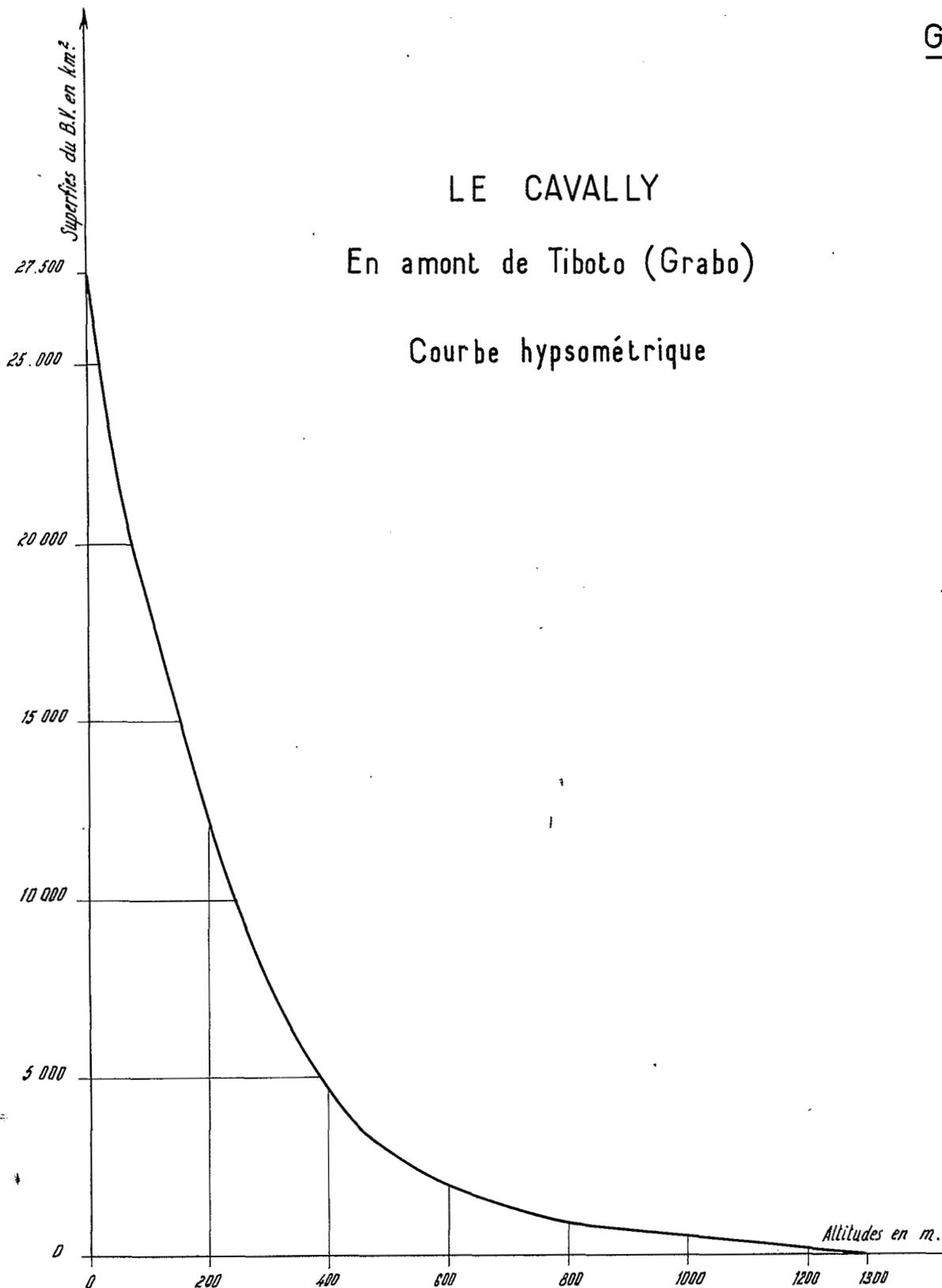
Profil en long



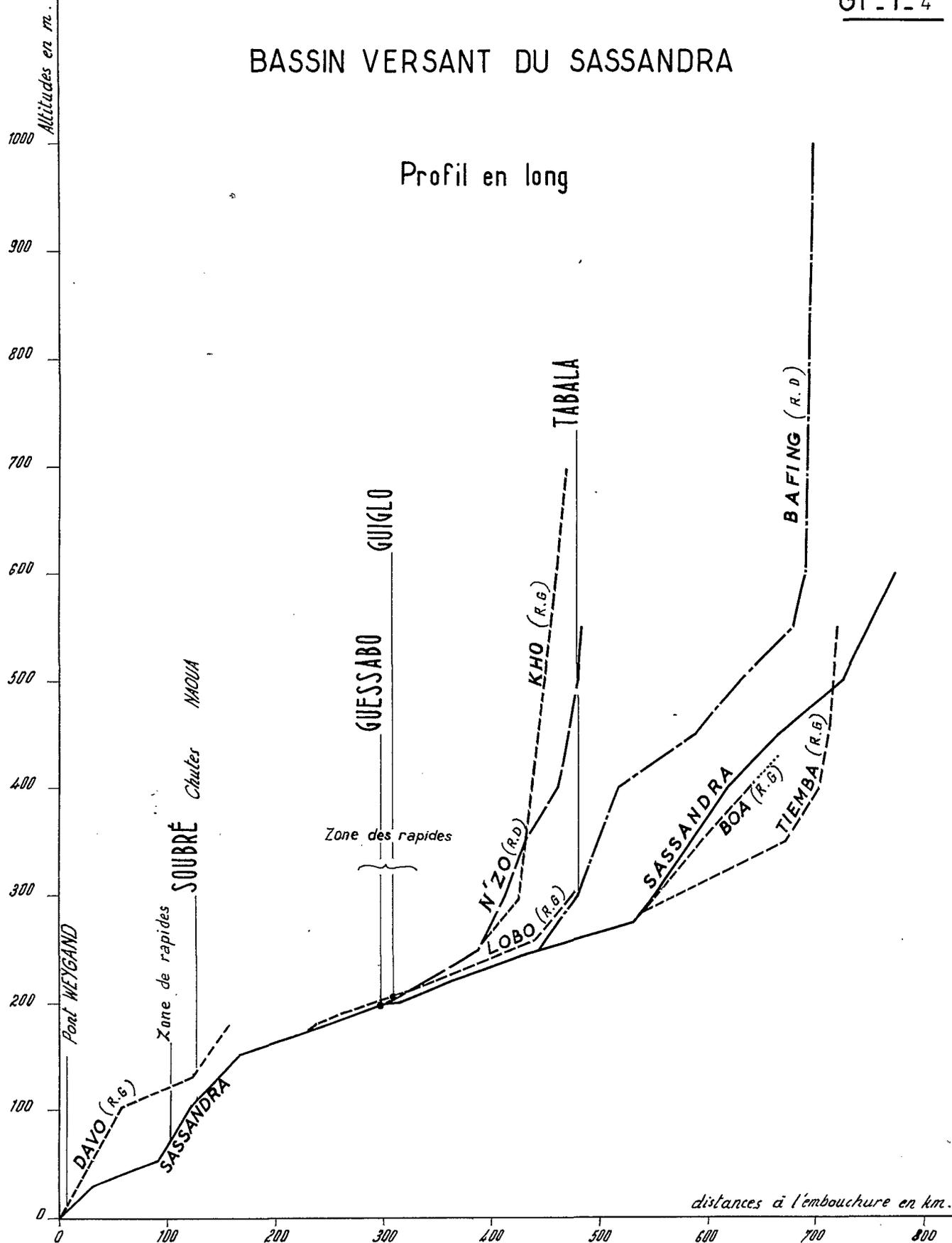
LE CAVALLY

En amont de Tiboto (Grabo)

Courbe hypsométrique

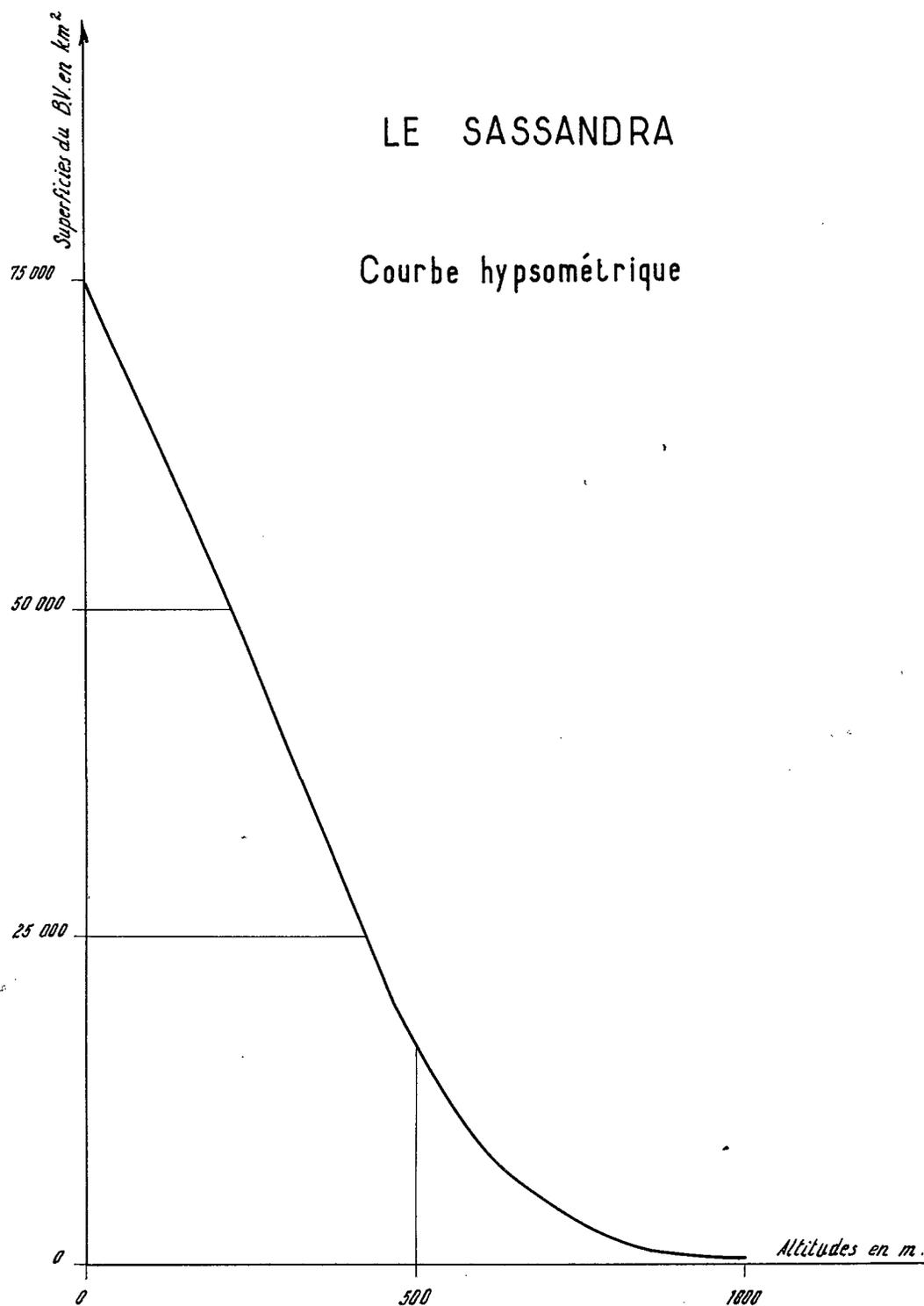


BASSIN VERSANT DU SASSANDRA



LE SASSANDRA

Courbe hypsométrique



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 dans la région de BOUNDIALI.

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 LOKOPHO 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 COMOIE

La COMOIE 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.

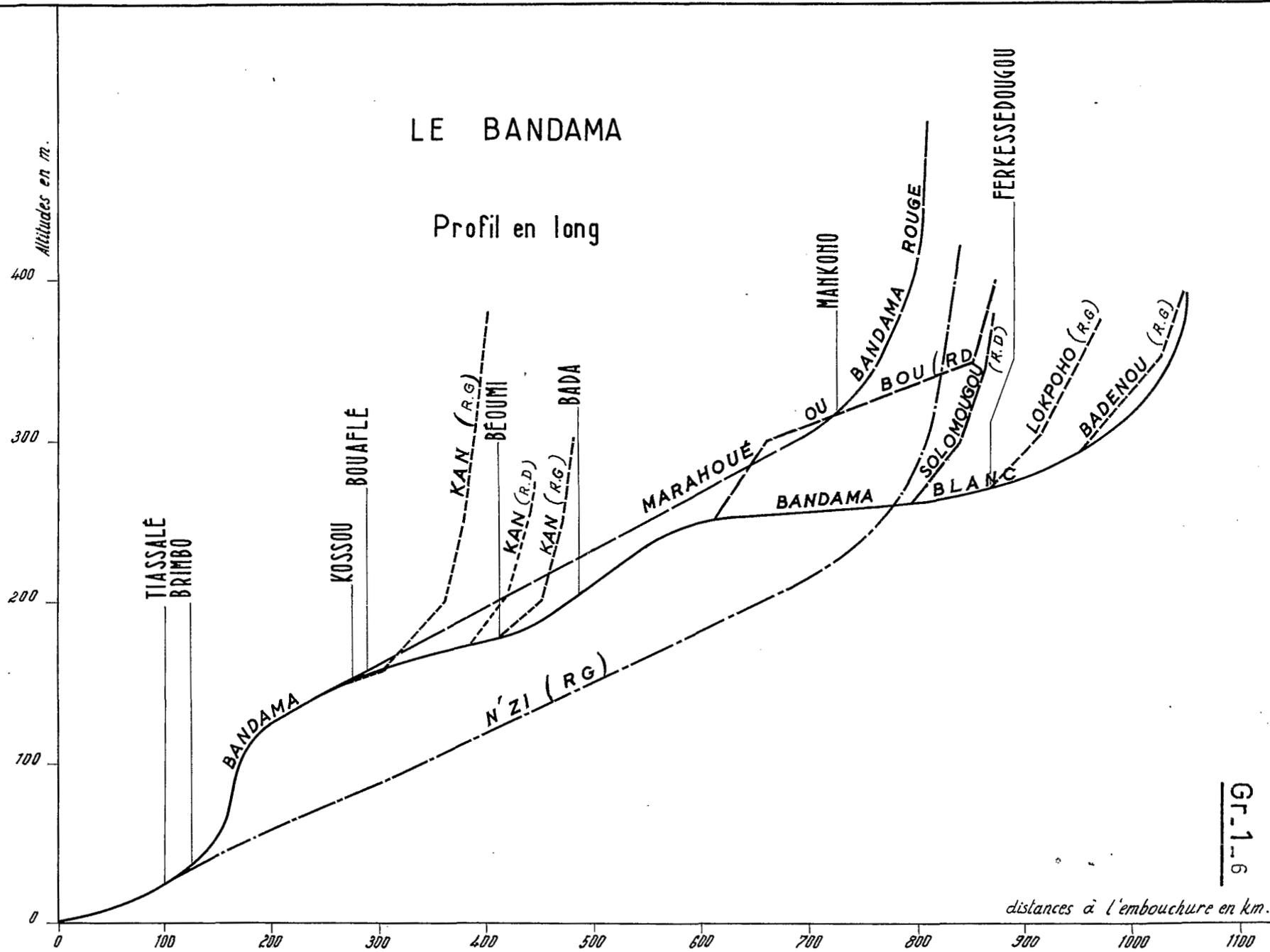
Il coule dans une direction Nord-Sud et ne comporte aucun affluent important. Pour mémoire, on peut citer, en rive gauche, le DIORE, le BA grossi de l'IFOU, le BEKI et le MANZAN, et, en rive droite, le KOSSA.

De la source à SEREBOU, le lit de la COMOIE 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 pour un éventuel aménagement hydro-électrique : 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.

