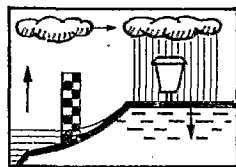


ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

**NOTE HYDROLOGIQUE  
SUR LE  
BANDAMA A FERKESSEDOUGOU**



D8  
MOL

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER  
Centre d'ADIOPODOUMÉ  
BUREAU CENTRAL HYDROLOGIQUE - PARIS



10797

OFFICE de la RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE  
OUTRE-MER

---

ENERGIE ELECTRIQUE  
DE COTE d'IVOIRE

---

Centre d'ADIOPODOUME

---

Service Hydrologique

---

NOTE HYDROLOGIQUE

sur le

BANDAMA à FERKESSEDOUGOU

---

par

M. MOLINIER

Ingénieur Hydrologue

---

18 OCT. 1971

PARIS - Août 1971



D8  
MOL

10797 ~~10797~~

## S O M M A I R E

---

|   | <u>Pages</u> |
|---|--------------|
| <u>CHAPITRE 1 - DONNEES GEOGRAPHIQUES</u>           |              |
| 1.1. Description du bassin versant                  | 1            |
| 1.2. Aperçu géologique                              | 2            |
| 1.3. Aperçu pédologique et végétation               | 2            |
| <br>  |              |
| <u>CHAPITRE 2 - DONNEES PUVIOMETRIQUES</u>          | 3            |
| 2.1. Pluviométrie moyenne annuelle                  | 3            |
| 2.2. Pluviométrie moyenne mensuelle                 | 5            |
| 2.3. Précipitations exceptionnelles en 24 heures    | 6            |
| <br>  |              |
| <u>CHAPITRE 3 - ETUDE DE L'EVAPORATION</u>          | 9            |
| <br>  |              |
| <u>CHAPITRE 4 - OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES</u>      | 15           |
| <br>  |              |
| <u>CHAPITRE 5 - ESTIMATION DE LA CRUE DECENNALE</u> | 20           |
| 5.1. Débit des crues maximales                      | 20           |
| 5.2. Forme de l'hydrogramme des crues maximales     | 23           |
| 5.3. Volumes des crues maximales                    | 23           |
| 5.4. Evaluation de la crue décennale                | 25           |
| <br>  |              |
| <u>CHAPITRE 6 - ETIAGES</u>                         | 27           |

## CHAPITRE 1

### DONNEES GEOGRAPHIQUES

#### 1.1. - DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT

Le BANDAMA prend sa source à une cinquantaine de kilomètres à l'ouest de KORHOGO. Il coule d'abord dans une direction Sud-Ouest - Nord-Est durant une centaine de kilomètres. Puis son cours s'infléchit vers le Sud-Est jusqu'à la station située au pont route FERKESSEDOUGOU-KORHOGO à 190 km de sa source. Il suit ensuite, jusqu'à l'embouchure, une direction générale Nord-Sud.

Le bassin versant du BANDAMA à la station de FERKESSEDOUGOU ( $9^{\circ} 36' 11''$  N -  $5^{\circ} 19' 33''$  W), située à une quinzaine de kilomètres de cette ville, a une superficie de  $7\ 000\text{ km}^2$ . Sa forme est approximativement triangulaire (cf. graphique 2), il est encadré par les méridiens  $5^{\circ} 15'$  et  $6^{\circ} 15'$  W d'une part, et,  $9^{\circ} 20'$  et  $10^{\circ} 20'$  N d'autre part. Ces deux grands axes ont une longueur de 100 km environ.

Les caractéristiques du bassin sont les suivantes :

- Indice de compacité :  $K_c = 1,14$
- Rectangle équivalent : longueur : 96 km  
largeur : 73 km
- Indice de pente :  $I_p = 0,043$
- Indice global de pente :  $I_g = 1,35\text{ m/km}$

Rappelons que :

- L'indice de compacité  $K_c = 0,28\ P\ A^{-1/2}$

où P est le périmètre du bassin en km  
et A est la superficie du bassin en  $\text{km}^2$

- Le rectangle équivalent a même surface et même périmètre, et même répartition hypsométrique que le bassin versant.

- L'indice de pente  $I_p$  défini par M. ROCHE :

$$I_p = L^{-1/2} \sum_{i=1}^n [A_i (C_i - C_{i-1})]^1{}^{1/2}$$

où  $A_i$  est la fraction de la surface totale du bassin comprise entre les cotes  $C_i$  et  $C_{i-1}$

.../

- L'indice global de pente  $I_g$  est un indice simplifié.

Il est égal au rapport de la dénivelée qui sépare les altitudes ayant 5% de la surface du bassin au-dessus et au-dessous d'elles à la longueur du rectangle équivalent.

L'altitude moyenne du bassin est de 375 m.

La distribution hypsométrique est la suivante :

|                       |   |       |
|-----------------------|---|-------|
| - au-dessous de 300 m | : | 1,5%  |
| - de 300 à 400 m      | : | 92,5% |
| - de 400 à 670 m      | : | 6,0%  |

Le BANDAMA prend sa source à 400 m d'altitude. Dans les premiers kilomètres sa pente est de plusieurs mètres par kilomètre. A 50 km de la source elle n'est plus que de 50 cm/km et de 20 cm/km à la station de FERKESSEDOUGOU. Le graphique 3 donne le profil en long du BANDAMA.

### 1.2. - APERCU GEOLOGIQUE

La partie Ouest est formée essentiellement par la série birrimienne à dominance schisteuse (schistes métamorphiques et roches vertes).

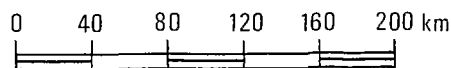
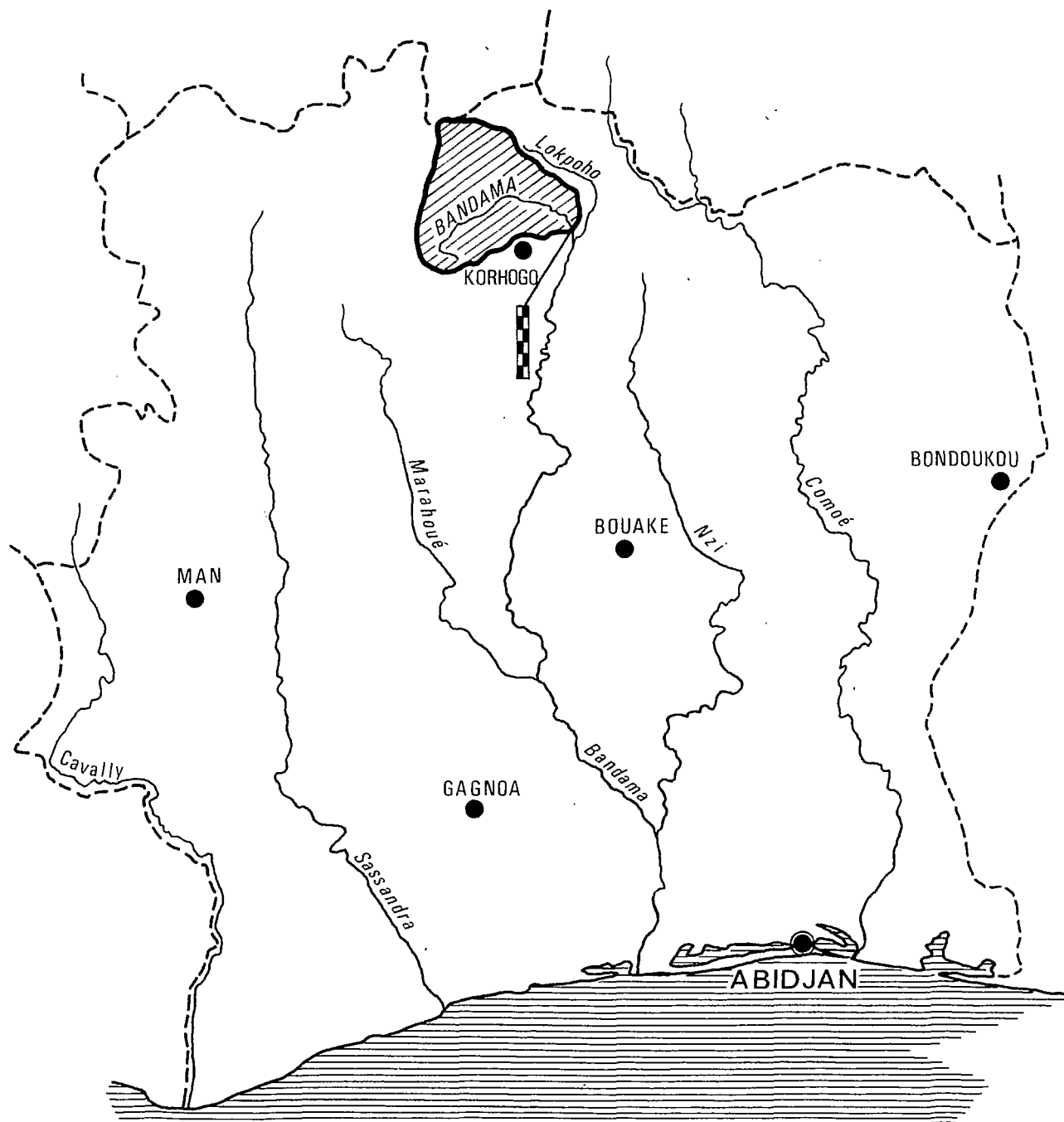
La partie Est est constituée de granites éburnéens calco-alcalins, que l'on retrouve dans le Nord du bassin (massif granitique de NIELE).

### 1.3. - APERCU PEDOLOGIQUE ET VEGETATION

Dans cette partie amont du bassin du BANDAMA on rencontre les sols ferrugineux tropicaux, correspondant à une zone de savanes sub-soudanaises, de la savane herbeuse à la savane boisée.