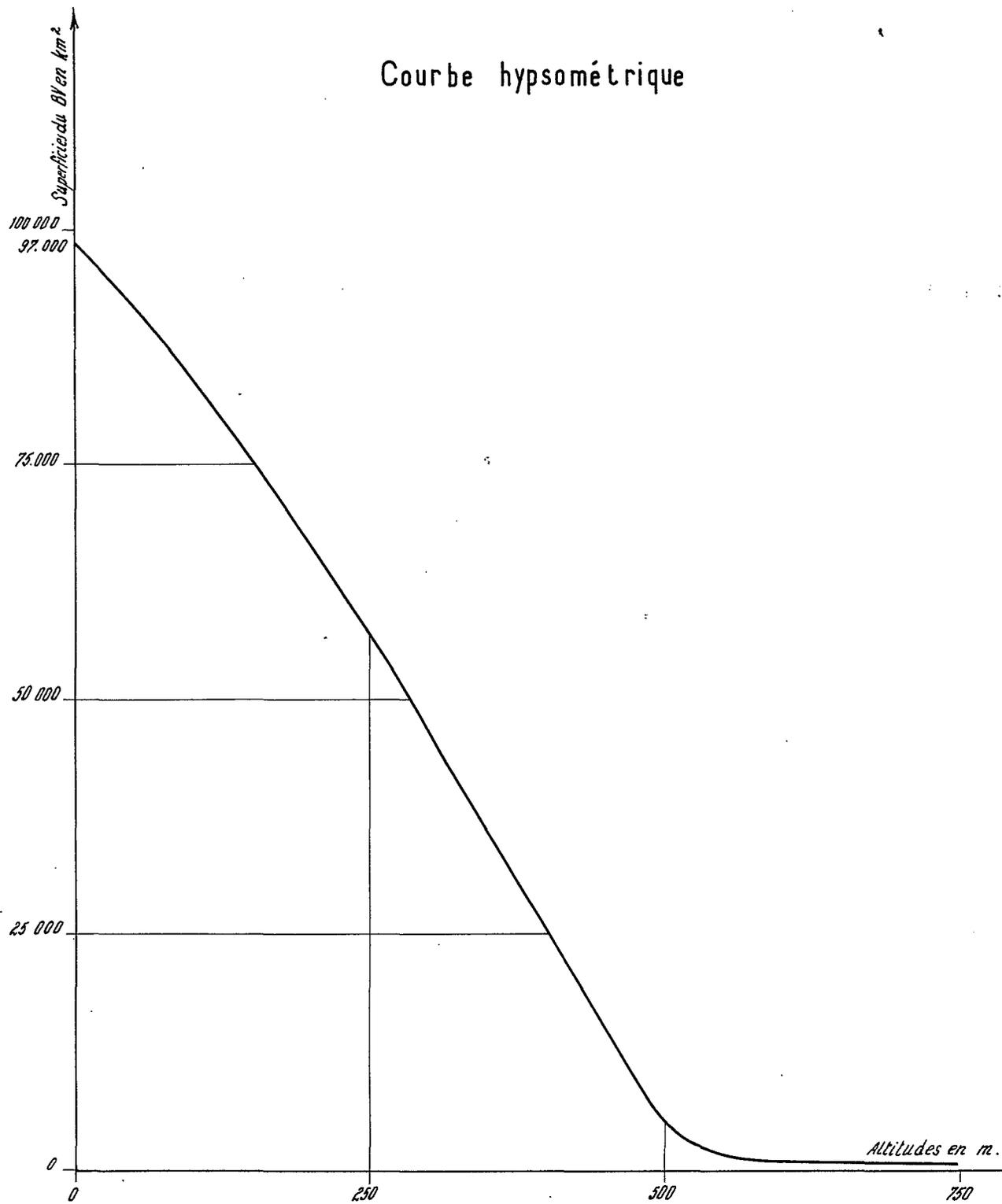


Gr-1-6

distances à l'embouchure en km.

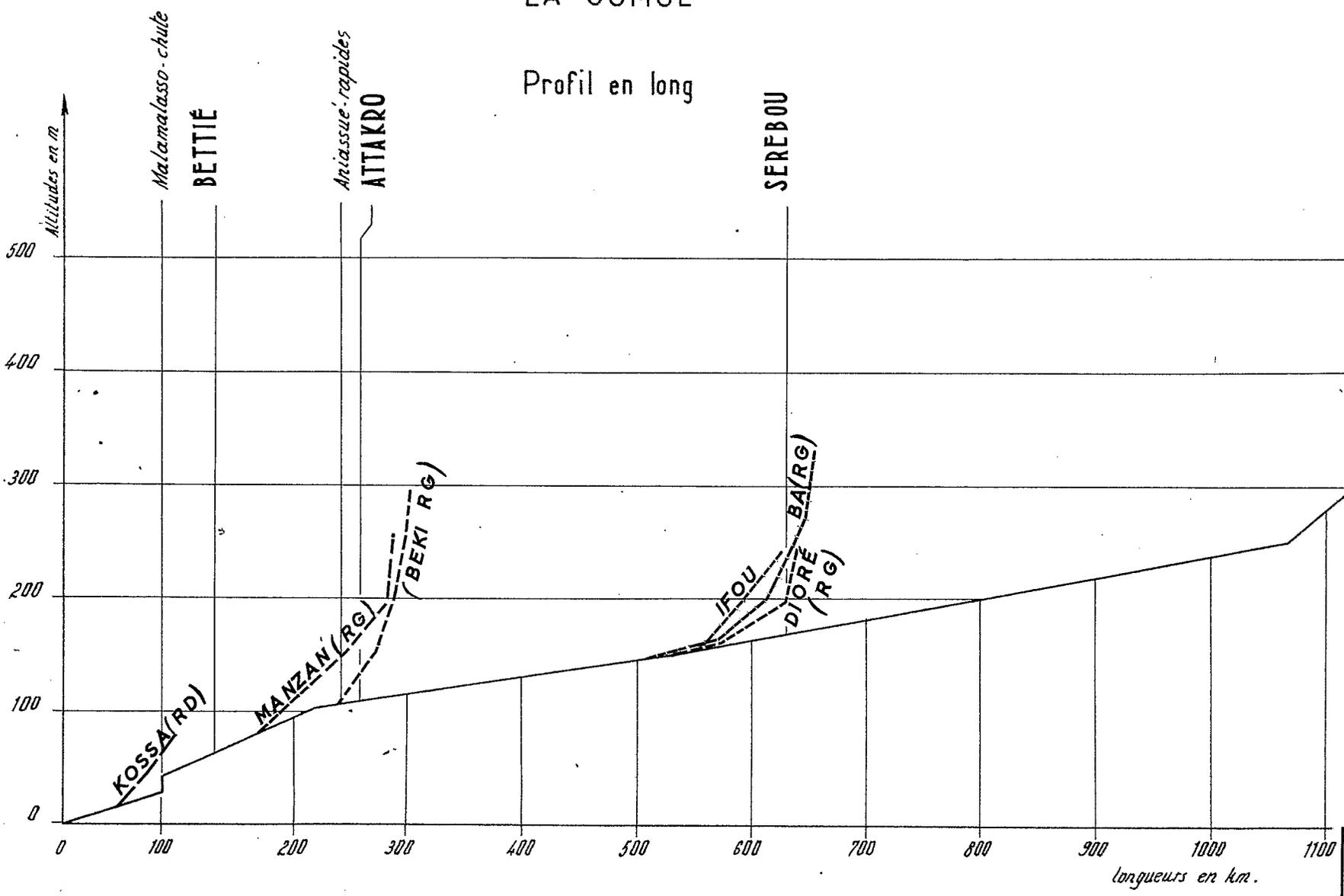
LE BANDAMA

Courbe hypsométrique

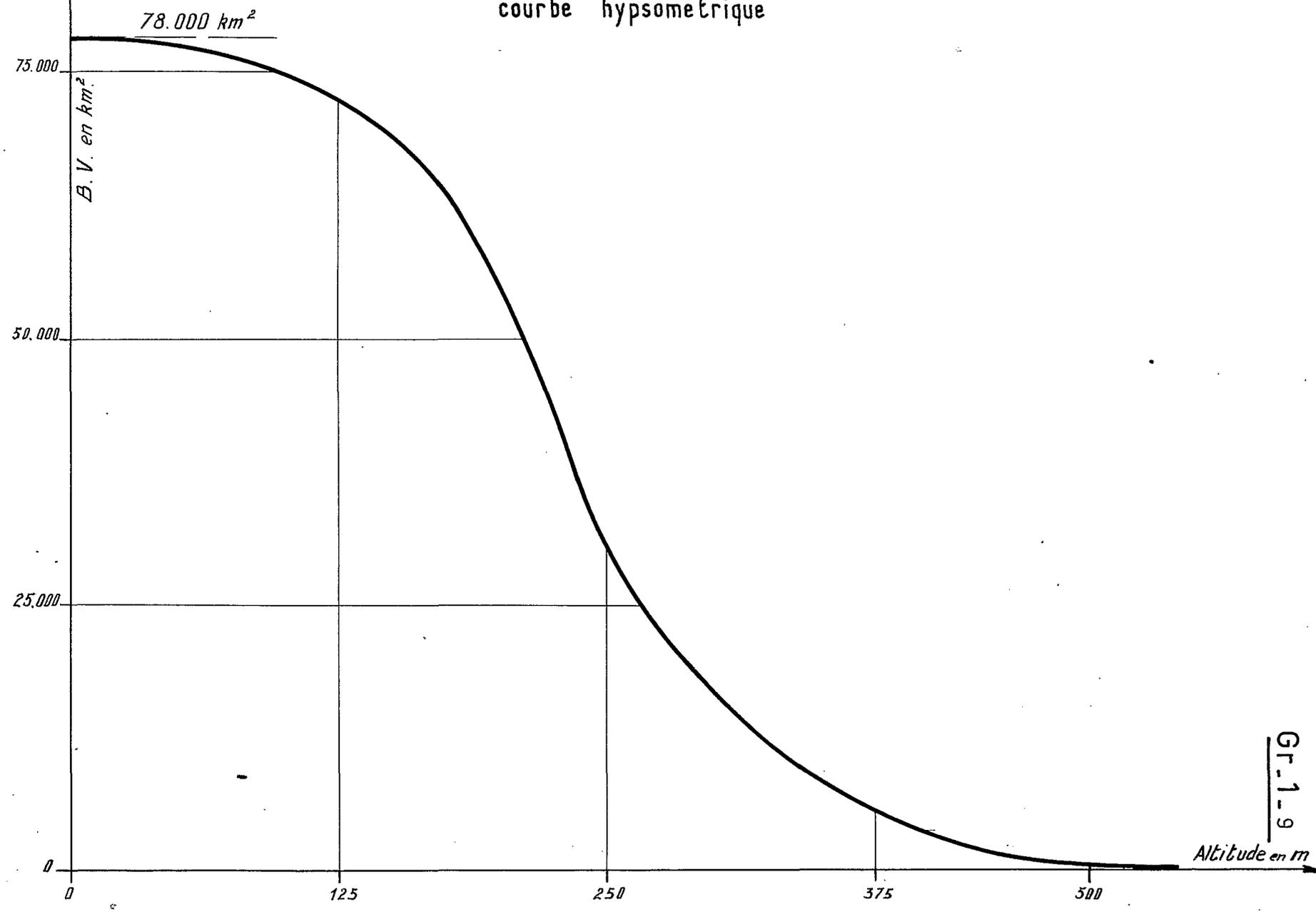


LA COMOÉ

Profil en long



La COMOÉ
courbe hypsométrique



Gr. 1-9

Altitude en 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 quatre 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 GUITRY. 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 SEGUIE. 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 a une 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. 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. Deux autres affluents notables, le TAMIN en rive droite et la TIOMA en rive gauche, se jettent dans la retenue du barrage d'AYAME I.

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. 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.

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 facteurs climatologiques intervenant dans le processus d'évaporation,
- 3° - par les caractéristiques physiques du bassin de réception : constitution du sol, couverture végétale, relief et réseau hydrographique.

Les régimes hydrologiques varieront donc suivant la répartition des précipitations, l'importance de l'évaporation et les conditions naturelles des bassins versants.

Du fait de la situation géographique de la COTE d'IVOIRE, le régime pluviométrique et les facteurs climatologiques (température, humidité) sont commandés par les déplacements du Front Intertropical et les déformations de ce Front dues à la présence des massifs de GUINEE. Malgré la faible superficie de la COTE d'IVOIRE à l'échelle continentale, on y distingue quatre régimes pluviométriques différents.

2.1. Les PRECIPITATIONS

Les régimes pluviométriques peuvent être caractérisés par une série de paramètres dont les plus utilisés sont :

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

L'étude des régimes pluviométriques comporte également 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, 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-LAHOUE. Le massif de GUINEE provoque également dans la région de DANANE une augmentation très sensible de la pluviosité.

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 demande qu'une loi de probabilité de répartition des hauteurs annuelles soit ajustée à la série des valeurs observées.

2.1.1.1 Pour les stations pluviométriques assez éloignées de la Côte Atlantique, la loi de PEARSON III tronquée 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, de fréquences centennale, cinquantiennale, vicennale, décennale, quinquennale, ainsi que les valeurs moyennes et médianes.

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'années	K ₃
: ABENGOUROU	: 1 368:	865:	915:	994:	1 068:	1 160:	1 353	: 1 567:	1 688:	1 790:	1 912:	1 997:	46	: 1,58 :
: ADZOPE	: 1 469:	954:	1 004:	1 086:	1 160:	1 257:	1 454	: 1 670:	1 794:	1 898:	2 020:	2 104:	21	: 1,55 :
: AGBOVILLE	: 1 438:	865:	921:	1 010:	1 091:	1 197:	1 420	: 1 667:	1 803:	1 930:	2 072:	2 168:	38	: 1,64 :
: AZAGUIE	: 1 779:	1 147:	1 210:	1 309:	1 400:	1 518:	1 761	: 2 030:	2 178:	2 305:	2 459:	2 563:	31	: 1,55 :
: BEOUMI	: 1 222:	785:	828:	896:	961:	1 042:	1 210	: 1 394:	1 497:	1 586:	1 690:	1 765:	27	: 1,56 :
: BONDOUKOU	: 1 226:	757:	804:	876:	945:	1 030:	1 211	: 1 411:	1 527:	1 624:	1 737:	1 819:	34	: 1,61 :
: BOUAFLE	: 1 362:	884:	932:	1 007:	1 078:	1 166:	1 349	: 1 550:	1 665:	1 761:	1 875:	1 955:	42	: 1,54 :
: BOUAKE	: 1 213:	769:	813:	882:	946:	1 029:	1 200	: 1 389:	1 496:	1 587:	1 694:	1 769:	40	: 1,58 :
: BOUNA	: 1 158:	662:	709:	785:	855:	948:	1 140	: 1 359:	1 483:	1 591:	1 720:	1 810:	43	: 1,74 :
: BOUNDIALI	: 1 423:	919:	969:	1 048:	1 120:	1 213:	1 408	: 1 621:	1 740:	1 841:	1 964:	2 048:	40	: 1,55 :
: DABAKALA	: 1 184:	778:	819:	883:	932:	1 018:	1 173	: 1 344:	1 439:	1 521:	1 620:	1 686:	43	: 1,54 :
: DALOA	: 1 423:	942:	991:	1 067:	1 138:	1 226:	1 410	: 1 610:	1 723:	1 820:	1 930:	2 012:	44	: 1,51 :
: DIMBOKRO	: 1 217:	781:	825:	891:	956:	1 038:	1 204	: 1 389:	1 490:	1 580:	1 684:	1 758:	44	: 1,56 :
: FERKESSEDOUGOU	: 1 360:	870:	920:	995:	1 068:	1 158:	1 344	: 1 553:	1 667:	1 770:	1 885:	1 967:	39	: 1,56 :
: GAGNOA	: 1 486:	912:	970:	1 059:	1 141:	1 248:	1 468	: 1 716:	1 851:	1 972:	2 117:	2 212:	43	: 1,62 :
: GUIGLO	: 1 722:	1 163:	1 220:	1 310:	1 391:	1 494:	1 709	: 1 940:	2 073:	2 180:	2 313:	2 400:	35	: 1,49 :
: KORHOGO	: 1 410:	800:	857:	950:	1 038:	1 150:	1 388	: 1 657:	1 810:	1 941:	2 100:	? 207:	27	: 1,74 :
: MAN	: 1 760:	1 173:	1 232:	1 342:	1 411:	1 520:	1 745	: 1 990:	2 126:	2 243:	2 366:	2 478:	42	: 1,50 :
: MANKONO	: 1 274:	771:	820:	897:	970:	1 063:	1 259	: 1 475:	1 599:	1 704:	1 830:	1 918:	27	: 1,64 :
: MBAHIAKRO	: 1 175:	718:	763:	853:	900:	985:	1 161	: 1 359:	1 468:	1 564:	1 678:	1 756:	21	: 1,63 :
: ODIENNE	: 1 640:	1 100:	1 154:	1 240:	1 320:	1 420:	1 627	: 1 850:	1 978:	2 084:	2 208:	2 300:	43	: 1,50 :
: OUME	: 1 330:	834:	882:	960:	1 033:	1 125:	1 313	: 1 527:	1 645:	1 750:	1 870:	1 958:	21	: 1,59 :
: SEQUELA	: 1 359:	891:	939:	1 011:	1 080:	1 167:	1 346	: 1 542:	1 650:	1 747:	1 857:	1 935:	43	: 1,52 :
: SOUBRE	: 1 631:	1 134:	1 187:	1 266:	1 339:	1 430:	1 619	: 1 822:	1 937:	2 033:	2 146:	2 227:	26	: 1,45 :
: TIIASSALE	: 1 318:	768:	820:	905:	984:	1 084:	1 299	: 1 536:	1 674:	1 792:	1 930:	2 030:	40	: 1,70 :
: TOUBA	: 1 403:	922:	970:	1 047:	1 117:	1 208:	1 390	: 1 592:	1 705:	1 800:	1 913:	1 993:	20	: 1,53 :
: TOULEPLEU	: 1 858:	1 114:	1 188:	1 300:	1 408:	1 545:	1 833	: 2 153:	2 336:	2 497:	2 680:	2 804:	41	: 1,66 :

- 6 -

L'utilisation de la loi de PEARSON III tronquée conduit à des ajustements dans l'ensemble très satisfaisants. Les résultats du tableau 2-1 présentent donc de bonnes garanties de précision.

Le rapport d'irrégularité des précipitations annuelles K_3 , calculé à partir de ces résultats, varie relativement peu pour toutes ces stations : de 1,45 à 1,75. Sa valeur médiane 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.

2.1.1.2 Pour les neuf stations pluviométriques situées le long de la Côte Atlantique, l'essai d'ajustement n'a pas donné de résultats satisfaisants. Les hauteurs des précipitations annuelles de probabilité décennale 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.

2.1.1.3 Les écarts-types des précipitations annuelles présentent une variation spatiale semblable à celle des hauteurs moyennes des précipitations annuelles.

Les coefficients de variation (rapports de l'écart-type à la moyenne des précipitations annuelles) 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.

2.1.2 Hauteurs moyennes des précipitations mensuelles

On trouvera en annexe le tableau donnant pour chaque station pluviométrique les hauteurs moyennes brutes des précipitations mensuelles.

Aucune homogénéisation des données n'ayant été effectuée, ces valeurs peuvent présenter, pour les stations récentes, des différences non négligeables avec les résultats obtenus sur une longue période d'observation.

TABLEAU 2-2

Ecart-type, coefficient d'irrégularité et coefficient de variation
des hauteurs de 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
AZAGUIE	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-LAHOU	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

Pour caractériser les différents régimes pluviométriques ces valeurs sont toutefois suffisamment représentatives, bien que les 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.

La carte 2-1 présente pour chaque station pluviométrique de longue durée un graphique des variations des précipitations moyennes mensuelles. Le tableau 2-3 donne également pour quelques stations ces mêmes moyennes mensuelles.

Il est possible de donner une idée plus complète de la répartition saisonnière des précipitations d'une station en présentant, pour chaque mois de l'année, les hauteurs de précipitation correspondant à des fréquences données (10 - 25 - 50 - 75 et 90 %).

Le graphique 2-2 indique, par exemple, qu'au mois d'Août à BOUNA la précipitation mensuelle peut être égale à celle de Septembre, bien qu'en moyenne elle lui soit inférieure de moitié.

Cependant ce mode de représentation ne permet pas de schématiser la répartition saisonnière des hauteurs mensuelles pour une année de fréquence donnée. Les fréquences ne sont valables que pour chaque mois considéré isolément.

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

2.1.2.1 Régime tropical de transition (climat soudanais)

C'est le régime de la partie Nord-Ouest et Nord de la CÔTE d'IVOIRE, limitée approximativement au Sud par le parallèle 8° N, sauf dans le Nord-Est du pays où sa limite méridionale remonte progressivement jusqu'à vers le 9° parallèle. 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.

CHAMP DES FRÉQUENCES DES PRÉCIPITATIONS MENSUELLES à Bouna (Côte d'Ivoire)

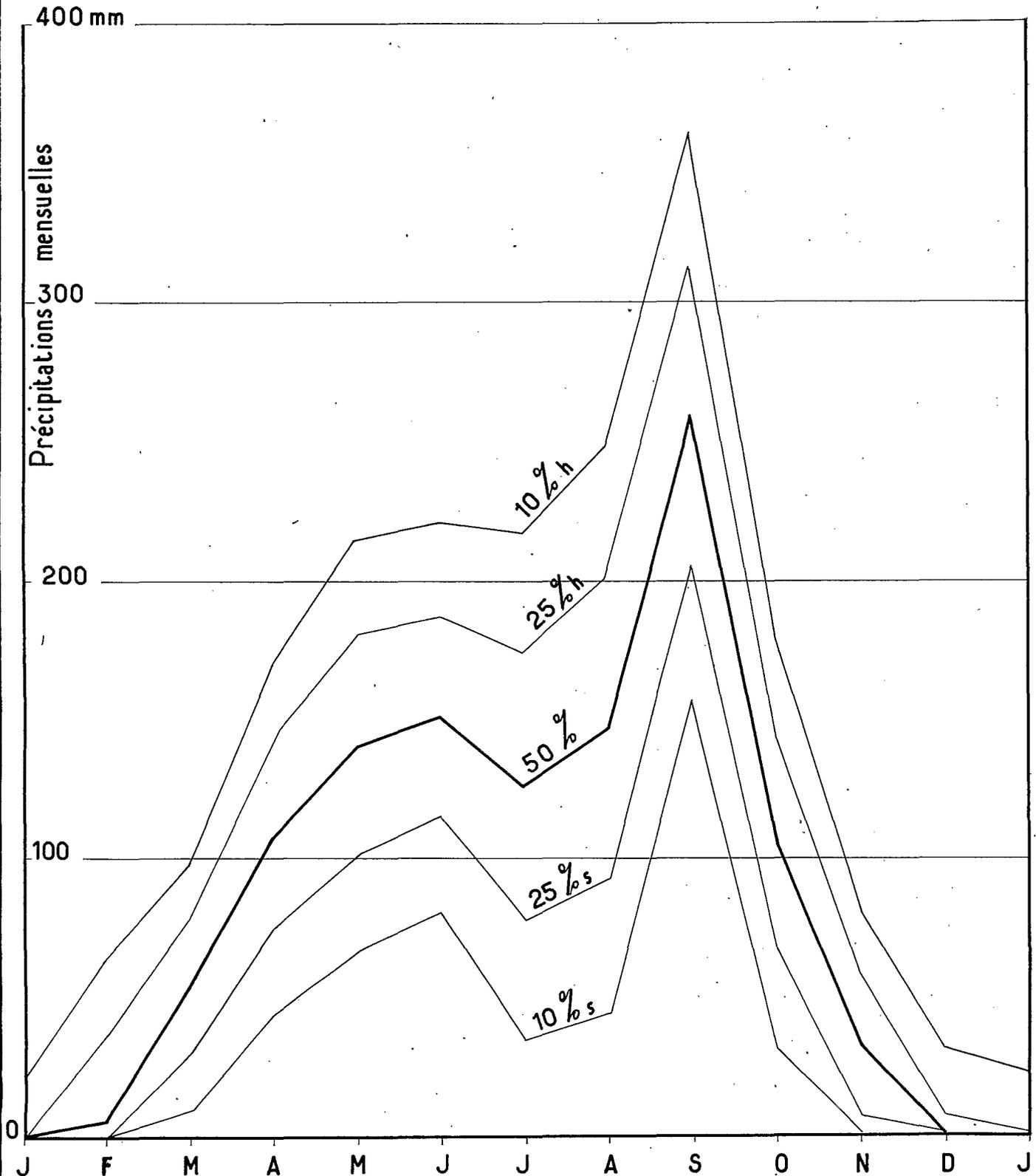


TABLEAU 2-3

Répartition mensuelle des hauteurs de précipitation (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

2.1.2.2 Régime équatorial de transition atténué (climat baouléen)

C'est le régime de la région située au-dessous du 8° parallèle, puis du 9° parallèle dans l'Est du pays 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 toujours 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 1 400 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.

2.1.2.5 Remarque

La classification des régimes pluviométriques exposée ci-dessus peut être mise en correspondance avec la classification adoptée par M.ELDIN pour l'étude des climats de la COTE d'IVOIRE :

- Le régime tropical de transition (climat soudanais) correspond aux climats A et B.
- Le régime équatorial de transition atténué (climat baouléen) correspond aux climats C₁ et C₂.
- Le régime équatorial de transition (climat attien) correspond aux climats D₁ et D₂.
- Le régime de montagne correspond au climat E.

2.1.3 Les précipitations journalières

Au début de la saison des pluies on peut considérer que les précipitations journalières correspondent à des averses orageuses 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 pluies continues dites "pluies de mousson". Elles durent plusieurs heures, avec une intensité maximale très modérée et s'accompagnent souvent d'une pluie fine prolongée.

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 fines 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 là elles peuvent atteindre des quantités importantes selon l'altitude et l'exposition. En se rapprochant de la côte, les pluies de mousson deviennent 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 de 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.

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 (cf "Etude Générale des Averses Exceptionnelles en Afrique Occidentale - République de COTE d'IVOIRE" - ORSTOM-1967).

Dans le tableau 2-5 les hauteurs des précipitations journalières calculées pour diverses fréquences sont comparées aux valeurs observées. On remarque que ces hauteurs ont une certaine relation avec la hauteur moyenne des précipitations annuelles.

TABIEAU 2-4

Nombre moyen de jours de pluie

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

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

- que la hauteur 115 mm correspond grossièrement aux isohyètes 1 200 mm - 1 300 mm,
- que la hauteur 125 mm correspond à peu près 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 la frange littorale, d'une vingtaine de kilomètres de largeur, 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 hyétogrammes-types des deux genres principaux d'averses que l'on peut observer en COTE d'IVOIRE.

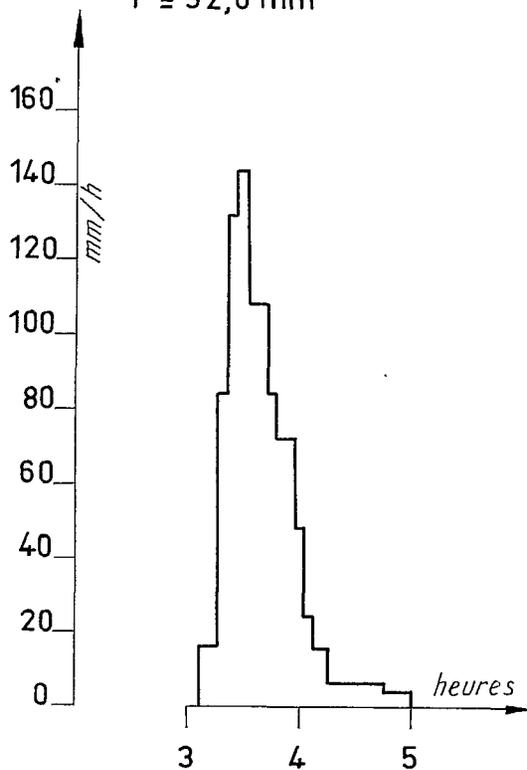
- a) Exemple de tornade : averse du 16 Septembre 1962 de 92 mm survenue sur le bassin de KORHOGO et présentant les caractères suivants : phase préliminaire de très courte durée, corps d'averse bien marqué à fortes intensités, traîne à faible intensité, durée totale des précipitations d'environ deux heures.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

Bassin Versant de KORHOGO

Gr: 2_3

AVERSE DU 16-9-62

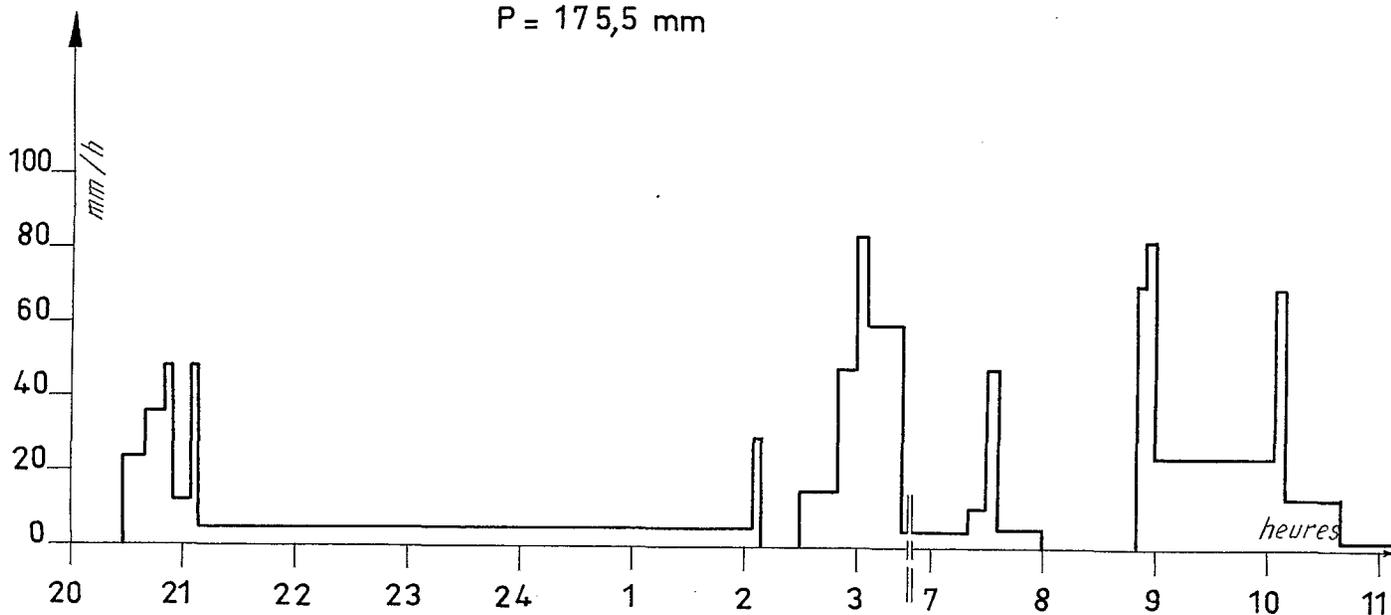
P = 92,0 mm



Bassin Versant de L'AGBEBY

AVERSE DU 22 au 23 - 6 - 62

P = 175,5 mm



TABIEAU 2-5

Précipitations journalières de diverses fréquences

Stations	Nombre d'an- nées	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.		
: 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
: BÉOUMI	: 25	: 1 236	: 81,5	: 81,0	: 96,5	: 104,3	: 116,7	: 114,4	: 132,1	: 147,6	: 163,8	: 184,0
: BONDOUKOU	: 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
: DANANE	: 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.	obs.	calc.	obs.
: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
:KATTOLA	: 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	: 77,5	: 100,7	: 113,4	: 126,2	: 143,2	: 156,1	
:SEGUELA	: 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	: 148,2	: 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	

20

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 mais 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 de réduction 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. Il tend à croître quand la nébulosité augmente et à diminuer au contraire avec l'aridité du climat.

L'évaporation du sol nu et l'évaporation du sol couvert de végétation naturelle sont difficiles à mesurer étant variables d'un point à un autre. L'évapotranspiration qui représente la totalité des pertes d'eau d'un bassin versant en un an est égale au déficit d'écoulement qui se calcule en faisant la différence entre la hauteur de pluie annuelle et la lame d'eau écoulée à l'issue du bassin comme on le verra plus loin.

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 relation entre ces deux types de bacs seront connus.

Le tableau 2-6 donne les moyennes mensuelles (en mm/jour) des évaporations sur bac Colorado en divers points de COTE d'IVOIRE.

Les variations saisonnières suivent relativement bien celles 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

Moyennes mensuelles des évaporations sur bacs Colorado (en mm/jour)

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
- BOUNDIALI : 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.

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 qui interviennent dans les processus hydrologiques.



CHAPITRE III

Les REGIMES HYDROLOGIQUES et leurs ELEMENTS

3.1. CLASSIFICATION des REGIMES

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 l'abondance et les variations saisonnières des cours d'eau de COTE d'IVOIRE, on peut donc encore 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 (savanes boisées, arborées ou arbustives et / ou forêt claire des secteurs subsoudanais et soudanais du domaine soudanais - cf carte de la végétation).

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 l'année 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; elle 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.

Sur les petits 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 y est du type forestier (forêt dense humide sempervirente, secteur ombrophile du domaine guinéen).

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 un 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 (savane guinéenne et forêt dense humide semi-décidue, secteur mésophile du domaine guinéen).

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 (type montagnard, secteur ombrophile du domaine guinéen).

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 COMOË partagent également les caractéristiques de plusieurs régimes.

Toutes les données purement qualitatives qui précèdent vont être précisées dans les chapitres qui suivent où seront examinées pour les principaux cours d'eau les caractéristiques hydrologiques essentielles, à savoir:

- l'abondance annuelle,
- les variations saisonnières des débits,
- les débits de crues,
- les tarissements et débits d'étiage .