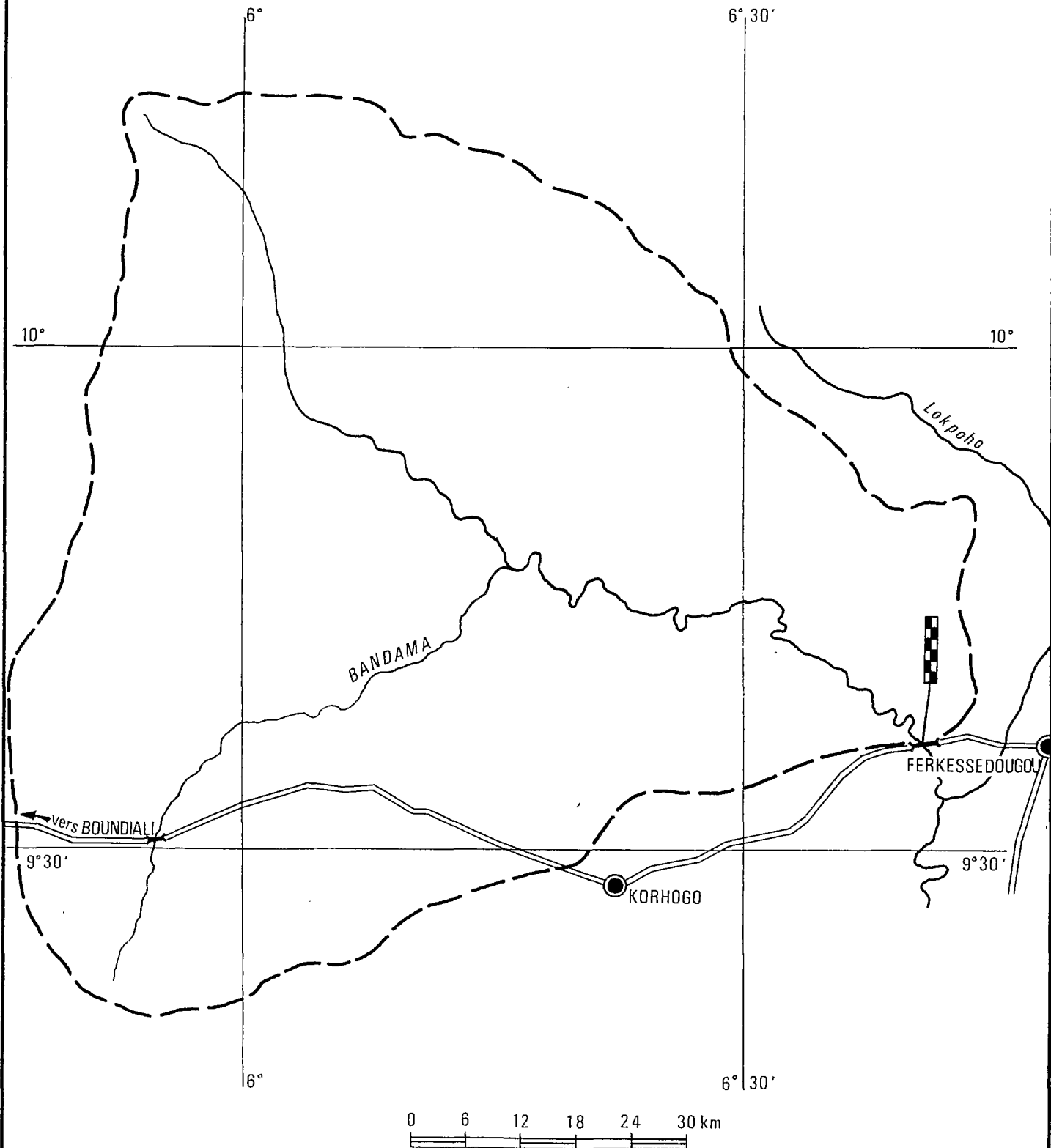
# SITUATION GÉNÉRALE DU BASSIN DU BANDAMA à FERKESSEDOUGOU

Gr\_1

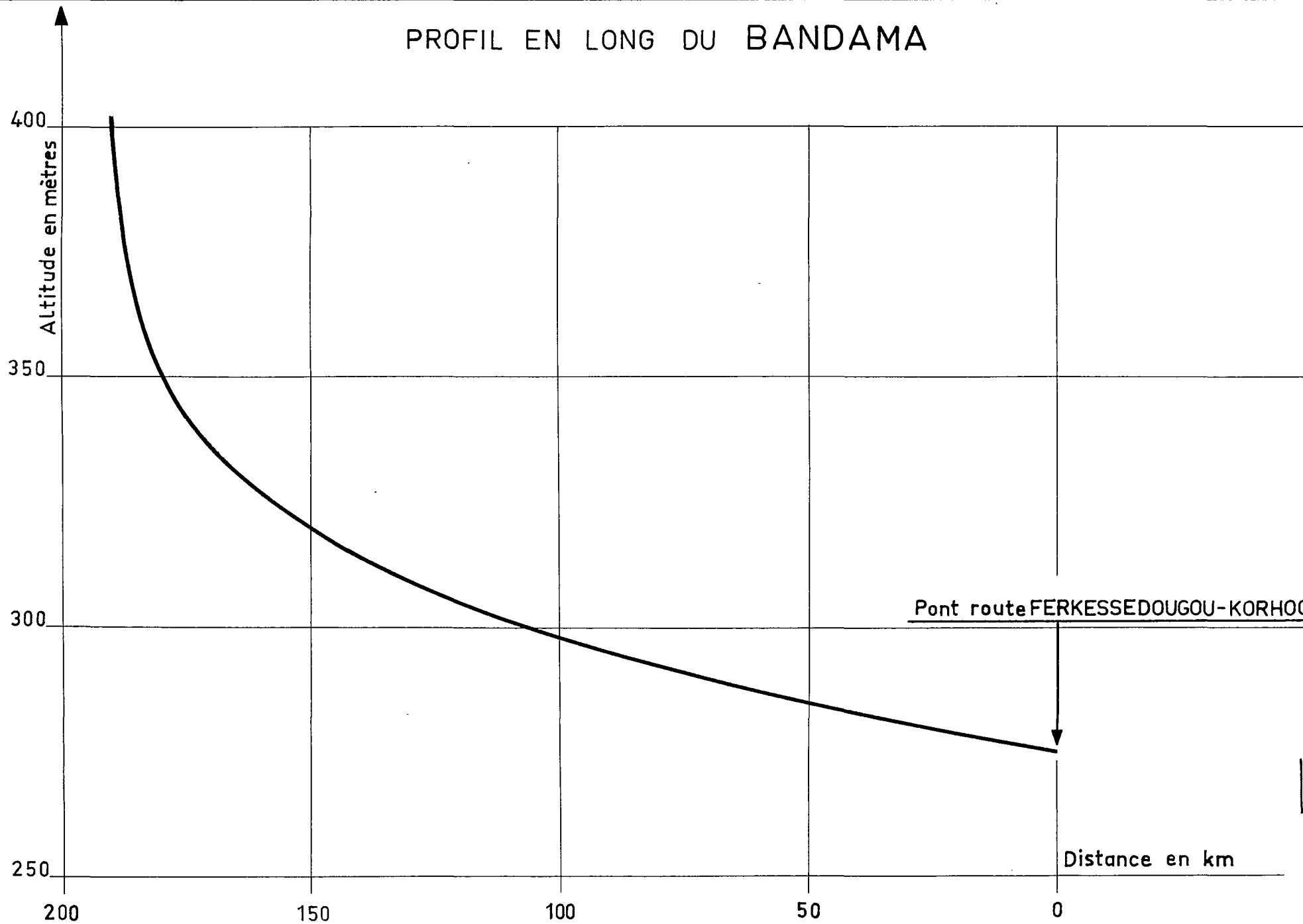


# Bassin Versant du BANDAMA à FERKESSEDOUGOU

Gr\_2



# PROFIL EN LONG DU BANDAMA



O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique

date  
14-71

des.  
J.M

IVO\_152.251

Gr-3

Distance en km

200

150

100

50

0

400

350

300

250

Altitude en mètres



## CHAPITRE 2

### DONNEES PLUVIOMETRIQUES

#### 2.1. - PLUVIOMETRIE MOYENNE ANNUELLE

Le régime pluviométrique de la région de FERKESSEDOUGOU est du type tropical de transition, il est caractérisé par deux saisons bien distinctes :

- Une saison sèche de novembre à mai, au cours de laquelle les pluies sont très rares;

- Une saison des pluies assez longue de juin à octobre avec un maximum en août.

Autour du bassin on dispose de 5 postes pluviométriques ayant tous au moins 19 années d'observation. Nous donnons ci-dessous le nom de ces postes, ainsi que le nombre d'années d'observation et leur coefficient de Thiessen respectif (coefficient utilisé pour le calcul de la hauteur de précipitation moyenne sur le bassin).

|                  |                         |       |
|------------------|-------------------------|-------|
| - OUANGOLODOUGOU | 20 années d'observation | 12,4% |
| - TENGRELA       | 19 années d'observation | 9,6%  |
| - FERKESSEDOUGOU | 44 années d'observation | 5,8%  |
| - KORHOGO        | 32 années d'observation | 52,8% |
| - BOUNDIALI      | 46 années d'observation | 19,4% |

Le tableau suivant donne la hauteur pluviométrique annuelle moyenne sur le bassin au cours des 20 dernières années (1951-1970). Cette pluviométrie moyenne a été calculée par la méthode de Thiessen. La dernière colonne représente la fréquence expérimentale  $\frac{n}{N+1}$  de chaque valeur annuelle,

n étant le numéro d'ordre de chaque valeur (classement par ordre décroissant)

et N le nombre total d'années.

...

TABLEAU 2.1.

| n  | Année | Moyenne<br>annuelle | Fréquence | n  | Année | Moyenne<br>annuelle | Fréquence |
|----|-------|---------------------|-----------|----|-------|---------------------|-----------|
| 1  | 1957  | 1846                | 0,048     | 11 | 1963  | 1496                | 0,524     |
| 2  | 1951  | 1683                | 0,095     | 12 | 1966  | 1470                | 0,571     |
| 3  | 1955  | 1660                | 0,143     | 13 | 1952  | 1465                | 0,619     |
| 4  | 1954  | 1626                | 0,190     | 14 | 1962  | 1434                | 0,667     |
| 5  | 1960  | 1566                | 0,238     | 15 | 1967  | 1389                | 0,714     |
| 6  | 1953  | 1558                | 0,286     | 16 | 1959  | 1256                | 0,762     |
| 7  | 1964  | 1545                | 0,333     | 17 | 1956  | 1244                | 0,810     |
| 8  | 1965  | 1510                | 0,381     | 18 | 1968  | 1223                | 0,857     |
| 9  | 1969  | 1504                | 0,429     | 19 | 1958  | 1028                | 0,905     |
| 10 | 1970  | 1499                | 0,476     | 20 | 1961  | 982                 | 0,952     |

Nous avons ensuite ajusté à ces valeurs une loi de PEARSON III (cf paragraphe 2.3), dont les paramètres sont les suivants :

- Moyenne : 1 449 mm
- $Y = 45,1$
- $1/a = 32,2$
- $\sigma = 214,8$  mm

Le graphique 4 donne la répartition des points expérimentaux suivant leur fréquence ainsi que la courbe correspondant à la loi de PEARSON.

Il apparaît que si cette loi représente bien la distribution des hauteurs moyennes annuelles pour les fortes valeurs, elle surestime très probablement les hauteurs de faible fréquence en années sèches.

Tous calculs faits, les hauteurs moyennes annuelles obtenues pour les diverses fréquences par la loi de PEARSON III sont les suivantes :

| Probabilité | Récurrence | Hauteurs en mm |
|-------------|------------|----------------|
| 0,5         | 2(médiane) | 1438           |
| 0,4         | 2,5 ans    | 1385           |
| 0,3         | 3,3 ans    | 1329           |
| 0,25        | 4 ans      | 1298           |
| 0,2         | 5 ans      | 1265           |
| 0,1         | 10 ans     | 1180           |
| 0,05        | 20 ans     | 1113           |
| 0,02        | 50 ans     | 1040           |
| 0,01        | 100 ans    | 1001           |

Si à cette distribution nous substituons une loi de GAUSS de moyenne :  $1449 \text{ mm}$  et d'écart-type :  $\sigma = 214,8 \text{ mm}$ , nous obtenons les valeurs suivantes :

| Probabilité | Récurrence | Hauteurs en mm |      |
|-------------|------------|----------------|------|
| 0,2         | 5 ans      | 1268           | 1630 |
| 0,1         | 10 ans     | 1174           | 1724 |
| 0,05        | 20 ans     | 1096           | 1802 |
| 0,02        | 50 ans     | 1008           | 1890 |
| 0,01        | 100 ans    | 949            | 1949 |

Nous pouvons donc retenir les valeurs données par la loi de PEARSON pour les hauteurs des années humides, et celles données par la loi de GAUSS pour les hauteurs des années sèches.