3.2 L'ABONDANCE ANNUELLE

3.2.1 Les modules annuels (ou débits moyens annuels)

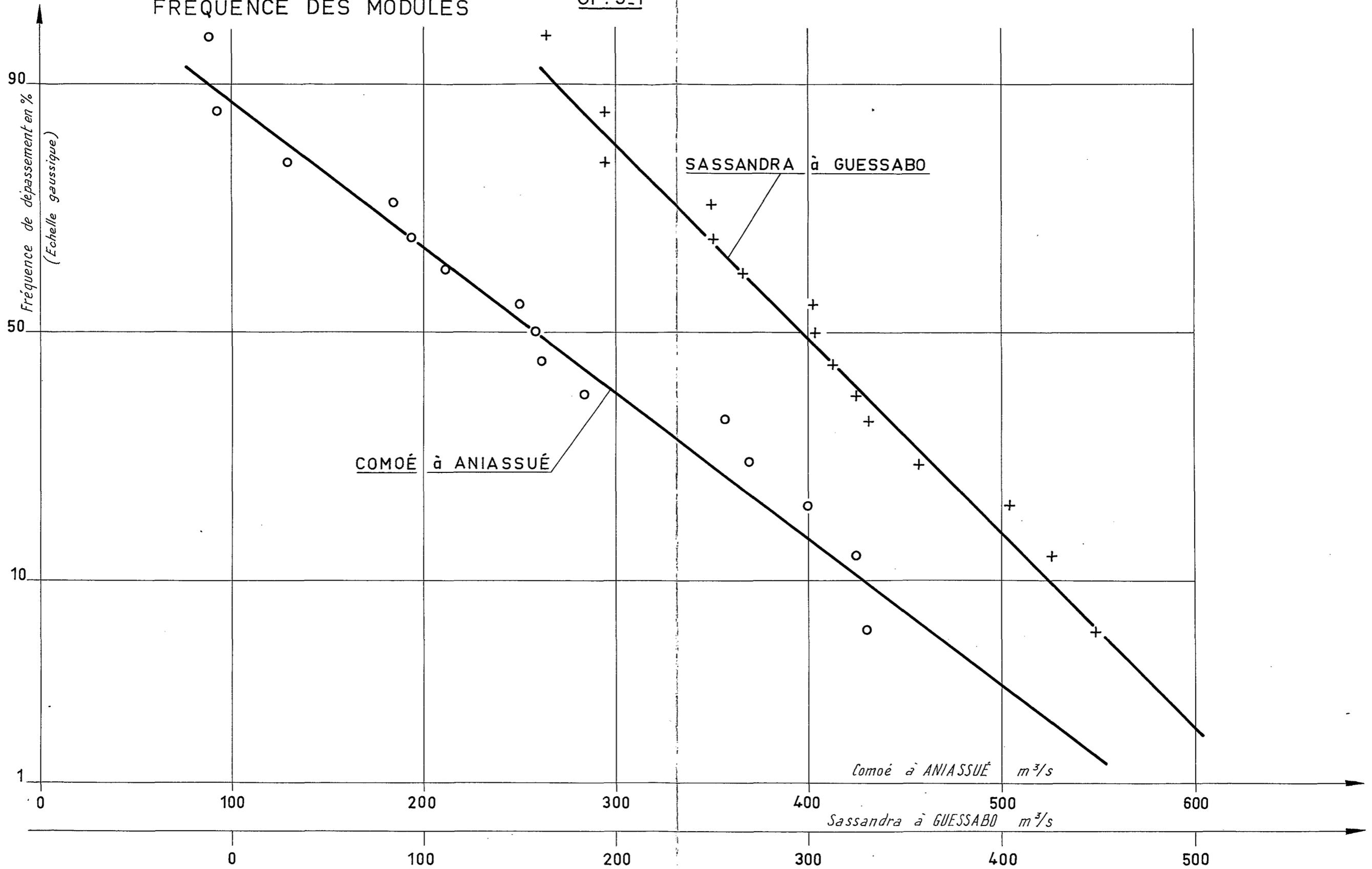
Le tableau 3-1 donne pour les principaux cours d'eau de la CÔTE d'IVOIRE les valeurs caractéristiques des modules, des modules spécifiques et des lames écoulées annuellement.

Les modules moyens 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, pour estimer leur valeur en année sèche (période de retour : 10 ans) et en années humides (période de retour : 10 ans et 100 ans).

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 COMOË à ANIASSUE et du SASSANDRA à GUESSABO.

FRÉQUENCE DES MODULES

Gr: 3_1



L'erreur sur la détermination du module médian qui a une chance sur vingt d'être dépassée, est en principe égale à $\frac{2\sigma}{\sqrt{N}}$, σ étant l'écart-type des modules observés.

Ainsi pour la COMOIE à ANIASSUE l'intervalle de confiance à 95 % du module interannuel est 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 étroites. Le graphique 3-2 présente les corrélations pour les modules de la COMOIE à ANIASSUE et à SEREBOU.

L'examen du tableau 3-1 montre que les modules interannuels des quatre grands fleuves Ivoiriens, CAVALLY, SASSANDRA, BANDAMA et COMOIE varient entre 224 et 313 m³/s aux stations situées le plus en aval sur leurs cours. Mais ces stations drainent des bassins versants de dimensions fort différentes, comprises entre 13 750 km² pour le CAVALLY à TAI et 66 500 km² pour la COMOIE à ANIASSUE.

Compte tenu de la superficie totale des bassins versants, on peut estimer que l'abondance moyenne des quatre grands fleuves décroît d'Ouest en Est suivant la situation géographique de leurs embouchures.

Le CAVALLY, avec un bassin total d'au moins 30 000 km² (la partie Libériane du bassin est mal connue), doit en année normale apporter à l'Océan un débit moyen égal ou supérieur à 600 m³/s, tandis que le SASSANDRA (75 000 km²), le BANDAMA (97 000 km²) et la COMOIE (78 000 km²) doivent écouler en moyenne à la mer des débits respectivement de l'ordre de 575, 400 et 300 m³/s (estimations grossièrement approximatives).

Les autres stations portées dans le tableau 3-1 ont des modules interannuels très variables, qui sont compris entre 1 et 184 m³/s suivant la superficie des bassins versants et le régime des cours d'eau. Pour établir d'utiles comparaisons il vaut mieux éliminer l'influence de la superficie du bassin et considérer les modules spécifiques ou les lames d'eau écoulées, comme on le fera au paragraphe qui suit.

3.2.2 Modules spécifiques et lames d'eau écoulées

Le tableau 3-1 donne les modules spécifiques en années médiane et centennale, ainsi que les lames écoulées pour les années décennale sèche, médiane, décennale et centennale humides.

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.

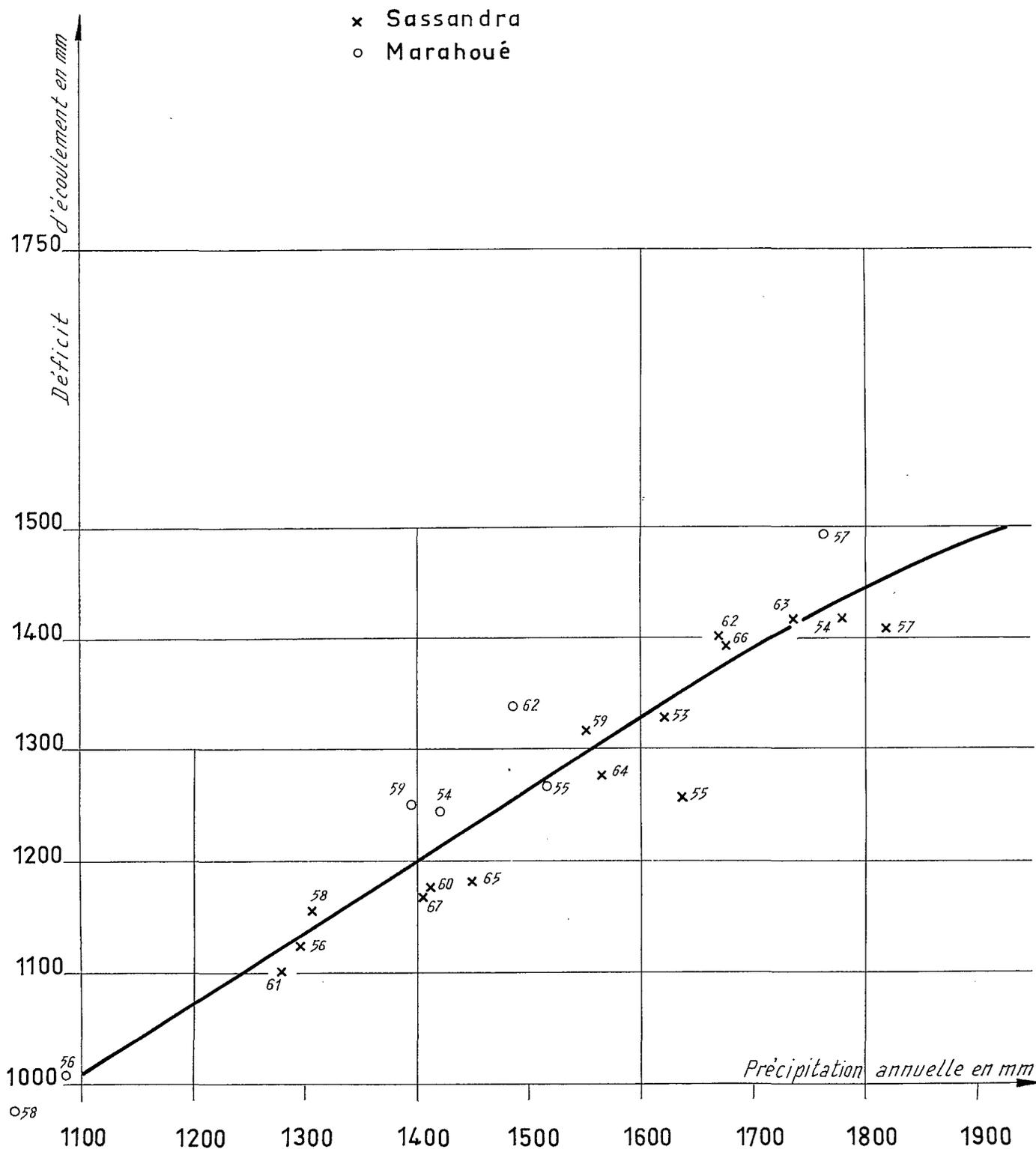
La couverture végétale influence aussi indirectement l'alimentation des cours d'eau. La forêt dense équatoriale donne lieu à des pertes par évapotranspiration sensiblement égales à l'évapotranspiration potentielle, même pendant les deux ou trois mois de saison sèche au cours desquels l'insuffisance des précipitations est compensée par les réserves hydriques du sol. Les pertes par évapotranspiration sous forêt équatoriale présentent donc une valeur maximale. Elles sont sensiblement plus faibles dans les régions à savane boisée plus ou moins clairsemée, non pas que l'évapotranspiration potentielle y soit plus faible, au contraire, mais l'absence d'une couverture végétale dense favorise l'érosion des sols, ce qui réduit leur capacité de rétention et augmente leur aptitude au ruissellement, ce qui soustrait à l'évapotranspiration une plus grande part des eaux pluviales.

Il faut d'ailleurs noter que la végétation dépend de la pluviosité annuelle et de sa répartition 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.

D'autres facteurs interviennent dans l'alimentation des cours d'eau. En dehors des facteurs climatiques (insolation, vent, température et humidité de l'air) et de leurs particularités locales (micro-climats) qui influencent les phénomènes d'évaporation, on doit surtout citer le relief et la nature du sol.

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



Le relief, s'il est suffisamment accentué, favorise le ruissellement des eaux de pluies et tend à augmenter les modules spécifiques.

La nature du sol a une influence plus complexe. D'une façon schématique, un sol perméable et bien drainé (par exemple, arènes peu développées sur substratum granitique avec pente suffisante) tendra à augmenter l'abondance annuelle. Au contraire, un sol argilo-sableux à grande capacité de rétention, mal drainé et soumis en permanence à une forte évapotranspiration tendra à réduire l'alimentation des cours d'eau.

L'influence de ces différents facteurs plus ou moins interdépendants est très complexe et ne peut être actuellement appréciée que d'une façon purement qualitative. Les considérations qui précèdent permettent toutefois de comprendre l'importance des écarts considérables que l'on constate entre les diverses valeurs des modules spécifiques interannuels portés dans le tableau 3-1.

A l'exception du NKO, les valeurs les plus fortes (16,3 à 27,4 l/s.km²) s'observent sur le bassin du CAVALLY : la couverture forestière donne lieu à une évapotranspiration importante, mais celle-ci est largement compensée par la hauteur des précipitations annuelles qui avoisinent ou même dépassent 2 000 mm. L'influence du relief du massif guinéen est également perceptible.

Sur le bassin du SASSANDRA la forêt règne de façon moins absolue et cède la place à la savane boisée dans la partie septentrionale. L'évapotranspiration est un peu plus faible que précédemment, mais les précipitations décroissent davantage (1 350 à 1 800 mm) : le module spécifique tombe ainsi à une valeur voisine de 9 l/s.km². Il reste cependant compris entre 11 et 14 l/s.km² sur les affluents BAFING et NZO qui descendent du massif guinéen, et atteint même 29 l/s.km² sur le petit bassin très accidenté et arrosé du NKO à MAN.

Les précipitations continuent à décroître lorsqu'on aborde le bassin du BANDAMA. La savane boisée domine alors largement et malgré une baisse corrélative de l'évapotranspiration, les modules spécifiques diminuent encore pour s'établir généralement entre 4,8 et 6,5 l/s.km². Sur le KAN et le NZI, sous-affluent et affluent de rive gauche du BANDAMA, on constate toutefois une nouvelle chute brusque des modules spécifiques qui se situent entre 2,3 et 2,9 l/s.km². Il faut en chercher principalement l'explication dans la diminution progressive des précipitations vers l'Est et leur étalement en deux saisons distinctes, ainsi que dans la réapparition de la forêt à l'Est du "V BAOULE".

Le bassin de la COMOE a une pluviométrie moyenne très voisine de celle du NZI, mais étant en partie soumis à un climat équatorial de transition très atténué ou à un climat tropical de transition et étant couvert d'une savane plus ou moins boisée, son module spécifique se relève légèrement et atteint 3,8 ou 3,9 l/s.km², sauf à la station de KARFIGUELA située en HAUTE-VOLTA à l'extrémité supérieur du cours. Cette station bénéficie de conditions particulières (9 l/s.km²), car elle est en partie alimentée par des nappes souterraines (grès de BANFORA) dont le bassin de réception est peut-être sensiblement plus étendu que celui des eaux de surface.

L'AGNEBY, petit fleuve côtier assez proche d'ABIDJAN, a un module spécifique très modeste sur son cours supérieur (2,5 l/s.km² à AGBOVILLE et 0,6 l/s.km² à KOTOBY). Plusieurs conditions défavorables s'y trouvent réunies : précipitations annuelles n'excédant pas 1 400 mm et réparties sur deux saisons prolongées, couverture forestière dense, relief peu accentué. L'augmentation très sensible des précipitations vers l'aval doit augmenter le module spécifique jusque vers 6 l/s.km² sur le cours inférieur.

La BAGOE, sous-affluent du NIGER, débite à GUNGUERINI 15 l/s.km² et se classe ainsi parmi les cours d'eau bien alimentés de la COTE d'IVOIRE. Elle bénéficie, en effet, d'un climat tropical de transition à pluviométrie assez élevée (1 500 mm environ) et concentrée sur quelques mois. Son bassin versant, couvert de savane boisée, est, en outre, assez accidenté.

A l'extrémité Nord-Est de la COTE d'IVOIRE, le GOUGOULO à DOROPO a un module spécifique (3,5 l/s.km²) un peu plus supérieur à celui du NZI et du KAN, bien que son bassin soit un peu moins arrosé. Ce fait est sans doute dû principalement à un meilleur groupement des fortes pluies.

3.2.3 Irrégularité interannuelle

Le coefficient de variation C_v 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 de régimes hydrologiques différents.

Les coefficients C_v et K_3 ne sont évidemment pas indépendants l'un de l'autre; ils sont liés par une relation qui dépend de la loi de distribution des modules (on a $C_v = (K_3 - 1) / 1,3 (K_3 + 1)$, dans le cas d'une distribution gaussienne). Pour esquisser la variabilité des modules nous pouvons donc ici nous contenter d'examiner les valeurs d'un seul coefficient.

Le tableau 3-1 montre que le coefficient K_3 varie entre 1,8 et 12,6 pour les stations étudiées. On remarque que d'une façon générale K_3 tend à augmenter quand le module spécifique décroît, cette tendance devenant surtout très nette lorsque le module spécifique descend à des valeurs très faibles : toutes les valeurs de K_3 supérieures à 6 correspondent à des modules spécifiques inférieurs à $4 \frac{3}{4}$ l/s.km².

Entre 4 et 8 l/s.km², les valeurs de K_3 sont comprises entre 2 et 5.

Au-dessus de 8 l/s.km², K_3 est presque toujours compris entre 2 et 3, avec toutefois une exception notable pour le NZO ($K_3 = 5$ pour 13,8 l/s.km²).

La plus faible valeur de K_3 est fournie par la station de KARFIGUELA sur la Haute-COMOE, pour laquelle des réserves souterraines importantes jouent un rôle régularisateur non négligeable.

3.2.4 Les déficits d'écoulement

Le déficit d'écoulement, ou écart entre la précipitation moyenne sur un bassin et la lame d'eau écoulée, est variable d'une année à l'autre et d'un bassin à l'autre. Il correspond sensiblement, pour les bassins versants à faible capacité de rétention, à la valeur de l'évapotranspiration annuelle.

Le déficit d'écoulement croît avec la hauteur de la précipitation annuelle pour un même bassin. La variation du déficit en fonction de la précipitation annuelle pour le bassin du SASSANDRA à GUESSABO et du MARAHOUE à BOUAFLE (graphique 3-3) semble indiquer qu'une limite supérieure existe pour le déficit d'écoulement. Cette limite déjà signalée par certains auteurs pour des régimes hydrologiques très divers, serait dans le cas présent de l'ordre de 1 500 à 1 600 mm.

Le graphique 3-4 donnant la lame écoulée en fonction de la précipitation annuelle du bassin du CAVALLY à FLAMPIEU (calculée à partir de la moyenne pluviométrique des trois postes de MAN, DANANE et TOUBA) permet aussi d'évaluer vers 1 600 mm la limite supérieure du déficit d'écoulement.