Ce qui conduira aux résultats suivants :

- année cinquantenaire sèche :  $1\ 010 \text{ mm}$ ,
- année décennale sèche :  $1\ 175 \text{ mm}$ ,
- année médiane :  $1\ 440 \text{ mm}$ ,
- année décennale humide :  $1\ 735 \text{ mm}$ ,
- année cinquantenaire humide :  $2\ 000 \text{ mm}$ .

## 2.2. - PLUVIOMETRIE MOYENNE MENSUELLE

Le tableau 2.2. donne pour chaque station les moyennes mensuelles et interannuelles des précipitations pendant les diverses périodes d'observation.

La dernière ligne du tableau donne la pluviométrie moyenne mensuelle sur le bassin calculée à l'aide des coefficients de THIESSEN, ceci en ne tenant pas compte d'une homogénéisation sur une période commune.

La moyenne interannuelle obtenue est plus faible que celle trouvée au paragraphe précédent. Cela provient du fait que nous avons pris en compte des années à certains postes qui n'étaient pas représentées aux autres postes. Il s'avère d'ailleurs que la période précédant l'année 1951 a été un peu plus sèche que la période 1951-1970. Cependant les valeurs moyennes mensuelles portées sur ce tableau sont, à quelques millimètres près, assez proches de la réalité. En fait, la pluviométrie enregistrée au poste de KORHOGO est assez représentative de la pluviométrie moyenne du bassin versant, tout au moins pour les moyennes.

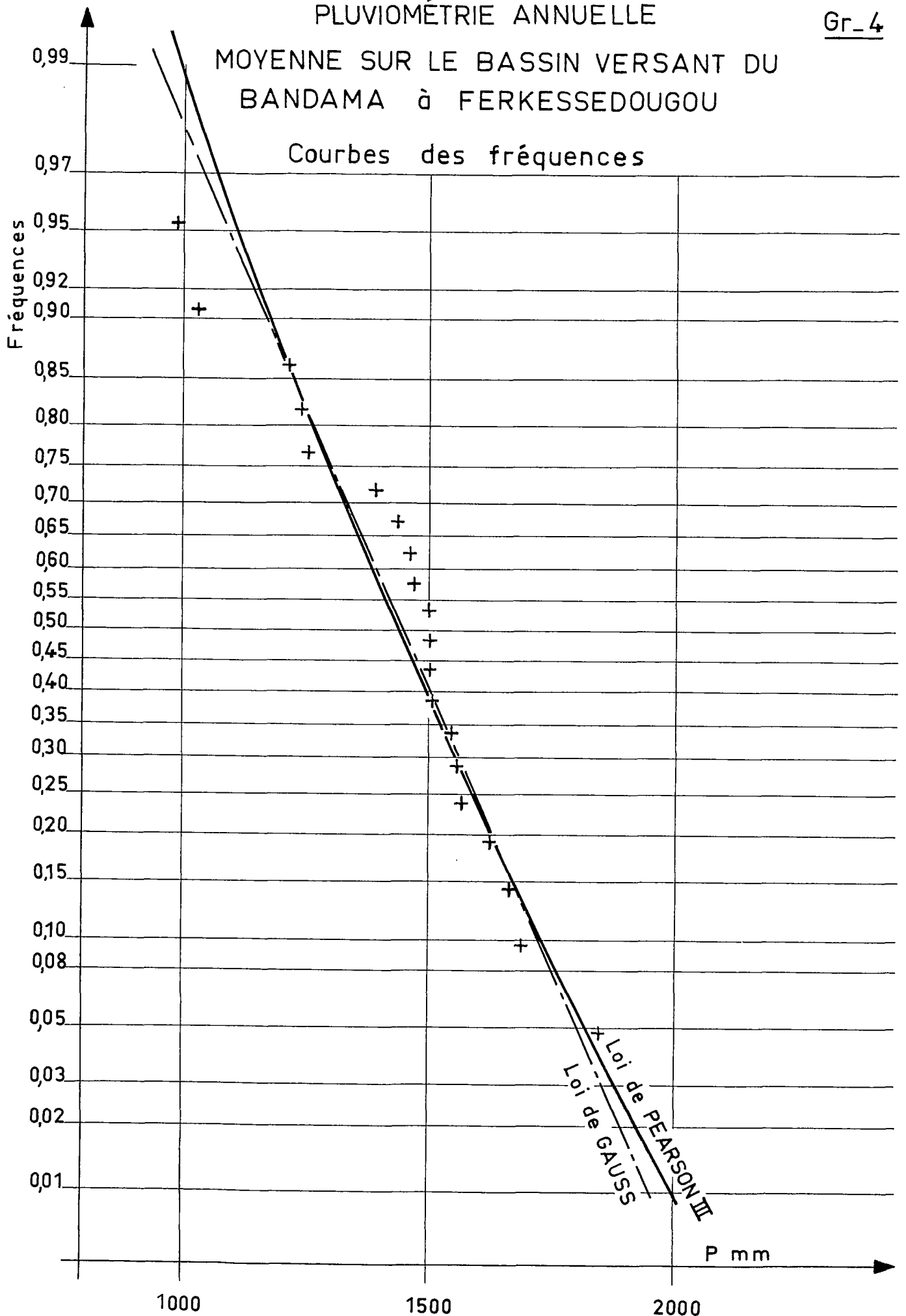
Par les méthodes des isohyètes interannuels, on trouve comme pluviométrie moyenne sur le bassin :  $1\ 425 \text{ mm}$ . La répartition mensuelle est la suivante :

# PLUVIOMÉTRIE ANNUELLE

Gr\_4

MOYENNE SUR LE BASSIN VERSANT DU  
BANDAMA à FERKESSEDOUGOU

Courbes des fréquences



|         | J | F  | M  | A  | M   | J   | J   | A   | S   | O   | N  | D  |
|---------|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| Hauteur | 6 | 17 | 45 | 90 | 120 | 162 | 225 | 325 | 275 | 115 | 35 | 10 |

N.B. Les chiffres sont très voisins de ceux trouvés par la méthode de THIESSEN.

En 1964 et 1970, la pluviométrie moyenne globale des mois de juillet, août et septembre est respectivement de 895 mm et 913 mm, alors qu'elle n'est que de 793 mm pour l'année moyenne. Il apparaît donc que le débit de la crue maximale sera assez élevé au cours de ces deux années. La plus forte valeur pour ces trois mois a été observée en 1957, la hauteur était de 1 000 mm.

Le graphique 5 représente :

- la moyenne pluviométrique enregistrée aux cinq postes cités ci-dessus corrigée par les coefficients de THIESSEN,
- la moyenne pluviométrique au poste de KORHOGO,
- la pluviométrie de l'année 1964.

### 2.3. - PLUVIOMETRIE EXCEPTIONNELLE EN 24 HEURES

"L'ETUDE GENERALE DES AVERSES EXCEPTIONNELLES EN AFRIQUE OCCIDENTALE" réalisée en 1967 par Monsieur Y. BRUNET-MORET pour la Côte-d'Ivoire considère que la loi de probabilité de répartition des pluies journalières est une loi de PEARSON III tronquée, de la forme :

$$F_1(x) = F_1(0) \frac{1}{\Gamma} \int_x^{\infty} (ax)^{\gamma-1} e^{-ax} \text{ adx}$$

- où :
- $F_1(x)$  est la probabilité pour que la valeur de la variable soit supérieure ou égale à  $x$ ,
  - $F_1(0)$  est la probabilité pour que la valeur de la variable ne soit pas nulle,
  - $\gamma$  est un paramètre sans dimension,
  - $a$  est un paramètre dont l'inverse  $1/a$  s'exprime dans la même unité que  $x$ ,
  - $\Gamma$  est la fonction gamma.

Le tableau 2.3. donne pour chacune des 5 stations la valeur des hauteurs pluviométriques journalières ponctuelles de récurrence : 1, 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans.

TABLEAU 2.2.

PLUVIOMETRIE MOYENNE MENSUELLE

|               | J.   | F.   | M.   | A.   | M.    | J.    | J.    | A.    | S.    | O.    | N.   | D.   | Année   |
|---------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|---------|
| OUANGOLO      | 12,3 | 13,8 | 41,1 | 92,7 | 109,6 | 157,5 | 204,7 | 327,9 | 219,5 | 102,9 | 19,9 | 9,9  | 1 301,8 |
| TENGRELA      | 3,8  | 8,4  | 26,4 | 61,8 | 106,4 | 173,5 | 292,9 | 364,2 | 249,4 | 95,4  | 36,9 | 8,8  | 1 427,9 |
| FERKE         | 4,7  | 18,8 | 47,8 | 92,7 | 137,3 | 161,0 | 186,0 | 297,1 | 251,5 | 109,9 | 34,9 | 9,2  | 1 350,9 |
| KORHOGO       | 6,7  | 14,9 | 50,4 | 96,1 | 92,5  | 164,0 | 198,3 | 318,8 | 260,8 | 127,2 | 41,5 | 12,3 | 1 383,5 |
| BOUNDIALI     | 8,7  | 17,3 | 43,0 | 86,0 | 117,8 | 164,1 | 255,7 | 319,6 | 249,5 | 137,1 | 43,3 | 9,5  | 1 451,6 |
| Pluv. moyenne | 6,1  | 14,8 | 45,4 | 90,2 | 103,5 | 164,0 | 218,6 | 323,2 | 251,9 | 122,1 | 38,3 | 10,9 |         |