TABLEAU 3-1

ABONDANCE ANNUELLE

Cours d'eau	Station	MODULE ANNUEL						MODULE SPECIFIQUE		LAME d'EAU ECOULEE				Superficie bassin versant km ²	Nombre années observations	
		Déc. sec	Inter- annuel	Déc. hum.	Cent. hum. (est. mé)	Ecart type	Coefficient var. irrég. C _v K ₃	Inter- annuel	Cent. humide (estimé)	Déc. sèche	Inter- annuelle	Déc. hum.	Cent. hum. (est. mée)			
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	-	-	l/s.km ²	l/s.km ²	mm/an	mm/an	mm/an	mm/an	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
"	TAÏ	130	224	310		77	0,343	2,4	16,3	29,0	298	514	710		13 750	10
NCE	TAÏ	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	8,8	15,0	151	270	384	473	35 400	15
BAFING	BADALA	45	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	FERKESSE-DOUGOU	18	46	70	(94)	23,3	0,506	3,9	6,5	13,5	81	208	316	425	7 000	9
"	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	TIEBLSSOU	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)

ABONDANCE ANNUELLE

Cours d'eau	Station	MODULE ANNUEL					MODULE SPECIFIQUE			LAME d'EAU ECOULEE				Superficie bassin versant	Nombre années observations	
		Déc. sec	Inter-annuel	Déc. hum. (est. mé)	Cent. hum. (est. mé)	Ecart type	Coefficient	Inter-annuel	Cent. humide (estimé)	Déc. sèche	Inter-annuelle	Déc. hum. (est. mée)	mm/an			mm/an
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	-	-	l/s.km ²	l/s.km ²	mm/an	mm/an	mm/an	mm/an	km ²	
YARANI	SEQUELA	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	KARFIGUELA st	5,4	7,5	9,7		4,4	0,59	1,8	9,2		210	290	377		812	9
"	SERREBOU	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)
GOUGOULO	DOROPO	0,18	1,0	1,81				10,0	3,5		20	111	200		285	3

* Station située en Haute-VOLTA, près de BANFORA

Bien que la relation entre lame écoulée et pluie moyenne soit satisfaisante, la détermination de la précipitation moyenne est assez imprécise pour évaluer le déficit d'écoulement maximal.

La relation lame écoulée-pluie moyenne (graphiques 3-5 et 3-6) est moins satisfaisante pour les stations du BANDAMA à BRIMBO et du NZI à ZIENOA où intervient la répartition des pluies entre deux saisons. Pour cette dernière station le déficit maximal serait de 1 300 à 1 400 mm.

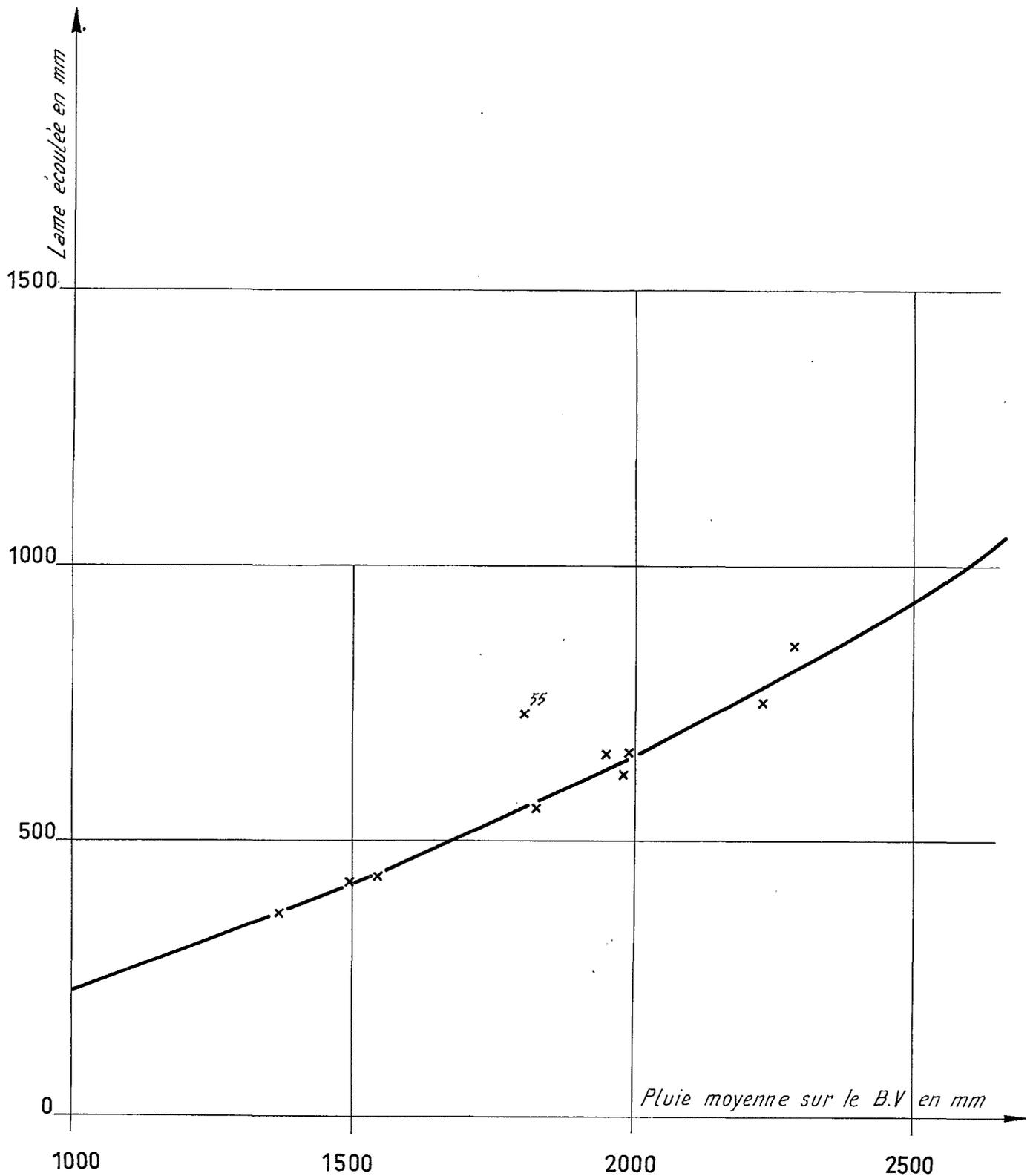
Une autre approche du maximum du déficit d'écoulement peut être tentée d'une manière non rigoureuse. On admet que la précipitation moyenne annuelle de fréquence très faible peut être calculée à partir des précipitations ponctuelles de même fréquence, ce qui est approximativement exact pour un bassin de superficie assez faible (NZO à GUIGLO, KAN à TIEBISSOU). La lame écoulée de même fréquence est évaluée statistiquement. Les déficits obtenus sont portés dans le tableau ci-dessous :

	Année			
	décennale: sèche	moyenne	décennale: humide	centennale: 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

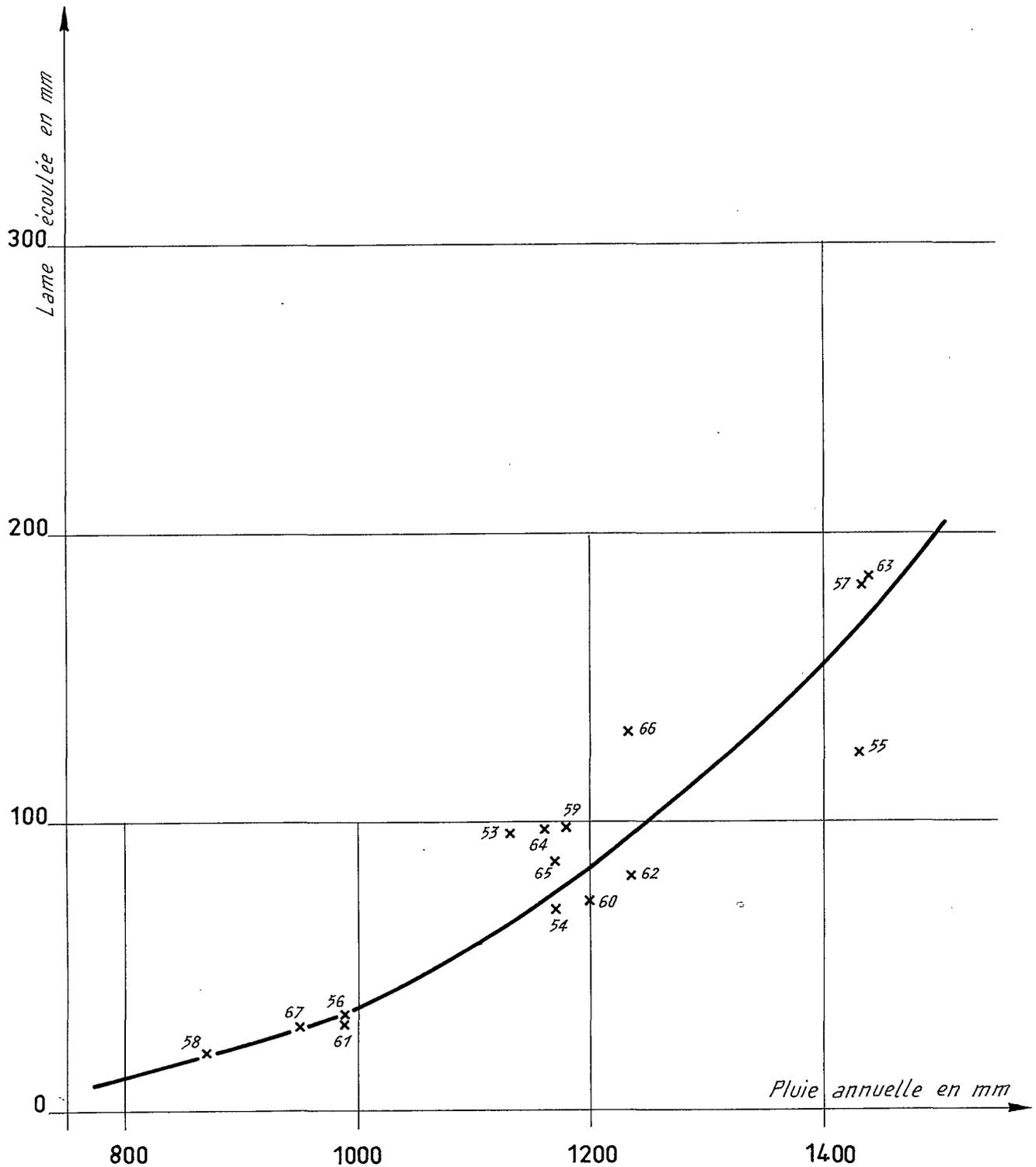
On trouve un déficit maximal de l'ordre de 1 400 mm pour le NZO et de 1 500 mm pour le KAN.

La limitation du déficit d'écoulement est une caractéristique commune à tous les bassins versants. On conçoit d'ailleurs que le déficit d'écoulement ne puisse jamais excéder l'évapotranspiration potentielle, dont une valeur approchée (à un coefficient de réduction près) est fournie par les mesures d'évaporation sur bac Colorado. Le déficit d'écoulement ne peut cependant se rapprocher de l'évapotranspiration potentielle que dans la mesure où le sol reste suffisamment humide en permanence, ce qui est plus ou moins le cas pour le régime équatorial de transition, mais ne l'est jamais pour le régime tropical de transition.

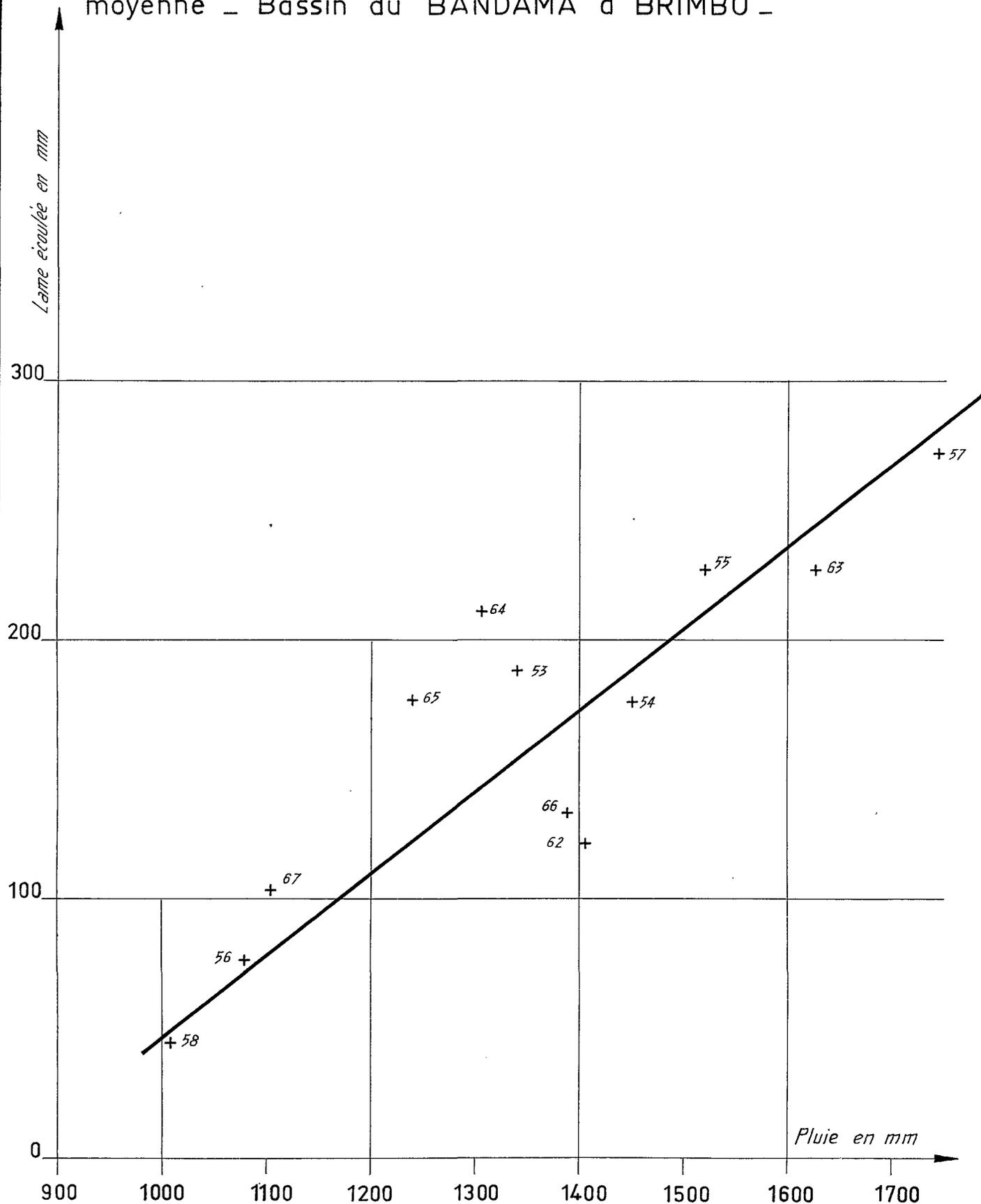
Lame écoulee annuelle en fonction de la pluie moyenne Gr: 3_3
Bassin du CAVALLY à FLAMPLEU



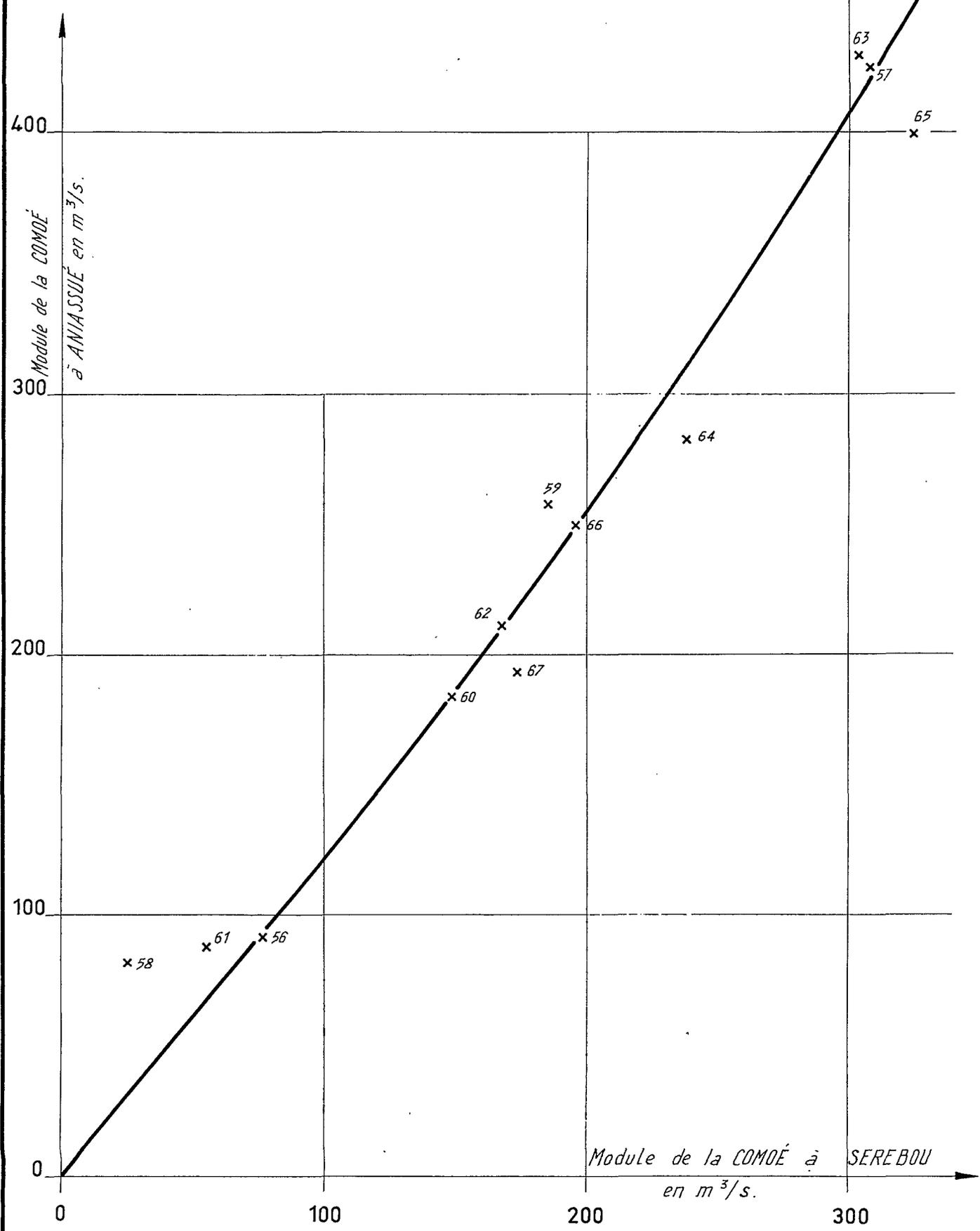
Lame écoulee annuelle en fonction de la pluie moyenne Gr: 3-4
 Bassin du NZI à ZIENOA



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



Comme ce dernier régime s'accompagne d'une évapotranspiration potentielle largement supérieure à celle du régime équatorial de transition, on comprend pourquoi la limite supérieure du déficit d'écoulement varie relativement peu (entre 1 300 et 1 600 mm en gros) pour la plupart des stations de COTE d'IVOIRE, malgré la diversité des climats, micro-climats et autres facteurs physiques déjà mentionnés.

Cette explication est évidemment assez sommaire, mais dans l'état actuel de nos connaissances il est impossible de débrouiller plus complètement l'écheveau des interactions complexes qui interviennent dans le milieu naturel des bassins versants. Il faut bien comprendre que ce milieu naturel est un tout, au sein duquel par exemple, le type de sol et le type de végétation dépendent de facteurs climatiques, sur lesquels à leur tour ils réagissent par des influences micro-climatiques. Bien d'autres éléments d'ordres géologique, morphologique, hydrologique, agronomique, etc... interviennent d'une façon analogue dans un réseau subtil d'influences réciproques.

L'étude du déficit d'écoulement qui intéresse non seulement les hydrologues mais certains chercheurs d'autres disciplines (pédologie, agronomie), doit actuellement se contenter de dégager certaines influences prépondérantes, comme d'ailleurs l'étude des autres caractéristiques hydrologiques.

En ce qui concerne la valeur moyenne interannuelle du déficit d'écoulement, on peut dire d'une façon générale qu'elle tend à croître avec la hauteur moyenne des précipitations annuelles sur le bassin considéré et à décroître avec la durée de la ou des deux saisons des pluies annuelles.

Le déficit moyen a ainsi une valeur maximale d'environ 1 350 à 1 400 mm/an en régime équatorial de transition très arrosé et en régime de montagne également très pluvieux (Bassin du CAVALLY et du NZO) Il a, au contraire, une valeur minimale de l'ordre de 1 000 à 1 100 mm/an en régime tropical de transition ne recevant pas plus de 1 200 à 1 300 mm de pluie par an (Moyenne COMOE et GOUGOULO).

En régime équatorial de transition, atténué ou non mais assez peu arrosé (1 200 à 1 600 mm/an), le déficit d'écoulement admet généralement des valeurs comprises entre 1 150 et 1 300 mm/an (majeure partie des bassins du BANDAMA et du SASSANDRA).

En régime tropical de transition recevant plus de 1 300 mm de pluie annuelle, le déficit d'écoulement ne dépasse guère 1 200 mm/an.

Les valeurs qui viennent d'être citées se rapportent, rappelons-le, à des moyennes interannuelles. Le déficit d'écoulement d'une année particulière pour un bassin donné peut s'écarter sensiblement de la moyenne interannuelle.

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'observations sont arrêtées à fin 1967.

Les débits mensuels sont beaucoup plus variables d'une année à l'autre que les modules et leurs moyennes interannuelles 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 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, NCE, BAFING, NZO, NKO, AGNEBY, MANSO). Il est un peu plus tardif dans les bassins du SASSANDRA, du BANDAMA et de la COMOIE 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 Avril-Mai (Haut BANDAMA, BAGOE).

Le maximum annuel survient en Septembre pour beaucoup de stations, ou en Octobre dans le cas des grands bassins versants (TAÏ, 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 Octobre. Ce sont la NCE, le NZI à ZIENOA, l'AGNEBY et le MANSO.

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 (sauf sur la Haute COMOE à cause de l'influence d'importantes nappes souterraines).

On retiendra que l'irrégularité saisonnière s'établit :

- entre 10 et 25, pour le CAVALLY, la NCE, le SASSANDRA, le BAFING, le NKO et la COMOE à KARFIGUELA,
- entre 25 et 50, pour le NZO et le MANSO,
- entre 50 et 100, pour le BANDAMA (sauf à FERKESSEDOUGOU), le MARAHOUE à BOUAFLE, le NZI à ZIENOA et la COMOE à ANLIASSUE,
- entre 100 et 200, pour le YARANI, l'AGNEBY et la COMOE à SEREBOU,
- entre 650 et 825, pour le KAN, le NZI à FETEKRO et la BAGOE à GUINGUERINI.

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

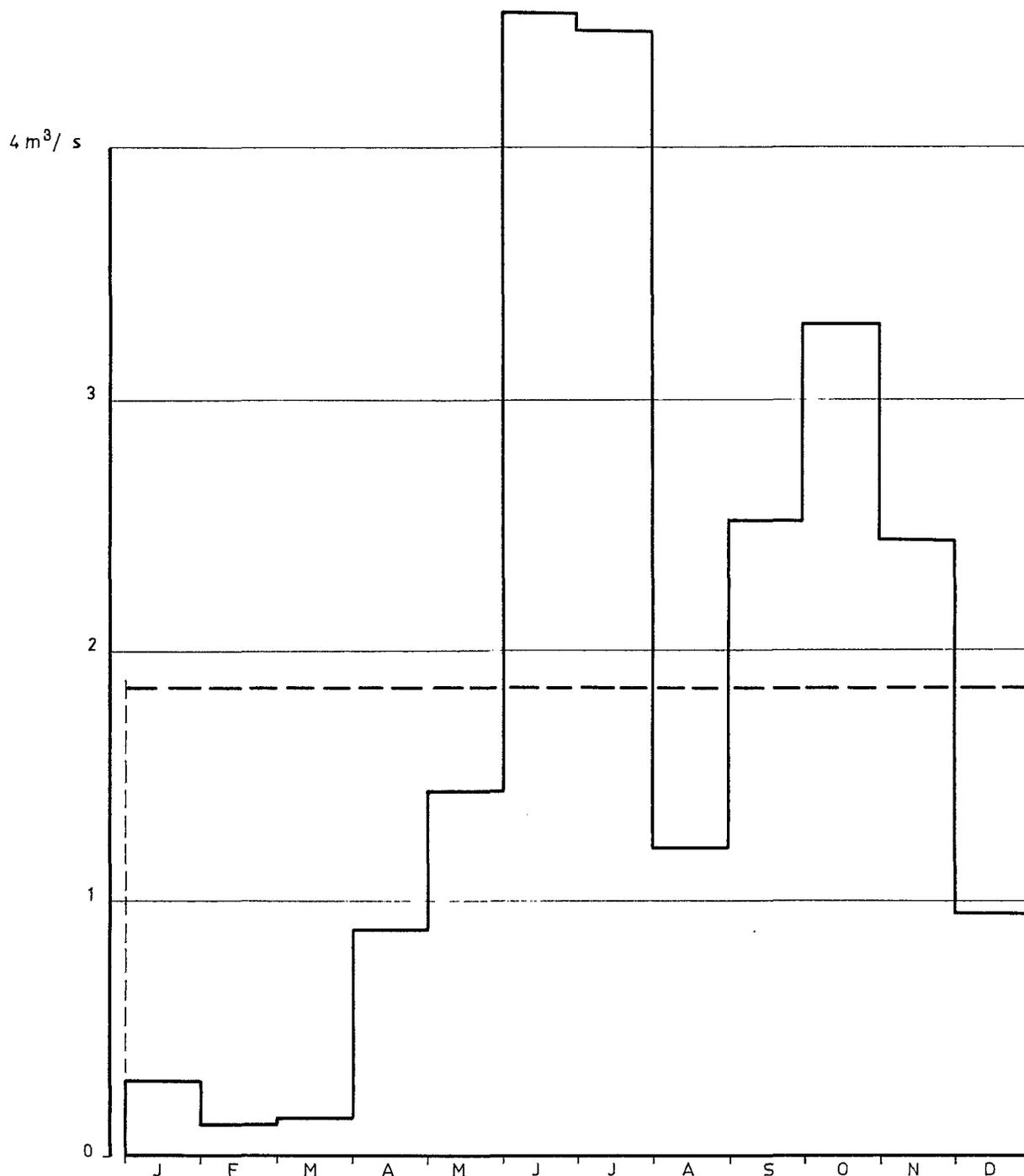
Débits moyens mensuels (m³/s)

Cours d'eau:	Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
CAVALLY	FLAMPIEU	12,3	9,7	12,7	17,6	20,4	33,6	76,6	86,0	123	104	53,3	24,2	48
"	TAÏ	68,1	39,9	67,5	74,9	107	216	248	259	517	622	301	160	224
NCE	TAÏ	9,0	5,6	13,8	7,9	12,8	37,1	44,9	35,0	86,6	97,5	37,3	15,0	33,7
SASSANDRA	GUESSABO	76	51	49	65	80	140	295	558	1 075	818	377	156	313
BAFING	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	FERKESSE-													
"	DOUGOU	7,7	3,9	1,9	1,6	1,5	3,5	15,8	100	222	137	40	15,4	46
"	BELOUMI	31,3	15,5	8,96	12,5	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	1 050	1 067	372	130	299
"	TIASSALE	62	32	24	45	77	250	375	565	1 275	1 400	525	160	400
KAN	TIEBLISSOU	0,10	0,05	0,01	0,20	1,03	3,33	4,74	3,60	8,25	8,10	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	42,5	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	SERREBOU	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
"	KARFIGUELA	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