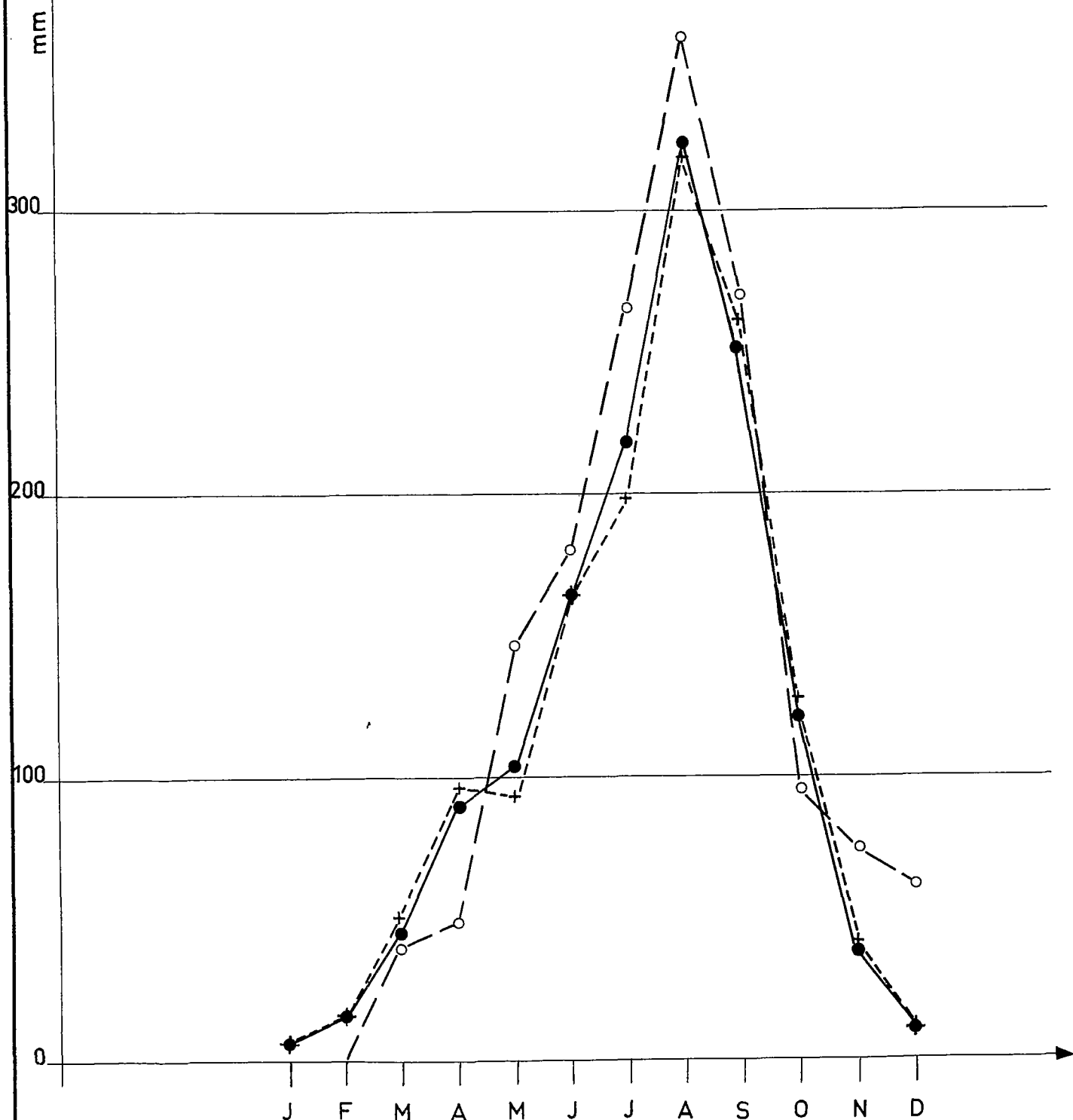
TABLEAU 2.3.

PRECIPITATIONS JOURNALIERES EXCEPTIONNELLES

|           | 1 fois par an |          | 1 fois en 2 ans |       | 1 fois en 5 ans |       | 1 fois<br>en 10 ans | 1 fois<br>en 20 ans | 1 fois<br>en 50 ans | 1 fois<br>en 100ans |
|-----------|---------------|----------|-----------------|-------|-----------------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|           | Calculée      | Observée | Calc.           | Obs.  | Calc.           | Obs.  | Calculée            | Calculée            | Calculée            | Calculée            |
| OUANGOLO  | 76,9          | 80,6     | 89,1            | 91,1  | 105,3           | -     | 117,5               | 129,8               | 145,9               | 158,2               |
| TENGRELA  | 85,6          | 85,0     | 101,4           | 107,4 | 122,7           | -     | 139,0               | 155,5               | 177,5               | 194,2               |
| FERKE     | 77,2          | 78,4     | 91,0            | 91,4  | 109,5           | 114,3 | 123,6               | 137,8               | 156,8               | 171,2               |
| KORHOGO   | 79,0          | 84,2     | 92,4            | 96,7  | 110,2           | 110,2 | 123,8               | 137,5               | 155,6               | 169,3               |
| BOUNDIALI | 77,4          | 78,0     | 90,1            | 88,7  | 107,0           | 100,0 | 119,7               | 132,6               | 149,6               | 162,5               |

# PRÉCIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES

- —● Pluviométrie moyenne sur le bassin
- —○ Pluviométrie moyenne 1964
- + - - - + KORHOGO



Ces hauteurs pluviométriques journalières sont des averses ponctuelles qui n'affectent qu'une zone de superficie très réduite.

En fait sur un bassin assez important, tel que celui que nous étudions, la répartition pluviométrique est très hétérogène. L'influence des pluies sur les débits se fait sentir plus par leur répartition dans le temps que par leur répartition dans l'espace.

Ainsi en 1964, le 22 juillet, il a été enregistré 151,3 mm au poste de BOUNDIALI (fréquence cinquantenaire) mais seulement 22,2 mm à KORHOGO. Les trois autres postes étant assez arrosés (60,5, 88,0 et 91,2 mm), la moyenne sur le bassin était de 62,2 mm. Mais cette pluie est assez isolée si bien que son influence sur le débit est pratiquement nulle.

Cette même année, au cours des 30 jours précédant la crue maximum -la plus forte observée- le total pluviométrique pour tout le bassin était de 397 mm, réparti ainsi au cours des quatre semaines :

1. 137,2 mm,
2. 121,7 mm,
3. 79,7 mm,
4. 58,6 mm.

La forte pluviométrie des deux premières semaines a été très favorable à la réhumectation du terrain et a permis au débit du BANDAMA d'augmenter très rapidement. Ainsi au cours des deux semaines suivantes, beaucoup moins pluvieuses, les averses ont rencontré un terrain très favorable au ruissellement et notamment l'averse du 13 septembre à TENGRELA (112 mm) a créé un apport important en provenance du Nord du bassin.



### CHAPITRE 3

#### ETUDE DE L'EVAPORATION

L'évaporation joue un rôle très important dans l'évaluation du volume d'eau disponible d'une retenue. Cependant son étude est très délicate en raison des nombreux facteurs plus ou moins liés entre eux, dont elle dépend, et de la difficulté de mesurer ces facteurs.

L'évaporation dépend d'une part du pouvoir évaporant de l'atmosphère, fonction de certaines grandeurs physiques mesurables, telles que la température, l'humidité relative, le rayonnement solaire, la vitesse du vent, la pression barométrique, etc... et, d'autre part, de la forme et de l'environnement de la surface évaporante.

Nous donnons dans le tableau 3.1. : les moyennes mensuelles des températures minimales et maximales, la moyenne mensuelle interannuelle des températures journalières ainsi que les moyennes mensuelles de l'humidité relative. Ces valeurs ont été observées à la station de FERKESSEDOUGOU au cours d'une période s'étendant de 1932 à 1970 pour les températures et de 1952 à 1970 pour les humidités relatives.

La figure 6 donne une représentation graphique de ces valeurs.

Les variations saisonnières de l'humidité relative sont inverses de celles de la température. Elle est minimale au milieu de la saison sèche (46 % en janvier) et maximale au cours de la saison des pluies (83 % en août alors que la température a une valeur moyenne de 25 °3, minimum de l'année).

En année moyenne l'humidité moyenne est de 69 % et la température moyenne de 26°8 C.

L'humidité étant maximale en août et la température moyenne minimale, l'évaporation sera donc minimale au cours de ce même mois.

Le pouvoir évaporant de l'atmosphère peut être évalué directement par des appareils tel que les évaporomètres du type "Piche" et les bacs "Colorado" enterrés ou flottants. Il existe en fait des écarts importants entre les deux types de mesures. Les données des évaporomètres "Piche" n'ont qu'une valeur indicative, alors que celles des bacs "Colorado" sont en relation assez étroite avec l'évaporation d'une nappe d'eau libre.

Les tableaux 3.2 et 3.3. donnent les résultats des mesures effectuées sur bac "Colorado" et sur évaporomètre "Piche" aux stations de KORHOGO et FERKESSEDOUGOU.

Les mesures effectuées sur bac "Colorado" donnent les résultats suivants :

- KORHOGO (8 ans) : 1 985 mm/an (écart-type : 162 mm)
- FERKESSEDOUGOU (3 ans) : 2 018 mm/an.

...

TABLEAU 3.1.

TEMPERATURES ET HUMIDITES RELATIVES

|        | J    | F    | M    | A    | M    | J    | J    | A    | S    | O    | N    | D    | Année |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| T max. | 34,6 | 36,2 | 36,1 | 35,2 | 33,8 | 31,8 | 30,3 | 29,5 | 30,6 | 32,2 | 33,8 | 33,7 | 33,1  |
| T min. | 15,8 | 19,1 | 22,4 | 23,2 | 22,6 | 21,5 | 21,3 | 21,1 | 21,0 | 21,4 | 19,8 | 16,5 | 20,5  |
| T moy. | 25,2 | 27,7 | 29,3 | 29,2 | 28,2 | 26,7 | 25,8 | 25,3 | 25,8 | 26,8 | 26,8 | 25,1 | 26,8  |
| U      | 46   | 48   | 58   | 67   | 74   | 78   | 81   | 83   | 82   | 78   | 70   | 58   | 69    |

T max. : Moyenne mensuelle des températures maximales journalières (en °C),  
T min. : Moyenne mensuelle des températures minimales journalières (en °C),  
T moy. : Moyenne mensuelle des températures journalières (en °C),  
U : Moyenne mensuelle de l'humidité relative (en %).

A BOUNDIALI, à l'Ouest du bassin, des mesures sur bac "Colorado" faites en 1962 et 1963 donnent un total annuel de 2 115 mm. Cette valeur assez élevée est due à l'exposition particulière du bac.

Après examen de ces résultats il paraît logique de prendre comme valeur moyenne d'évaporation sur bac dans cette région : 2 000 mm, avec un écart de 200 mm de part et d'autre de la moyenne pour les valeurs décennales.

Pour connaître l'évaporation d'une grande retenue, il faut appliquer aux mesures relevées sur bacs "Colorado" un coefficient de réduction assez empirique. Ce coefficient dépend de l'emplacement et de l'exposition du bac, ainsi que de l'aridité du climat. Ainsi pour un bac sous forêt très humide ce coefficient est voisin de 100 %, alors que sous un climat très sec il peut descendre jusqu'à 66 %.

Pour cette région, il semble que le coefficient de réduction soit voisin de 85 %. Ce qui conduit à une évaporation sur grande retenue de 1 700 mm. (En fait le coefficient varie entre 80 % et 90 %).

Cependant il faut considérer que la retenue bénéficiera de la totalité des précipitations, alors qu'avant sa création ces pluies ne participaient que beaucoup plus faiblement à l'alimentation du BANDAMA. Ceci revient à dire que l'évaporation du sol et de la végétation sur terrain naturel est à retrancher des pertes brutes par évaporation après création de la retenue. Nous verrons dans le chapitre 4 que le coefficient d'écoulement en année moyenne sur tout le bassin est de 16,5 % entraînant un déficit de 1 185 mm, si l'on prend 1 420 mm comme pluviométrie moyenne annuelle.

La retenue devant se trouver près de FERKESSEDOUGOU, il est plus logique de considérer les précipitations annuelles moyennes à la station de FERKESSEDOUGOU, qui sont de 1 350 mm. Si nous prenons un coefficient d'écoulement de 15 % dans cette région, la hauteur d'eau récupérée après création de la retenue sera de 1 150 mm, valeur à déduire des 1 700 mm trouvés plus haut.

Les pertes nettes de la retenue par évaporation seront donc de 550 mm et les pertes brutes de 1 700 mm.

Pour l'étude de l'utilisation des réserves d'une retenue, il est intéressant de connaître les pertes mensuelles. Cependant, il est très difficile d'évaluer l'évapotranspiration réelle mensuelle. Celle-ci dépend en effet d'un certain nombre de paramètres, tels que les caractéristiques topographiques et géologiques et la couverture végétale dont l'influence sur l'évapotranspiration est mal connue.

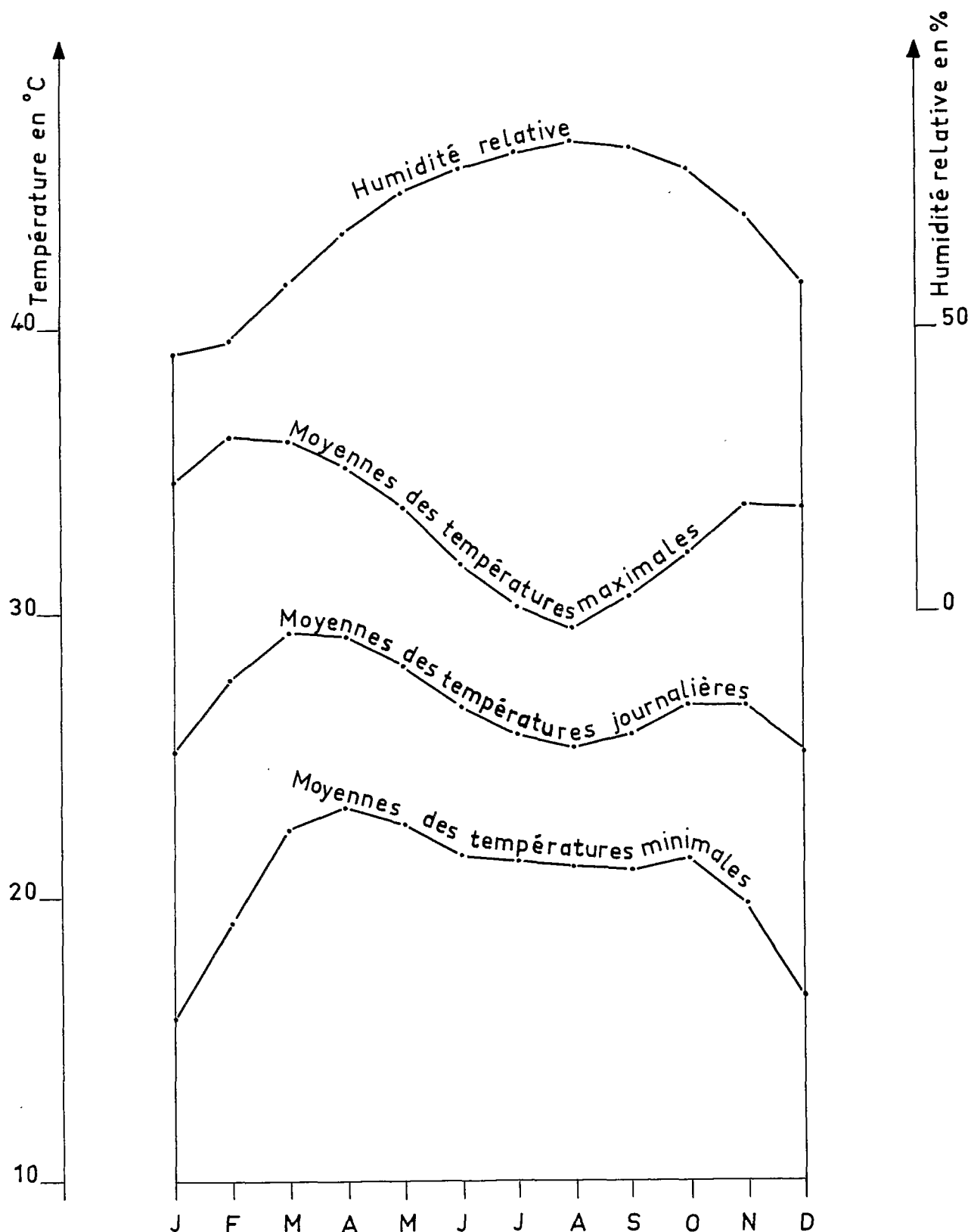
Le tableau 3.4. peut donner une idée des pertes nettes après évaluation approximative de l'évapotranspiration mensuelle.

...

# Station de FERKESSEDOUGOU

Gr\_6

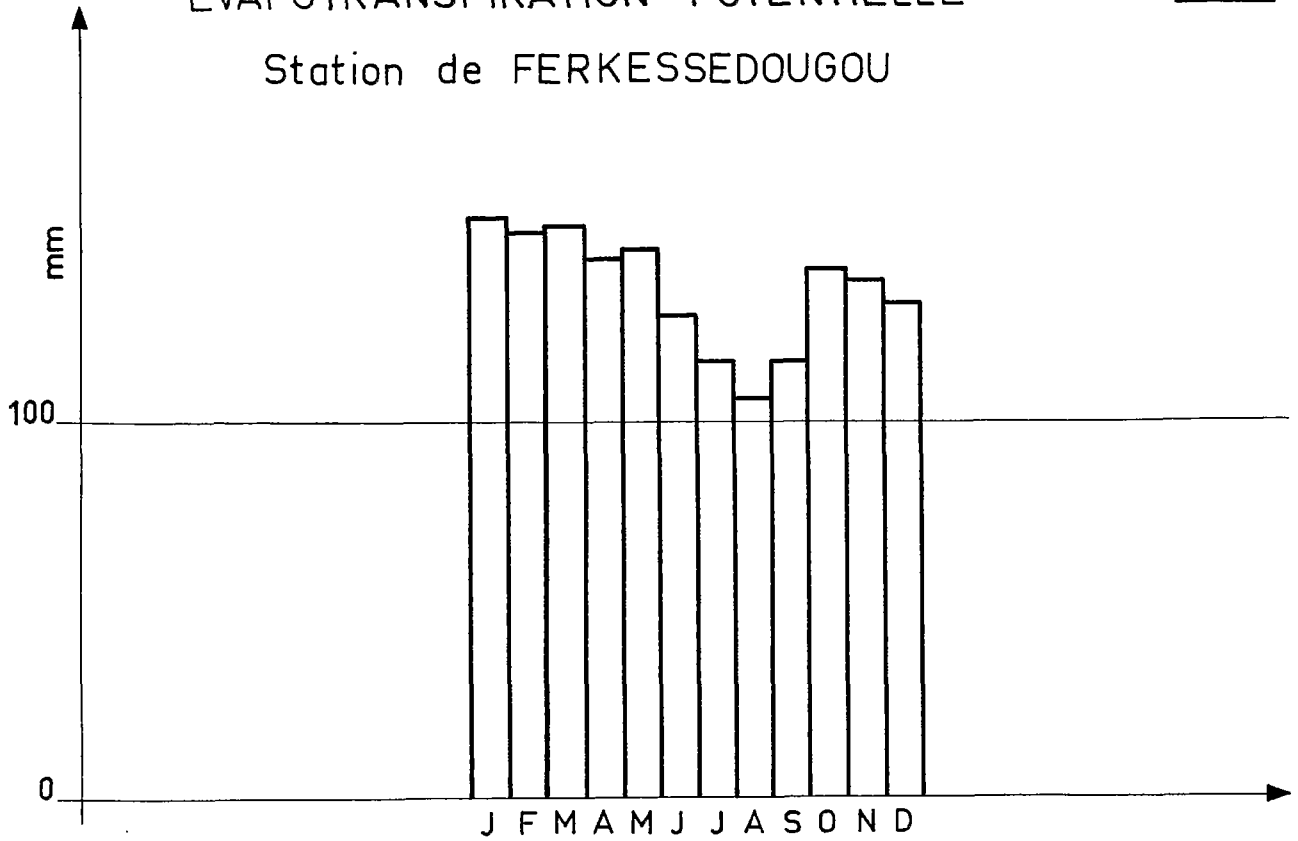
## TEMPÉRATURE et HUMIDITÉ RELATIVE



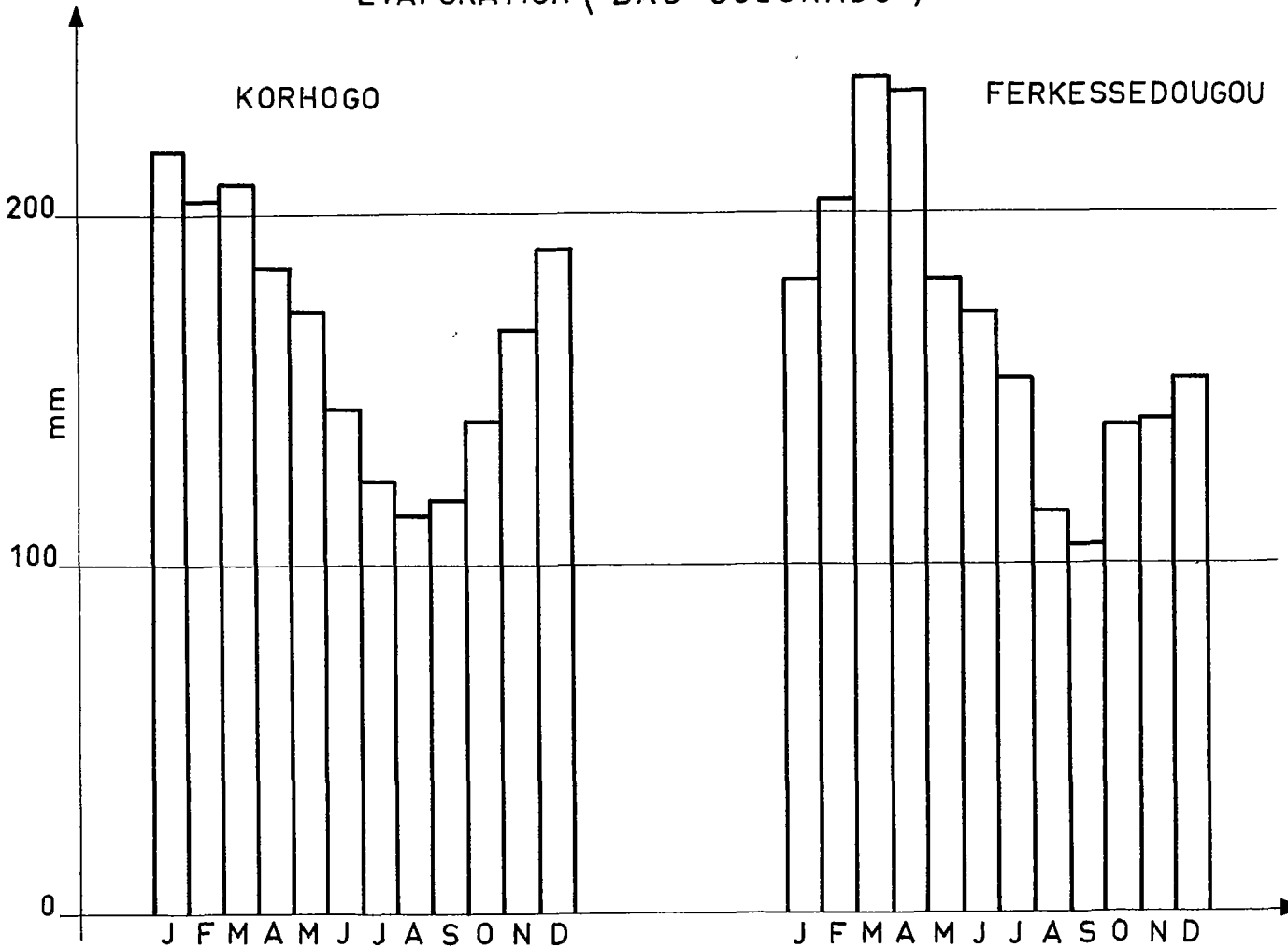
# ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE

Gr\_7

Station de FERKESSEDOUGOU



# ÉVAPORATION ( BAC COLORADO )



TABLEAUX 3.2.