Débits moyens mensuels

Le MANSO à GUESSIGUÉ

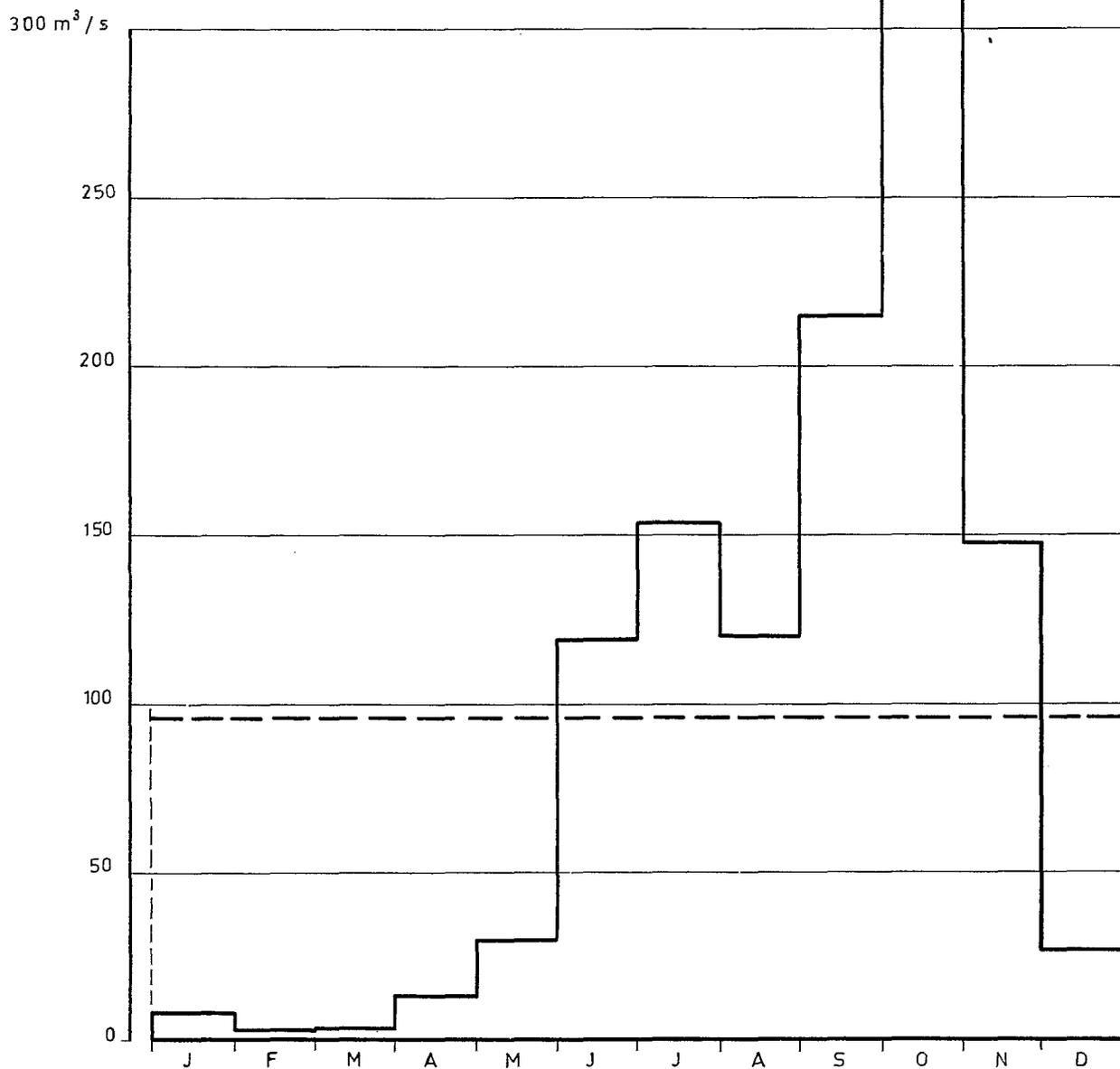
Équatorial de transition



Débits moyens mensuels

Le NZI à ZIENOA

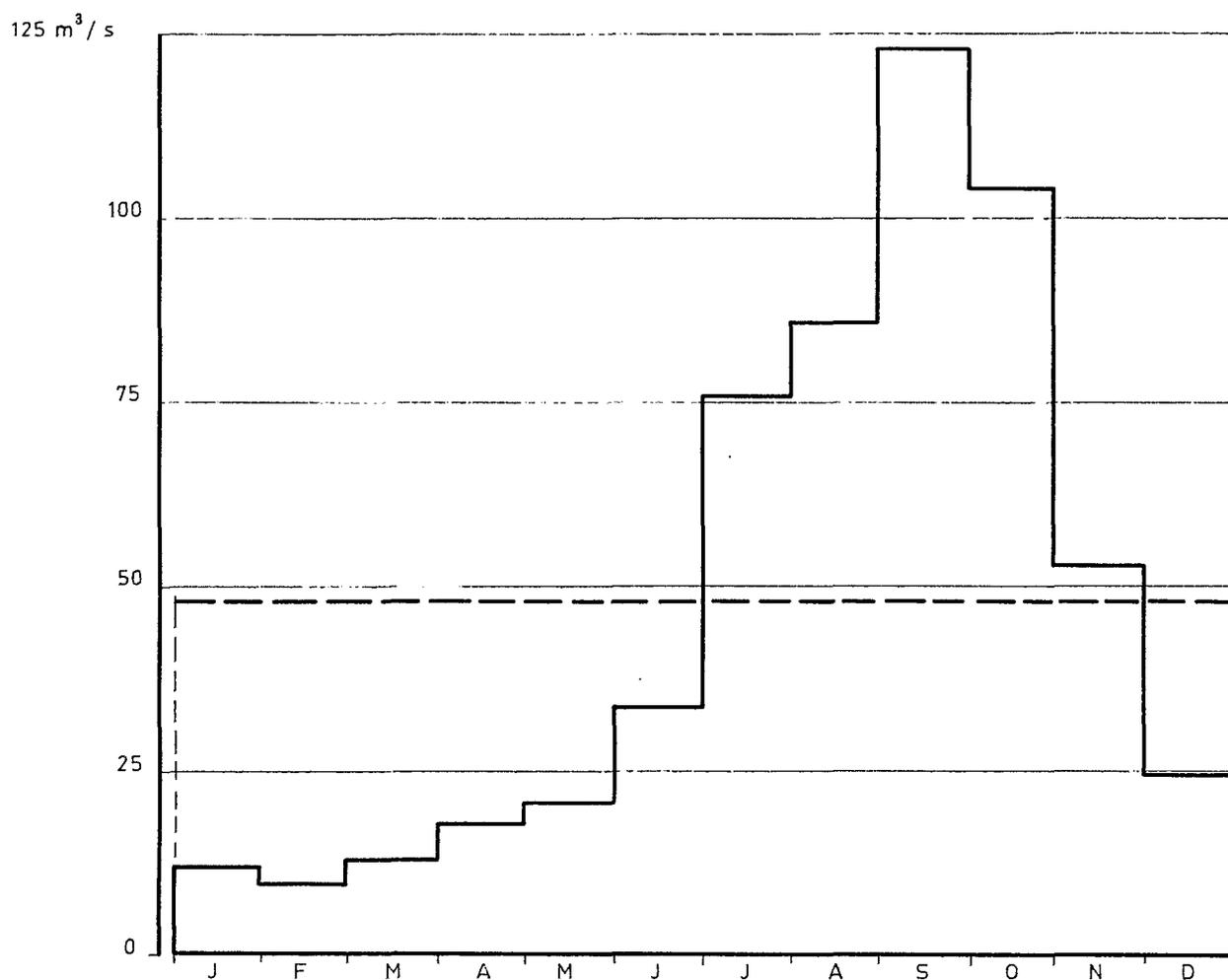
Équatorial de transition atténué



Débits moyens mensuels

Le CAVALLY à FLAMPLEU

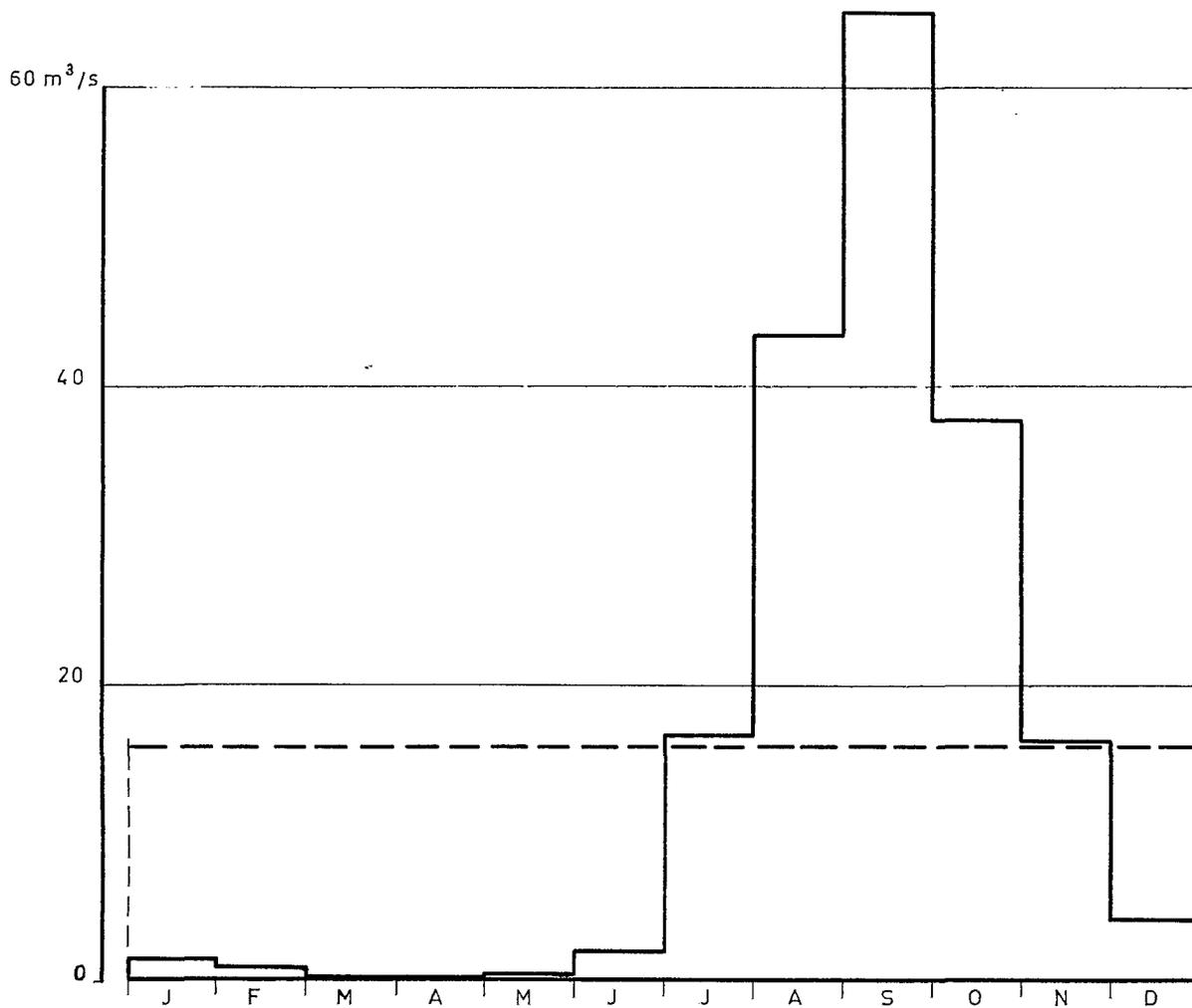
Montagne



Débits moyens mensuels

La BAGOÉ à GUINGÉRINI

Tropical de transition



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, densité de la couverture végétale, importance du 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 (FERKESSEDOUGOU, BOUAKE, GUESSIGUE, BOUNDIALI, ODIENNE, BOUNA, TIASSALE, MAN, DAOUKRO) les études de ruissellement exécutées depuis une décennie ont permis de mettre en évidence et d'évaluer quantitativement l'influence des divers facteurs. Ces résultats d'analyses très 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 permettront, grâce aux observations de longue durée des précipitations, de reconstituer les débits de crue, après avoir réglé automatiquement le modèle pour la période d'observation commune aux précipitations et aux débits.

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.

On présentera, dans ce chapitre, les données obtenues pour les crues des petits bassins versants représentatifs, les valeurs des crues de faible fréquence aux stations du réseau hydrométrique et une description des différents facteurs agissant sur le ruissellement et de leurs interactions.

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

Le tableau 3-3 présente les caractéristiques physiques des bassins versants étudiés et les données générales permettant de faire certaines constatations sur les débits de crue des divers bassins.

On remarque que le rapport des débits spécifiques des crues médiane et décennale tend généralement à décroître de l'amont vers l'aval sur un bassin équipé de plusieurs stations de mesure.

TABLEAU 3-3

Caractéristiques des bassins et des crues médianes et décennales

Bassin	Sur-face km ²	Pluie: moy mm/an	Indi- ce Pente: m/km	Pluie: ce max: mm	Régime	Nbre: an- ées: obs.	Débit: max m ³ /s	Crue médiane Débit max m ³ /s	Crue décennale Débit max m ³ /s	Coef. Ruis. %	Débit max l/s.km ²	Coef. Ruis. %	Végéta- tion	Géologie	
															130 à 150
- 1 ^{er} IFOU à KOUASSI	37,8	1 170	8,0	185	E.T.A.	4	8	5	130 à 150	5	14	330 à 380	8	forêt claire	schiste ar- gileux 100 %
- 1 ^{er} IFOU à ANOMABO (près DAOUKRO)	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	25	1 700 à 1 800	11	savane arborée	granite 100 schiste 0
- FLAKOHO à NAMBONKAHA	50	1 340	8,1	300	T.T.										granite 60 schiste 40
- FLAKOHO à Station Centra- le (près FER- KESSEDOUGOU)	32	1 340		300	T.T.	3	11	10	320		35	1 100	25		granite 80 schiste 20
- KOUKENOU à TOUMODI	20	1 200		185	E.T.A.							600	12	champ d'inon- dation	grano-diori- te 100 %
- 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		22	2 600 à 2 800	28	forêt claire	granite cal- co magnésien
- NION à Station 1	75,0	1 770	19,7	330	T.T. à E.T.	3	16	15	220 à 250		40	600 à 700		forêt claire	--

TABLEAU 3-3 (Suite)

Caractéristiques des bassins et des crues médianes et décennales

Bassin	Sur-face km ²	Pluie moy mm/an	Indi- ce Pente : m/km	Pluie : mens. max : mm	Régime	Nb: nées : obs.	Débit :		Crue médiane :		Crue décennale :		Végéta- tion	Géologie	
							max : m ³ /s	obs. :	max : m ³ /s	l/s.km ²	Coef. : %	max : m ³ /s			l/s.km ²
- TONKOU I 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	
- TONKOU I à GBOA (près MAN)	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	5,8		230 à 250	16,5	650 à 700		savane	arène épais- se sur gra- nites	
- BAFO	26,8	1 700	6,5	315	E.T.	3	34,9	24	900	45	49	1 800	65	forêt	schistes ar-
- SITOU	28,8	1 700	5,4	315	E.T.	3	29,1	28	1 000	50	57	2 000	70	forêt	kosiques 100%
- MANSO (près AGBOVILLE)	92,5	1 700	3,2	315	E.T.	7	145	55	600	40	128	1 400	60	forêt	---
- PALADOUA à PONONDOUGOU	9,3	1 420		310	T.T.	3	18,6	11	1 200	15	28	3 000	35	savane boisée	schistes 100 %
- LODALA à PONONDOUGOU (près BOUNDIALI)	48,8	1 420		310	T.T.	3	20,0	14,5	300	12	45	925	30	savane boisée	---
- AGBEBY à B.D.M.T.	11	2 000	10,0	550	E. Pur	2	287	2,6	236	6	6	550	8	forêt cult	60% sable argi- 40% : leux 100 %

43

TABLEAU 3-3 (Suite)

Caractéristiques des bassins et des crues médianes et décennales

Bassin	Sur- face km ²	Pluie moy mm/an	Indi- ce Pente m/km	Pluie mens. max mm	Régime	Nbre an- nées obs.	Débit			Crue médiane			Crue décennale			Végéta- tion	Géologie
							obs.	m ³ /s	m ³ /s	l/s.km ²	Débit max	Coef. Ruis.	Débit max	Coef. Ruis.	Débit max		
- GUIDERE à VARALE	10,3	1 150		260	T.T.	3	13,9	8	750 à 800	15	13	1 200 à 1 300	19	savane arbus- tive	granite al- téré 100 %		
- BOÏTAO à VARALE	56	1 150		260	T.T.	3	65	32	570	15	54	1 000	19	-"-	-"-		
- GOUGOLO à DOROPO (près BOUNA)	285	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	25,4	7 000	28	culture ou ja- chère 90 %	-"-		
- LOSSERIGUE à DIELIKAHA	56,7	1 400		295	T.T.	2		105	1 900		190	3 400		-"-	arènes 0-35 m		
- LOSSERIGUE à NATIOKAHA (près KORHOGO)	10,9	1 400		295	T.T.	2	51,5	30	2 750		49	4 500	26	-"-	granite al- téré 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 %		
- DOUNI à BASSEKODOUGOU	30,3	1 630		395	T.T.	3	12,9	9,9	330		22	750		-"-	-"-		
- DOUNI à Pt 398	120	1 630	8,3	395	T.T.	3	50	38	320		70	580		-"-	-"-		
- DOUNI à GBAHALAN (près ODIENNE)	204,4	1 630	6,8	395	T.T.	3		50	245		90	440		-"-	-"-		

TABLEAU 3-3 (Suite)

Caractéristiques des bassins et des crues médianes et décennales

Bassin	Sur- face km ²	Pluie moy mm/an	Indi- ce Pente m/km	Pluie mens. max mm	Régime	Nbre: an- nées obs:	Débit max obs: m ³ /s	Crue médiane Débit max m ³ /s	Coef. Ruis. %	Crue décennale Débit max m ³ /s	Coef. Ruis. %	Végéta- tion	Géologie	
- NIEKI	71,5	2 000		550	E. Pur	3	34			40	560		forêt	
- MPEBO (Bas-AGNEBY)	550	1 900		500	E.T.	8	120	80	144	180	328	40	-''- granite et schistes	
- KAVI (près AGBOVILLE)	980	1 650		300	E.T.	4	100	70	71	130	133		-''- -''-	
- AGBO à KOTOBI (Haut-AGNEBY)	750	1 150		240	E.T.A.	4	10,8	10	13	(30)	40		-''- -''-	
- AMITIORO (près TIASSALE)	2,75	1 500		225	E.T.	2	3,1	2,8	1 020	13	4,6	1 680	15	forêts: schistes 80 % 100 %
	170,4	1 500	3,3	225	E.T.	2	53,7	48	281	20	65	380	20	forêt -''-
	0,02	1 500		225	E.T.	2	0,1	(0,5)	(2 500)		(0,1)	(5 000)		forêt -''-

E.T.A : Equatorial de transition atténué

T.T. : Tropical de transition

Pour des superficies de quelques dizaines de km^2 ce rapport est de 1,7 à 2 sous forêt. Il peut dépasser 2 dans les régions à fortes pentes (région de MAN).

En savane, il 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 ou même dépasse 3 en savane arborée.

Les plus forts débits spécifiques de crue 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 3 000 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'AGEEBY) et sur les schistes (250 à 400 l/s.km^2 dans la boucle du CACAO, plus faibles valeurs observées en COTE d'IVOIRE).

3.4.1.1 Caractéristiques de l'hydrogramme-type

3.4.1.1.1 Débit spécifique de pointe

Pour chaque bassin versant représentatif il a été défini, à partir des crues observées, un hydrogramme-type de crue correspondant à une averse de durée unitaire et à une lame ruisselée de 10 mm. En particulier, on s'est attaché à déterminer le plus judicieusement possible le débit spécifique de pointe de cet hydrogramme rapporté à une surface de bassin de 1 km^2 . Ce débit de pointe est indépendant de la perméabilité des bassins considérés mais dépend des facteurs suivants :

- relief, surface du bassin, forme et densité du réseau hydrographique, couverture végétale;

et probablement des facteurs secondaires tels que :

- humidité du sol et importance de la crue;

car, nous avons observé que le débit de pointe augmentait avec l'état d'humidité du sol et était toujours plus élevé pour la crue la plus importante, surtout sur les bassins de plus de 100 km^2 .

A conditions égales de perméabilité, de relief et de superficie, le débit spécifique de pointe varie de 1 à 4 pour un bassin sous couvert forestier et un bassin relativement dénudé. Le débit spécifique paraît augmenter 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 et GBOA ont des débits spécifiques de pointe beaucoup plus faibles que ceux des bassins voisins 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.

3.4.1.1.2 Temps de montée et temps de base

La note de J. RODIER et G. 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 de transition et équatoriale de transition atténuée, les données recueillies sont trop peu nombreuses pour établir des relations étroites. Les temps de montée des hydrogrammes de ces bassins, par suite du freinage continu des eaux de ruissellement sur le sol et dans le réseau hydrographique deviennent importants et sont généralement de l'ordre du double ou du triple de ceux des bassins de mêmes caractéristiques situés en zone tropicale de transition.

Les temps de base de ces bassins forestiers seraient, par contre, du même ordre de grandeur ou légèrement supérieurs à ceux des bassins semblables de la zone tropicale de transition. Cependant dans certains cas, par suite de l'existence de zones de débordement et d'une très forte végétation le long du lit mineur, le temps de base atteint une valeur double de celle observée sur un bassin analogue couvert de savane. Il est d'ailleurs probable que pour des crues de fréquence très rare le passage de la part massive du ruissellement s'effectue en un temps nettement plus court.

3.4.1.1.3 Forme de l'hydrogramme-type

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

Les caractéristiques de l'hydrogramme unitaire sont fonction des facteurs géomorphologiques et plus particulièrement de la couverture végétale. Pour les petits bassins couverts de forêt ou de savane boisée, la détermination de l'hydrogramme unitaire nécessite l'observation d'une ou plusieurs crues importantes survenues au moment où le sol est bien humidifié et provoquées par des pluies réparties de façon suffisamment homogènes sur le bassin. Pour les bassins versants de superficie supérieure à 50 ou 100 km² aucune détermination de l'hydrogramme n'est raisonnablement possible, de même que 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 crues.

3.4.1.2 Coefficient de ruissellement

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 :

- répartition des précipitations dans le temps et secondairement répartition spatiale de ces précipitations,
- capacité d'infiltration, variable dans l'espace et dans le temps, des divers sols de bassin. Pour un sol donné elle varie, en l'absence de précipitation, en fonction de la durée de la sécheresse et du type de sol. Au cours des chutes de pluie elle varie en fonction de l'intensité des précipitations, de leur répartition dans le temps et de l'état initial du sol avant les précipitations.