## EVAPORATION MENSUELLE (BAC COLORADO)

STATION DE KORHOGO (mm/jour)

| Années            | J   | F   | M   | A     | M     | J     | J     | A     | S     | O     | N     | D     | Total  |
|-------------------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1963              |     |     |     |       |       |       |       | 4,4   | 5,4   | 5,3   | 6,7   | 6,6   |        |
| 1964              | 6,3 | 8,0 | 7,3 | 5,2   | 4,4   | 4,2   | 3,7   | 3,8   | 3,9   | 4,5   | (5,0) | (5,5) | (1880) |
| 1965              | 5,1 | 5,1 | 6,6 | 6,5   | 6,3   | 4,8   | 3,9   | 5,0   | (4,0) | 4,5   | 5,7   | 7,9   | (1990) |
| 1966              | 7,1 | 8,2 | 6,8 | 5,8   | 5,5   | 5,7   | 5,2   | 4,0   | 3,7   | 5,5   | 5,8   | 5,4   | 2070   |
| 1967              | 8,9 | 7,8 | 5,9 | 5,5   | 4,8   | 4,0   | 3,9   | (2,6) | (3,0) | 3,4   | 5,7   | (5,9) | (1859) |
| 1968              | 6,1 | 7,1 | 6,5 | (5,1) | (5,0) | (4,2) | (4,1) | (2,5) | (3,1) | (3,2) | 4,7   | 6,1   | (1754) |
| 1969              | 7,7 | 7,0 | 6,2 | 6,8   | 6,2   | 5,4   | 3,1   | 3,4   | 3,5   | 3,6   | 5,3   | (5,8) | 1939   |
| 1970              | 6,8 | 7,9 | 8,3 | 7,7   | 6,1   | 5,6   | 4,1   | 3,7   | 4,5   | 6,2   | 5,8   | 5,7   | 2199   |
| 1971              | 8,3 | 6,9 | 7,1 | 6,8   | 6,2   |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Moyenne (mm/j)    | 7,0 | 7,2 | 6,7 | 6,2   | 5,6   | 4,8   | 4,0   | 3,7   | 3,9   | 4,5   | 5,6   | 6,1   | 5,4    |
| Moyenne (mm/mois) | 218 | 204 | 209 | 185   | 172   | 145   | 124   | 114   | 116   | 141   | 167   | 190   | 1985   |

STATION DE PERKESSEDOUGOU (mm/jour)

| Années            | J   | F   | M   | A   | M   | J   | J   | A   | S   | O   | N   | D   | Total  |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| 1957              |     |     |     |     |     |     |     | 2,9 | 2,8 | 3,4 | 5,1 | 5,4 |        |
| 1958              | 5,5 | 7,3 | 7,5 | 7,7 | 4,9 | 5,5 | 4,7 | 4,4 | 4,0 | 4,7 | 4,3 | 4,5 | 1970   |
| 1959              | 6,2 | 7,3 | 7,9 | 8,0 | 6,8 | 6,0 | 5,2 | 3,8 | 3,7 | 5,4 | -   | -   | (1830) |
| Moyenne (mm/j)    | 5,8 | 7,3 | 7,7 | 7,8 | 5,8 | 5,7 | 5,0 | 3,7 | 3,5 | 4,5 | 4,7 | 5,0 | 5,5    |
| Moyenne (mm/mois) | 181 | 204 | 239 | 235 | 181 | 172 | 153 | 115 | 105 | 139 | 141 | 153 | 2018   |

TABLEAUX 3.3.

EVAPORATION MENSUELLE (PICHE)

STATION DE KORHOCO (mm/mois)

| Années            | J     | F     | M     | A     | M     | J    | J    | A    | S    | O    | N    | D     | Total  |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| 1966              | 264,8 | 252,1 | 234,0 | 125,0 | 101,0 | 72,2 | 85,0 | 56,2 | 58,5 | 62,2 | 91,8 | 146,1 | 1555   |
| 1967              | 342,2 | 223,4 | 186,1 | 127,3 | 71,4  | 75,3 | 66,1 | 34,3 | 38,7 | 55,2 | 89,4 | 150,4 | 1460   |
| 1968              | 198,8 | 160,0 | 159,1 | 99,4  | 103,2 | 68,2 | 62,9 | 55,3 | 52,9 | 62,4 | 88,1 | 130,5 | 1241   |
| 1969              | 225,6 | 201,1 | 153,4 | 147,1 | 113,1 | 81,2 | 54,8 | 54,9 | 50,5 | 53,3 | 92,9 | -     | (1376) |
| 1970              | 211,0 | 194,9 | 183,8 | 155,6 | 109,3 | 74,6 | 63,0 | 60,9 | 51,8 | 86,6 | 99,9 | 166,2 | 1458   |
| 1971              | 295,9 | 197,1 | 174,6 | 146,6 | 109,2 |      |      |      |      |      |      |       |        |
| Moyenne (mm/mois) | 256,4 | 205,6 | 181,8 | 133,5 | 101,2 | 74,3 | 60,4 | 52,3 | 50,5 | 63,9 | 92,6 | 148,3 | 1421   |
| Moyenne (mm/j)    | 8,3   | 7,3   | 5,9   | 4,5   | 3,3   | 2,5  | 1,9  | 1,7  | 1,7  | 2,1  | 3,1  | 4,8   | 3,9    |

STATION DE FERKESSEDOUGOU (Moyennes mensuelles sur la période 1950 et 1952-1970)

|                   | J     | F     | M     | A    | M    | J    | J    | A    | S    | O    | N    | D     | Total |
|-------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Moyenne (mm/mois) | 152,8 | 148,3 | 141,5 | 98,5 | 78,9 | 55,2 | 46,8 | 41,1 | 39,6 | 56,4 | 76,2 | 113,5 | 1 049 |
| Moyenne (mm/j)    | 4,9   | 5,3   | 4,6   | 3,3  | 2,5  | 1,8  | 1,5  | 1,3  | 1,3  | 1,8  | 2,5  | 3,7   | 2,9   |

TABLEAU 3.4.

PERTES MENSUELLES PAR EVAPORATION

|                                      | J   | F   | M   | A   | M   | J   | J   | A  | S   | O   | N   | D   | Année |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Evaporation brute de la retenue (mm) | 170 | 175 | 190 | 180 | 150 | 135 | 120 | 95 | 100 | 115 | 125 | 145 | 1 700 |
| Evapo-transpiration (mm)             | 90  | 55  | 65  | 90  | 110 | 115 | 110 | 95 | 100 | 110 | 110 | 100 | 1 150 |
| Pertes nettes (mm)                   | 80  | 120 | 125 | 90  | 40  | 20  | 10  | 0  | 0   | 5   | 15  | 45  | 550   |

Nota : Sur le graphique 7, en plus de l'évaporation sur bac "Colorado" aux stations de FERKESSEDOUGOU et KORHOGO, sont portées les valeurs mensuelles de l'évapotranspiration potentielle calculée d'après la formule de TURC par M. ELDIN (Bioclimatologie - O.R.S.T.O.M.).



CHAPITRE 4OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES

La station a été mise en place par le Service Hydrologique de l'O.R.S.T.O.M. le 23 juin 1958. Elle se trouve à 20 mètres en amont du pont-route de FERKESSEDOUGOU et comprend 12 éléments d'échelle de 1 mètre (- 1 m à 0, 0 à 11 m).

L'étalonnage est assez satisfaisant puisqu'il comporte 67 jaugeages compris entre les débits  $0,018 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $886 \text{ m}^3/\text{s}$ . Le graphique 8 donne une représentation de la courbe de tarage. La bosse de la courbe de tarage pour  $2 \text{ m} < h < 3 \text{ m}$  est normale pour cette région ; c'est l'effet des berges boisées.

Le tableau 4.1. donne la valeur des débits moyens mensuels et annuels pour toutes les années d'études (1960-1970) ainsi que la valeur du débit moyen interannuel pour chaque mois et le module interannuel (dernière ligne).

Le tableau 4.2. donne les différentes caractéristiques hydrologiques de la station avec les notations suivantes :

- $P_m$  : Pluviométrie annuelle en mm
- M : Module annuel ou débit moyen annuel en  $\text{m}^3/\text{s}$
- E : Lame écoulée au cours de l'année en mm
- $D = P - E$  : Déficit d'écoulement en mm
- $C_e$  : Coefficient d'écoulement en %
- Date : Date de la crue maximum
- $H_x$  : Hauteur de la crue maximum en m
- $Q_x$  : Débit de la crue maximum en  $\text{m}^3/\text{s}$
- $Q_e$  : Débit d'étiage.

Pour les 11 années d'études la moyenne de ces caractéristiques est donnée dans le tableau suivant :

|                        |            |                       |                                 |   |
|------------------------|------------|-----------------------|---------------------------------|---|
| : Pluviométrie         | : 1 420 mm | :: Module interannuel | : 52,2 $\text{m}^3/\text{s}$    | : |
| : Ecoulement           | : 235 mm   | :: Module spécifique  | : 7,5 $\text{l/s.km}^2$         | : |
| : Déficit d'écoulement | : 1 185 mm | :: Volume écoulé      | : $1,65 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ | : |
| : Coefficient d'écoul. | : 16,5 %   | ::                    | :                               | : |

En année moyenne la valeur de la lame écoulée est de 235 mm. Si nous supposons que ces valeurs suivent une loi normale, la distribution est entièrement caractérisée par la moyenne :  $E = 235 \text{ mm}$ , et l'écart-type  $\sigma = 83,5 \text{ mm}$ . Ceci donne un coefficient de variation de :  $C_v = 0,36$ . Une valeur aussi élevée de ce coefficient s'explique par le petit nombre d'années dont nous disposons. On note en effet deux années relativement exceptionnelles : 1961 (sèche) et 1964 (humide).

L'écart-type à la moyenne vraie peut être estimé par le rapport :

$$\frac{s}{H}/\sqrt{N}, \text{ soit } 25,2 \text{ mm.}$$

La moyenne vraie sera donc comprise entre 194 mm et 276 mm, avec un intervalle de confiance à 90 %.

Nous aurons donc comme module pour le même intervalle de confiance :

$$43,1 \text{ m}^3/\text{s} \leq \text{module} \leq 61,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

En admettant que la lame écoulée est distribuée suivant une loi gaussienne, les valeurs de fréquence décennale seront respectivement de 128 mm pour l'année décennale sèche et 342 mm pour l'année décennale humide, soit  $28,4 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $75,9 \text{ m}^3/\text{s}$  pour le module.

Si l'on considère que la répartition statistique des valeurs de la lame écoulée suit une loi de PEARSON III, les paramètres caractérisant cette distribution auront pour valeur :

- Moyenne = 235 mm,
- $\gamma$  = 9,49,
- $1/a$  = 24,8.