Il convient d'ajouter comme facteurs secondaires la couverture végétale et les caractères géomorphologiques du bassin, qui modifient l'influence 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 et à l'état du sol et de la végétation (caractères principaux). Par exemple, sur un sol imperméable, des averses comparables donneront un ruissellement du même ordre d'importance ; par contre sur un sol perméable, des averses comparables et successives donneront un ruissellement croissant, cela par suite de la saturation progressive du sol aux diverses profondeurs. A saturation complète une même averse provoquera un ruissellement comparable à celui

obtenu sur sol imperméable. Il importe donc de faire intervenir comme facteur principal du coefficient de ruissellement les précipitations antérieures et d'introduire comme facteurs secondaires les caractéristiques pédologiques du sol, de la surface à la roche en place, et le niveau 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 des précipitations et en fonction de l'état d'humidification du sol, caractérisé par un indice représentatif de la résultante des précipitations antérieures et des échanges d'eau sol - air et sol - nappe. Différentes formes d'indice d'humidité I_H ont été utilisées pour représenter cette résultante :

$$I_H = \sum Pa. e^{-Kta}$$

$$\text{ou } I_H = \sum \frac{Pa}{1 + ta}$$

$$\text{ou } I_H = \sum (Pa - lr). e^{-Kta}$$

avec Pa = précipitation antérieure tombée ta jours auparavant

lr = lame ruisselée de la pluie Pa

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

Les résultats d'exploitation sur les petits bassins versants représentatifs sont encourageants mais pas encore assez nombreux pour rechercher une loi de variation du coefficient de ruissellement valable pour des bassins présentant des caractéristiques morphologiques ou des sols différents.

Cependant, en attendant une exploitation plus poussée des observations recueillies sur tous les bassins étudiés, il est important de souligner l'influence primordiale de l'état d'humectation du sol. Ainsi, des bassins de régime équatorial de transition atténué auront des débits de crue extrêmement variables d'une année à l'autre, généralement de faible valeur pour les crues fréquentes mais comparable à celle des bassins tropicaux de transition pour les crues rares, puisqu'à ce moment l'effet d'humidification aura joué au maximum. Il en résulte un écart plus important entre crue médiane et crue décennale sur les bassins du type équatorial de transition atténué que sur les autres bassins.

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 hydrométrique 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 de chacun de ces débits.

La fréquence expérimentale au dépassement a été calculée par la formule : $F \% = \frac{n}{N + 1} \times 100$

N étant le nombre total d'années d'observations.

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

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. Cette hypothèse plus ou moins approximative conduit à une certaine imprécision dans l'évaluation des crues centenaires, surtout lorsque l'irrégularité des crues est forte et que le nombre d'années d'observation est faible.

Pour les stations dont le bassin versant est compris entre 100 et 50 000 km², l'ajustement d'une droite se fait généralement de façon assez satisfaisante et permet de considérer comme acceptable cette méthode de détermination des crues de fréquences rares.

Cependant dans le cas où le bassin versant présente de vastes zones de débordement, la courbe d'ajustement n'est plus linéaire. L'amplitude des crues de faible fréquence paraît être limitée par les débordements. On peut se demander quel poids il faut accorder aux crues observées qui, tout en étant relativement fortes, se situent néanmoins nettement au-dessous d'une droite d'ajustement s'appuyant uniquement sur les crues petites et moyennes.

L'effet des débordements parvient-il à s'estomper en cas de crue exceptionnelle écoulant un volume d'eau énorme ? On doit tenir compte de cette éventualité dans l'extrapolation de la courbe de fréquence.

Le tableau 3-4 donne, pour les principales stations de COTE d'IVOIRE, les débits de crue de fréquences médiane, décennale et centennale en valeurs absolues et en valeurs spécifiques.

Les débits spécifiques des crues annuelles médianes 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 COMOIE et du MARAHOUE inférieur	(: 25 à 50 "
Bassin du SASSANDRA, du MARAHOUE supérieur et 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 "

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 COMOIE 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.

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 (m ³ /s)	Bassin versant (km ²)
	décen- nale sèche	mé- diane	décen- nale humide	décen- nale sèche	mé- diane	décen- nale humide			
- CAVALLY à FLAMPIEU	(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
- BANDAMA à FERKESSEDOUGOU	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 ERIMBO	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	mé- diane	décen- nale humide	décen- nale sèche	mé- diane	décen- nale humide			
- MARAHOUE à BOUAFLE	410	650	1 080	20,7	32,9	55,5	2,63	1 740	19 800
- MARAHOUE à EROUMI	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 KOTOBY	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 ANLIASSUE	560	1 520	2 410	8,4	22,9	36,2	4,3	3 670	66 500
- COMOE à KARFIGUELA	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
- GOUGOULO à DOROPO	1	10	100	3,5	35	350	100		285

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.

L'irrégularité des crues peut être définie d'une façon analogue à celle des modules par le coefficient K_3 , rapport des crues décennale humide et décennale sèche.

La valeur de K_3 est comprise entre 1,7 et 3,1 pour les bassins du CAVALLY, du SASSANDRA et une partie de celui du BANDAMA.

Elle varie de 3,4 à 7,7 pour le Haut-BANDAMA à FERKESSEDOUGOU, pour le NZI, le Haut-AGNEBY, la COMOË et la BAGOE.

Elle atteint 10,5 sur l'AGNEBY à AGBOVILLE, 16 sur le KAN et s'élève jusqu'à 100 pour le petit bassin de GOUGOULO.

On constate en gros que l'irrégularité des crues tend à augmenter d'abord lentement, puis ensuite très rapidement, lorsque la pluviométrie moyenne du bassin versant et sa superficie décroissent.

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 hauteurs d'eau 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 d'étiage exige la recherche d'une bonne section d'écoulement, parfois assez loin en amont ou en aval de l'échelle limnimétrique.

Les erreurs ou les anomalies constatées sur les débits d'étiage sont souvent nombreuses et importantes en valeur relative. 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 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. A ce point de vue, les régimes équatoriaux de transition pur ou atténué sont mieux favorisés que le régime tropical de transition.

Le volume 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) est, pour un bassin donné, fonction des précipitations de la précédente saison des pluies.

Le graphique 4-1, tiré d'une étude hydrologique de J. HERBAUD, sur le bassin du SOLOMOUGOU, montre les valeurs successives des réserves d'eau mobilisables, exprimées en mm, au cours des années 1961, 1962 et 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 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 théorique des débits en l'absence de toute chute de pluie.

Pour un même bassin versant, le coefficient α varie d'une année à l'autre selon l'abondance 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 de la capacité de rétention du sous-sol.

Les coefficients de tarissement α 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-BEYOUMI-BONGOUANOU-BONDOUKOU, approximativement limité par l'isohyète interannuelle 1 200 mm. Celles à tarissement lent se situent dans l'Ouest de la COTE d'IVOIRE et près de la zone littorale où les formations quaternaires sont très développées, ainsi que dans la région de KORHOGO.

3.5.2 Les valeurs des débits d'étiage

Pour les bassins versants de 10 à 100 km², les débits d'étiage en fin de saison sèche sont toujours nuls, sauf si la capacité de rétention de ces petits bassins versants est suffisante pour que subsiste un faible écoulement, 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 de l'évaporation des eaux du lit mineur et de l'évapotranspiration de la végétation des rives.

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 en année décennale sèche (m³/s),
- étiage moyen annuel (moyenne des étiages observés),
- étiage en année décennale humide,
- les valeurs correspondantes exprimées en débit spécifique (l/s.km²),
- le rapport K_3 des débits d'étiage de fréquence décennale en année humide et en année sèche (coefficient d'irrégularité interannuelle),
- la superficie du bassin versant (km²).

Les débits spécifiques d'étiage absolu moyen peuvent être comparés aux diverses stations. Ils s'échelonnent comme suit :

TABLEAU 3-5

Tarissement des cours d'eau

Cours d'eau - Station	Coefficient α	N
- COMOE à SEREBOU	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
- BANDAMA FERKESSEDOUGOU	0,0338 à 0,0242	68 à 95
- " HEOUMI		
- " BRIMBO	0,041 à 0,0223	56 à 103
- MARAHOUE BOUAFLE		
- YARANI 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
- " TAÏ	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

N : Nombre de jours tel que le débit Q_t devienne égal à $\frac{Q_0}{10}$

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	Surface: Bassin versant: (km ²)
	décen- nale sèche	moyen- ne	décen- nale humide	décen- nale sèche	moyen- ne	décen- nale humide		
	- CAVALLY à FLAMPIEU	0,8	4,0	7,6	0,12	1,62		
- CAVALLY à TAI	3,8	12,8	30	0,27	0,93	2,18	7,9	13 750
- NCE .. à TAI	0,30	1,04	1,80	0,24	0,84	1,45	6,0	1 240
- SASSANDRA à SEMIEU	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	0,001	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
- YARANI 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

TABLEAU 3-6 (Suite)

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	Surface: Bassin : versant: (km ²)	
	décen- nale sèche	moyen- ne	décen- nale humide	décen- nale sèche	moyen- ne			décen- nale humide
	- NZI à FETEKRO	0	0,12	0,6	0			0,011
- NZI à MBAHIAKRO	0,01	0,28	0,8	0,0006	0,018	0,051	80 15 700	
- NZI à ZIENOA	0,02	0,89	2,3	0,0006	0,027	0,069	115 33 150	
- AGNEBY à AGBOVILLE	0,01	0,04	0,15	0,002	0,009	0,033	15 4 600	
- AGNEBY à KOTOBY	0	0	0	0	0	0	0 750	
- MPEBO aux CARRIERES	(0,18)	0,78	(2,2)	0,33	1,42	4,0	12,2 550	
- NIEKY à AKOUBE	(0,30)	0,50	(0,70)	4,2	7,0	9,8	2,3 715	
- AGBEY à B D M T		0,18			16,5		11	
- COMOE à SEREBOU	1,3	2,7	5,5	0,026	0,055	0,114	4,6 49 000	
- COMOE à ANIASSUE	1,7	5,5	17,5	0,026	0,083	0,264	10,3 66 500	
- COMOE à KARFIGUELA	3,0	3,3	3,8	3,7	4,1	4,7	1,3 812	
- BAGOE à GUINGUERINI	0	(0,005)			0,005		1 042	
- GOUGOULO à DOROPO	0	0	0	0	0	0		

- plus de $1\ 500 \times 10^{-3}$ l/s.km² pour le Haut-CAVALLY, pour les petits cours d'eau prenant naissance dans la zone côtière sédimentaire du tertiaire continental (affluents du Bas-AGNEBY) et pour la Haute-COMOE alimentée par une importante nappe souterraine,
- entre $1\ 500$ et 400×10^{-3} l/s.km² pour les cours d'eau des régions pluvieuses de l'Ouest et du Sud-Ouest de la COTE d'IVOIRE (bassins du CAVALLY et du SASSANDRA) et quelques petits cours d'eau de la région de KORHOGO,
- vers 180×10^{-3} l/s.km² pour le BANDAMA à BRIMBO
- entre 50 et 85×10^{-3} l/s.km² pour la COMOE et le BANDAMA supérieur et moyen,
- entre 10 et 50×10^{-3} l/s.km² pour le YARANI, le MARAHOUE et le NZI,
- moins de 5×10^{-3} l/s.km² pour la BAGOE et les bassins versants recevant moins de 1 300 mm par an (Haut-AGNEBY, KAN, GOUGOULO).

Le coefficient K_3 traduit bien l'irrégularité interannuelle des débits d'étiage qui est beaucoup plus marquée pour le Haut-BANDAMA et le NZI (80 à 200) que pour les cours d'eau de l'Ouest et Sud-Ouest de COTE d'IVOIRE (3 à 20).

Ce coefficient K_3 doit être compris entre 1,1 et 1,5 pour certains petits cours d'eau de la zone côtière. Notons pour le haut bassin de la COMOE en HAUTE-VOLTA, une valeur également très faible de K_3 (1,3) due à la vidange des eaux contenues dans les grès du bassin.

D'une façon générale, 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 atténuée pour des bassins versants recevant des précipitations annuelles quelconques mais dont le sol est essentiellement constitué de formations à forte rétention.

A N N E X E

MOYENNES PLUVIOMETRIQUES MENSUELLES ET ANNUELLES

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	185,8	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	186,1	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	26,2	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	146,1	56,3	19,0	1 272,8
- 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

Postes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
- 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
- GECHI	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	186,8	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
- GRAND-LAHOUE	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

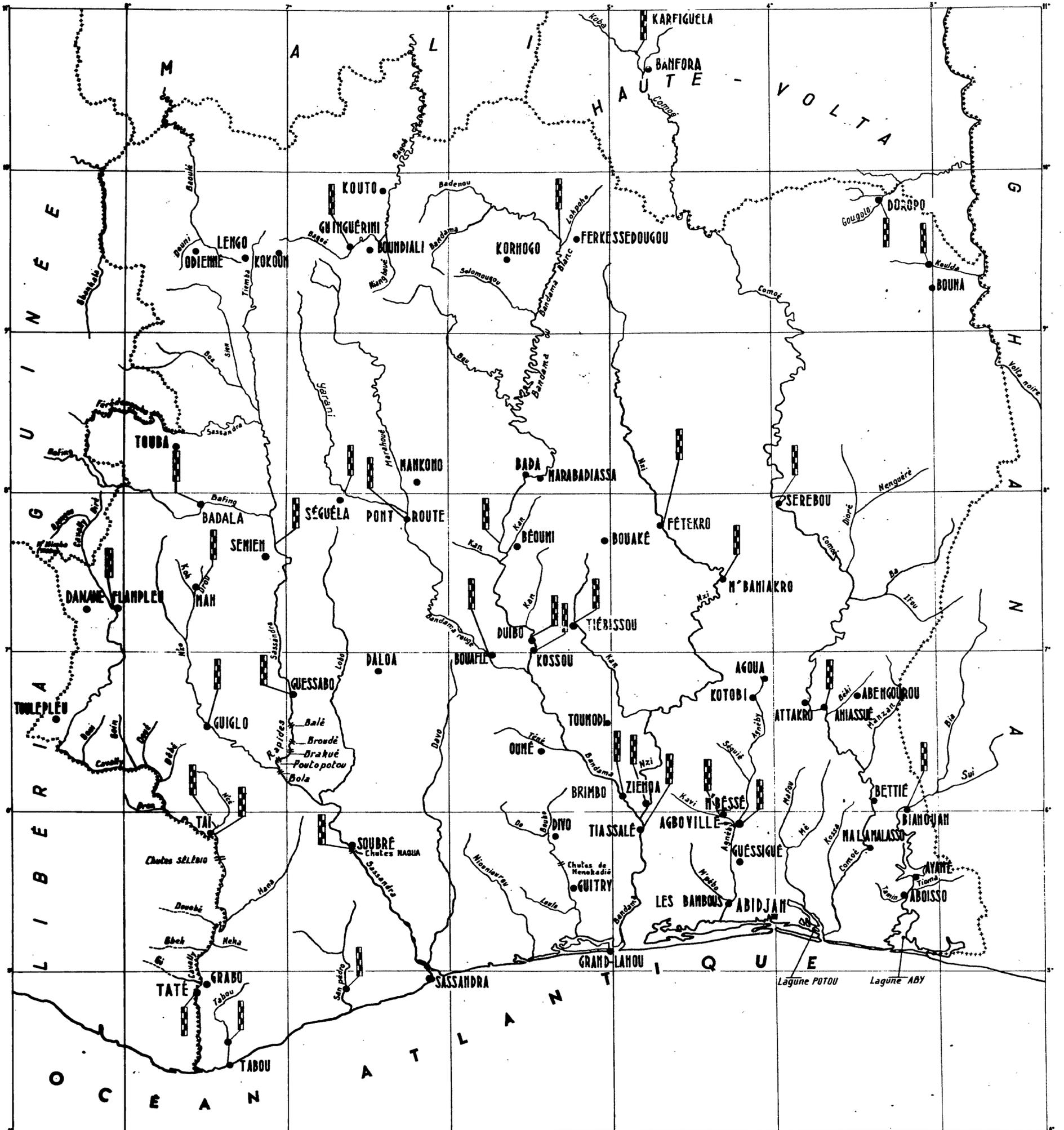
Postes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
- GUITRY +	25,8	33,4	74,6	136,2	138,4	316,8	147,8	51,6	92,0	145,2	118,4	84,4	1 391,6
- JACQUEVILLE *	37,5	24,0	100,5	125,8	212,8	634,0	343,2	15,4	28,7	56,7	93,8	54,2	1 726,6
- KATIOLA	10,9	37,9	61,3	150,9	127,3	170,4	102,2	147,2	216,3	127,9	36,6	27,8	1 216,7
- KORHOGO	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	43,8	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	37,7	74,3	113,9	128,5	150,8	139,0	184,9	241,8	125,3	35,9	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
- OUANGOLOUDOUGOU	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	79,6	45,9	1 333,8

RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Carte 11

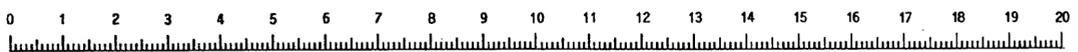
RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE ET HYDROMÉTRIQUE

ÉCHELLE : 1/2.000.000



Stations hydrométriques principales

Cette mire doit être lisible dans son intégralité
Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGQUVWMNSZXY
zsaocmuvnwixrfkhdpggyjt 7142385690
Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCGQUVWMNSZXY
zsaocmuvnwixrfkhdpggyjt 7142385690



GAM-T-12
N° 60 075 DMT