Les valeurs de fréquence décennale seront dans ce cas :

- Année décennale humide : 337 mm  $\rightarrow$   $74,8 \text{ m}^3/\text{s}$
- Année décennale sèche : 144 mm  $\rightarrow$   $32,0 \text{ m}^3/\text{s}$
- Année médiane : 227 mm  $\rightarrow$   $50,4 \text{ m}^3/\text{s}$

Si cette loi semble assez représentative en ce qui concerne les forts débits, il apparaît graphiquement qu'elle suit très mal la répartition statistique des faibles débits.

Par prudence, compte tenu du caractère modeste de l'échantillon statistique et des deux valeurs extrêmes des années 1964 et 1961, nous admettrons qu'en années décennales les lames écoulées sont d'environ 100 mm et 370 mm, et correspondent à des modules de  $24,4 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $82 \text{ m}^3/\text{s}$  et à des volumes annuels de 0,77 milliard de  $\text{m}^3$  et 2,6 milliards de  $\text{m}^3$ .

---:---:---:---:---

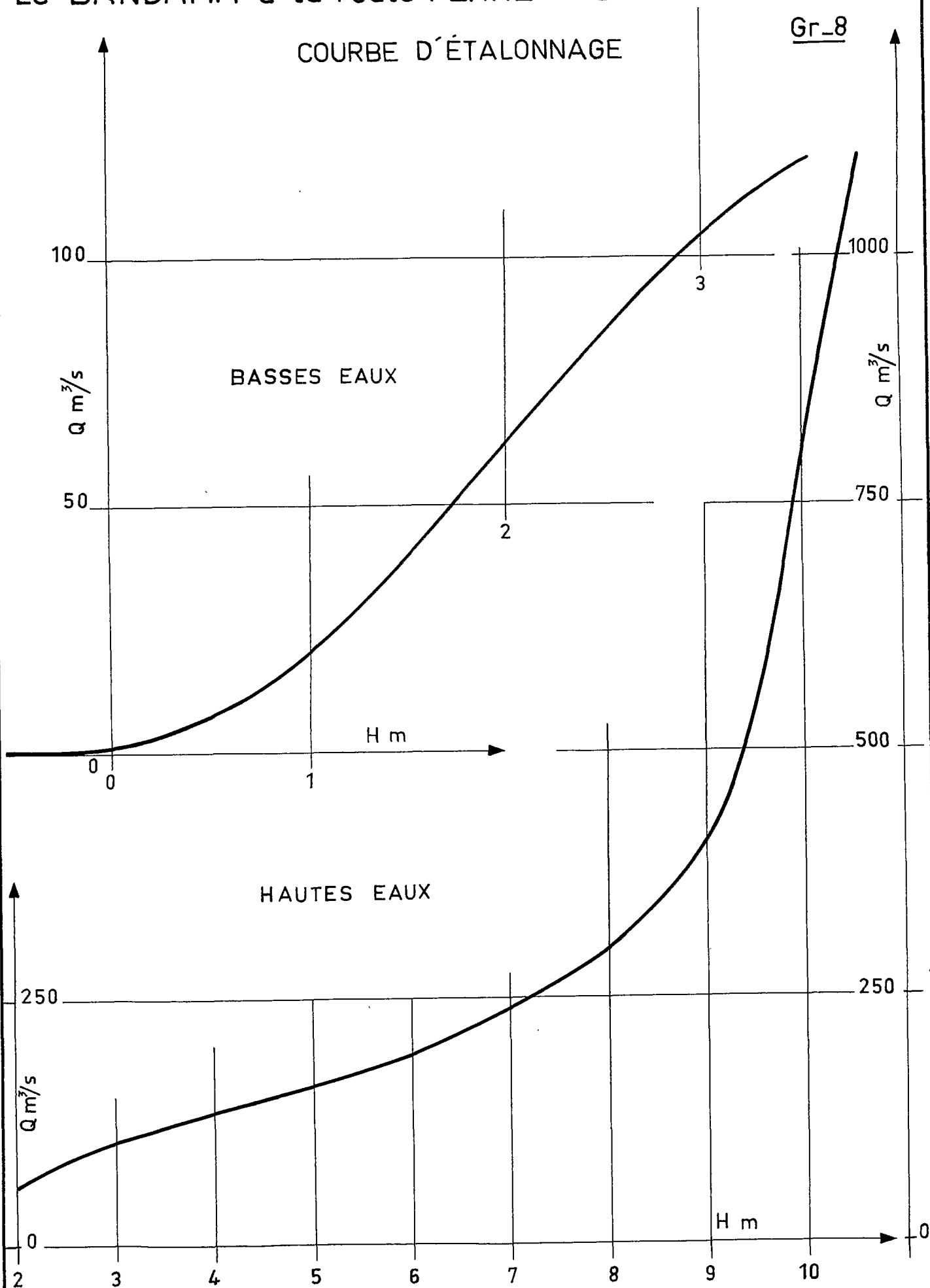
En conclusion, le débit moyen annuel du BANDAMA à FERKESSEDOUGOU peut être estimé à  $52,2 \text{ m}^3/\text{s}$  avec 90 chances sur 100 de se trouver dans la fourchette  $52,2 \pm 9,1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

De plus, 85 % du volume total passent au cours de la pleine saison des pluies, c'est-à-dire de juillet à octobre, et 90 % au cours des mois de juillet à novembre inclus.

# Le BANDAMA à la route FERKESSEDOUGOU-KORHOGO

COURBE D'ÉTALONNAGE

Gr-8



TABEAU 4.1.

DEBITS MOYENS MENSUELS ET ANNUELS EN  $l^3/s$

| Années | J    | F    | M    | A    | M    | J      | J    | A     | S   | O    | N    | D    | Moyenne<br>annuelle |
|--------|------|------|------|------|------|--------|------|-------|-----|------|------|------|---------------------|
| 1960   | 8,62 | 7,41 | 6,20 | 4,97 | 3,74 | 1,86   | 29,0 | 71,2  | 275 | 186  | 42,7 | 15,0 | 54,3                |
| 1961   | 6,29 | 3,13 | 1,14 | 0,13 | 0,40 | 3,94   | 7,29 | 30,1  | 128 | 52,1 | 13,4 | 3,6  | 20,8                |
| 1962   | 1,26 | 0,60 | 0,12 | 1,13 | 0,93 | 1,27   | 7,05 | 50,5  | 196 | 129  | 45,8 | 14,0 | 37,3                |
| 1963   | 5,63 | 2,90 | 1,70 | 5,72 | 15,3 | 21,4   | 28,3 | 133   | 286 | 142  | 49,4 | 15,5 | 58,7                |
| 1964   | 6,40 | 3,27 | 1,33 | 0,60 | 4,53 | 5,78   | 9,74 | 24,2  | 486 | 204  | 66,5 | 42,6 | 89,4                |
| 1965   | 18,3 | 8,30 | 4,76 | 3,22 | 3,49 | 9,79   | 55,9 | 190   | 227 | 195  | 48,9 | 17,0 | 65,1                |
| 1966   | 8,50 | 4,66 | 2,34 | 1,72 | 3,08 | 1,78   | 4,06 | 64,7  | 149 | 149  | 48,4 | 14,3 | 37,6                |
| 1967   | 7,15 | 3,83 | 2,00 | 1,00 | 2,38 | 3,44   | 13,0 | 109   | 241 | 127  | 33,4 | 92,3 | 46,0                |
| 1968   | 4,68 | 2,76 | 1,81 | 3,87 | 3,84 | 9,65   | 23,8 | 91,4  | 137 | 122  | 73,6 | 11,1 | 41,7                |
| 1969   | 4,83 | 2,43 | 1,53 | 1,12 | 1,66 | (3,80) | (40) | (127) | 207 | 167  | 122  | 28,5 | 59,1                |
| 1970   | 11,1 | 4,97 | 2,14 | 1,89 | 2,53 | 2,74   | 10,0 | 238   | 344 | 118  | 27,9 | 10,7 | 64,7                |

MODULES INTERANNUELS MENSUELS ET ANNUEL EN  $m^3/s$

|  |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|
|  | 7,52 | 4,01 | 2,28 | 2,31 | 3,81 | 5,95 | 21,2 | 122 | 243 | 145 | 52,0 | 23,9 | 52,3 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|

TABLEAU 4.2.

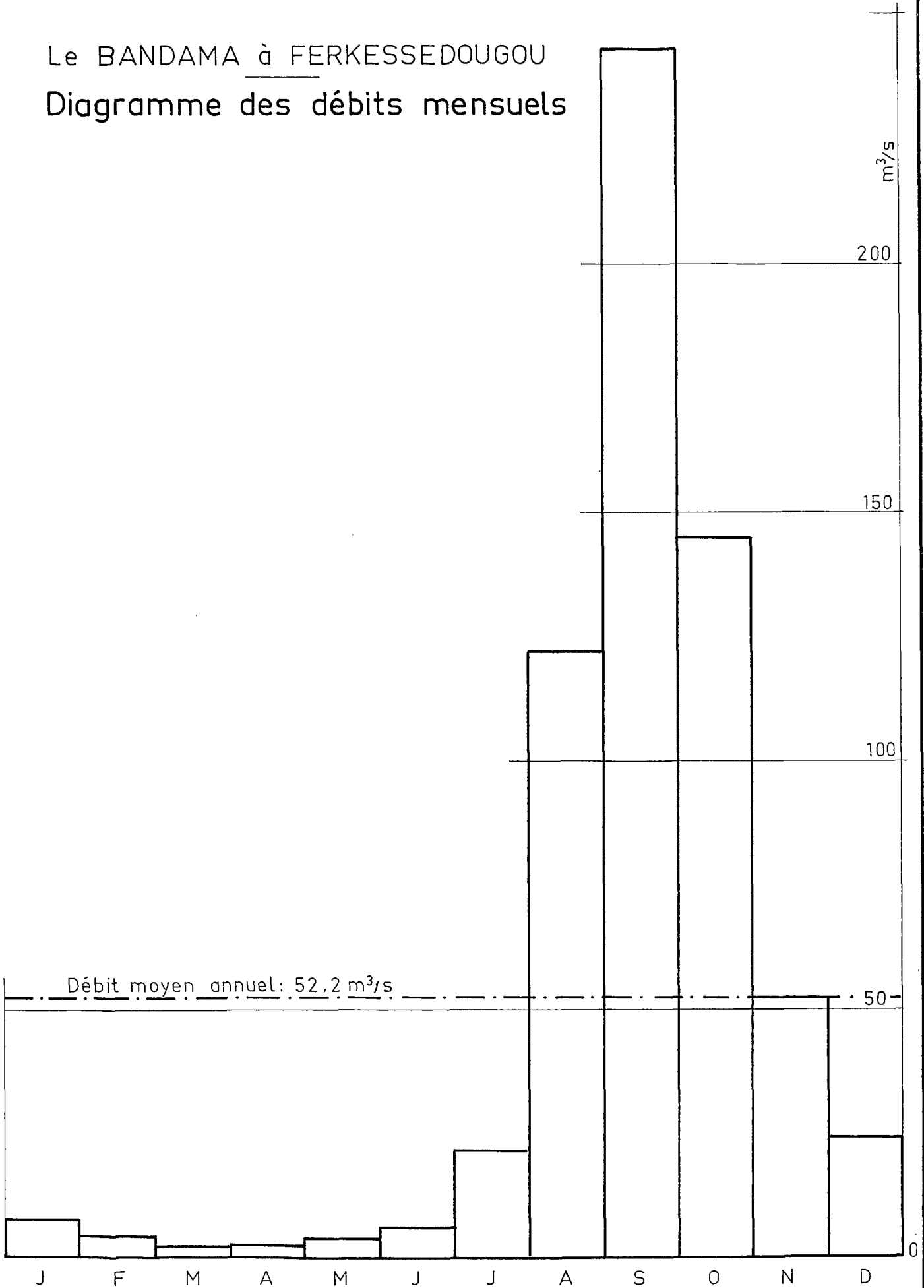
CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES

| Année | P    | M                 | E   | D = P-E | C <sub>e</sub> | Date | H <sub>x</sub> | Q <sub>x</sub>    | Q <sub>e</sub>    |
|-------|------|-------------------|-----|---------|----------------|------|----------------|-------------------|-------------------|
|       | mm   | m <sup>3</sup> /s | mm  | mm      | %              |      | m              | m <sup>3</sup> /s | m <sup>3</sup> /s |
| 1959  |      |                   |     |         |                | 24/9 | 8,97           | (403)             |                   |
| 1960  | 1566 | 54,3              | 245 | 1321    | 15,6           | 2/10 | 8,90           | (382)             |                   |
| 1961  | 982  | 20,8              | 94  | 888     | 9,6            | 16/9 | 4,52           | 146               | 0,028             |
| 1962  | 1434 | 37,3              | 168 | 1266    | 11,7           | 24/9 | 6,50           | 214               | 0,005             |
| 1963  | 1496 | 58,7              | 264 | 1232    | 17,6           | 15/9 | 8,35           | 333               | 0,844             |
| 1964  | 1545 | 89,4              | 403 | 1142    | 26,1           | 19/9 | 10,18          | 886               | 1,00              |
| 1965  | 1510 | 65,1              | 293 | 1217    | 19,4           | 30/9 | 7,95           | 299               | 2,16              |
| 1966  | 1470 | 37,6              | 169 | 1301    | 11,5           | 4/9  | 6,08           | 195               | 1,41              |
| 1967  | 1389 | 46,0              | 207 | 1182    | 14,9           | 19/9 | 7,31           | 264               | 0,452             |
| 1968  | 1223 | 41,7              | 188 | 1035    | 15,4           | 27/9 | 4,60           | 148               | 1,41              |
| 1969  | 1504 | 59,1              | 266 | 1238    | 17,7           | 11/9 | 7,01           | 241               | 1,00              |
| 1970  | 1499 | 64,7              | 291 | 1208    | 19,4           | 2/9  | 9,12           | 430               | 1,00              |

Le graphique 9 donne le diagramme de distribution des débits mensuels.

|                          | : lame écoulée : | Module :          | Volume :                       |
|--------------------------|------------------|-------------------|--------------------------------|
|                          | mm               | m <sup>3</sup> /s | 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> |
| : Année moyenne          | : 235            | : 52,2            | : 1,65                         |
| : Année décennale sèche  | : 100            | : 24,4            | : 0,77                         |
| : Année décennale humide | : 370            | : 82              | : 2,6                          |

# Le BANDAMA à FERKESSEDOUGOU Diagramme des débits mensuels



## CHAPITRE 5

### ESTIMATION DE LA CRUE DECENNALE

#### 5.1. - DEBIT DES CRUES MAXIMALES

Nous ne disposons que de 12 années d'observations directes pour évaluer le débit des crues exceptionnelles et, plus particulièrement, de la crue décennale.

Le tableau 5.1. donne la valeur du débit maximum de la crue annuelle ainsi que la date à laquelle il est survenu. Ces débits sont classés par ordre décroissant ; en face de chaque valeur figure la fréquence expérimentale de dépassement  $n/(N+1)$ , où  $n$  est le numéro d'ordre et  $N$  le nombre total d'observations, soit  $N = 12$ .

Sur le graphique 10 sont portés en coordonnées gaussio-logarithmiques les débits maximaux en fonction de leur fréquence de dépassement. Nous avons ensuite ajusté une courbe expérimentale de fréquence à ces différents points. En extrapolant cette dernière par une droite, il est possible d'évaluer les débits maximaux de fréquence rare. Les résultats de cette opération graphique sont les suivants :

|                       |   |                         |
|-----------------------|---|-------------------------|
| - Crue médiane        | : | 285 m <sup>3</sup> /s   |
| - Crue décennale      | : | 605 m <sup>3</sup> /s   |
| - Crue duodécennale   | : | 750 m <sup>3</sup> /s   |
| - Crue cinquantenaire | : | 960 m <sup>3</sup> /s   |
| - Crue centenaire     | : | 1 130 m <sup>3</sup> /s |

Le maximum observé est, rappelons-le : 886 m<sup>3</sup>/s ; ce débit a fait l'objet d'un jaugeage, il est donc sûr.

Nous avons cherché ensuite à représenter cette distribution par une loi statistique connue. L'ajustement le plus représentatif pour les régimes tropicaux peut se faire, d'après Monsieur ROCHE, par l'une des trois lois suivantes :

- la loi de GIBRAT-GAUSS ou GALTON, de la forme :

$$F = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad \text{avec } u = a \log(q - q_0) + b$$

- la loi de GOODRICH, de la forme :

$$F = e^{-A(q - \infty)^{1/n}}$$

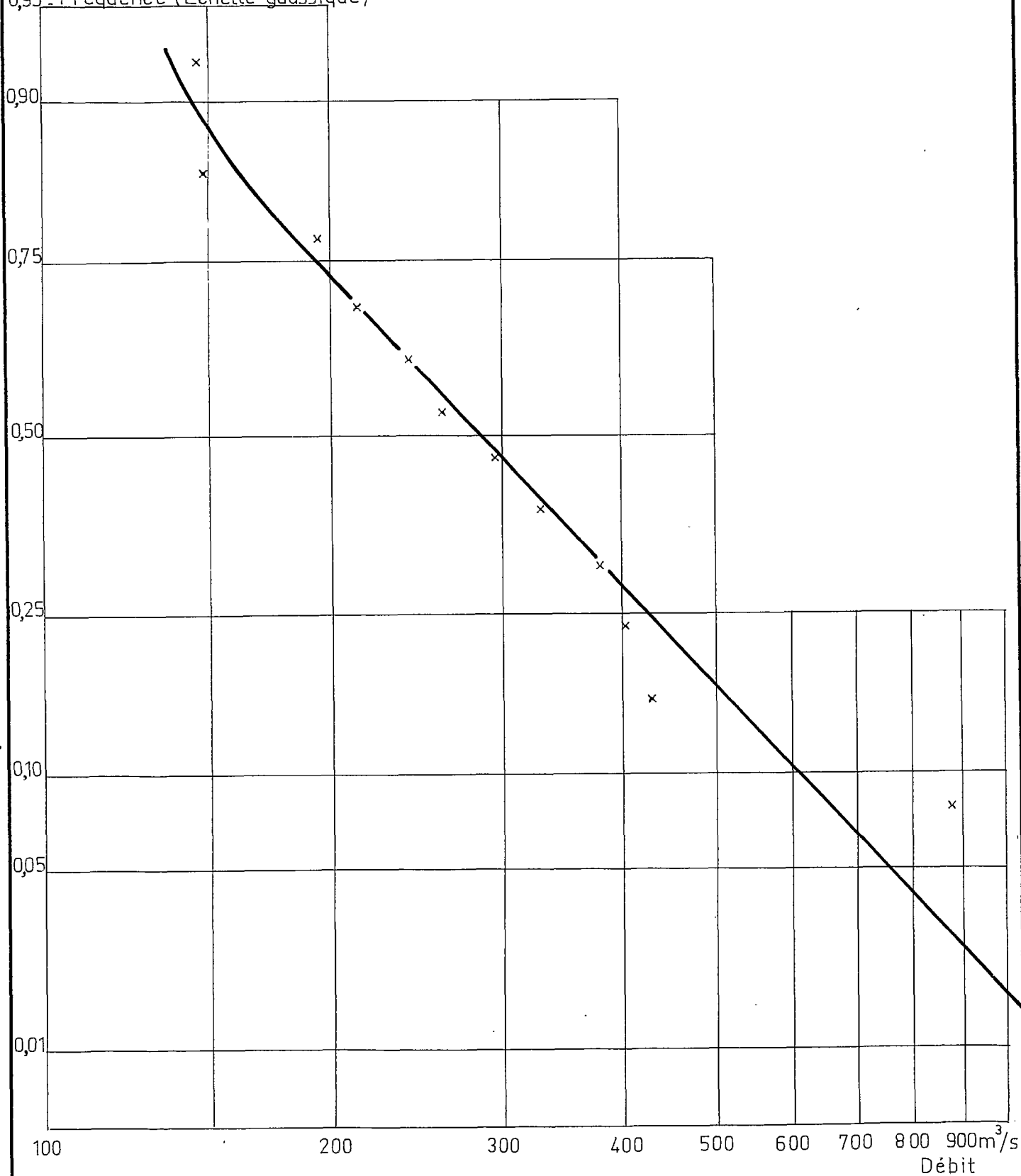
- la loi de PEARSON III, de la forme :

$$F = \frac{1}{\Gamma(r)} \int_0^q (aq)^{r-1} e^{-aq} d(aq)$$



Le BANDAMA à FERKESSEDOUGOU  
Fréquences des débits maximaux

0,95 - Fréquence (Échelle gaussique)



Il est évident qu'avec le faible échantillon que nous possédons la représentation mathématique de cette distribution est un peu hasardeuse. Cependant il apparaît, tous calculs faits, que de ces trois lois c'est la loi de GOODRICH qui suit de plus près la distribution statistique de ces quelques points expérimentaux.

Dans le cas d'une telle distribution les paramètres de cette loi ont pour valeur :

$$A = 7,322 \cdot 10^{-3} ; \alpha = 140 ; n = 1,06.$$

Cette loi peut donc s'écrire :  $F_1(q) = e^{-7,322 \cdot 10^{-3}(q-140)^{1/1,06}}$

ou  $F_1(q)$  est la probabilité de dépassement de la valeur  $q$

Les résultats obtenus sont les suivants :

|                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| - Crue médiane        | : 274 m <sup>3</sup> /s   |
| - Crue décennale      | : 590 m <sup>3</sup> /s   |
| - Crue duodécennale   | : 718 m <sup>3</sup> /s   |
| - Crue cinquantenaire | : 900 m <sup>3</sup> /s   |
| - Crue centenaire     | : 1 030 m <sup>3</sup> /s |

D'après cette loi, le débit record observé en 1964 (886 m<sup>3</sup>/s) aurait une période de retour de 40 ans.

Ces valeurs sont assez proches de celles déterminées graphiquement, lesquelles correspondent à une distribution de GALTON.

En fait, on s'aperçoit en traçant les hydrogrammes des crues (cf. graphique 11) que, en raison des relevés manquant en septembre et octobre, le débit maximal est certainement plus élevé en 1959 et 1960 que ceux indiqués sur le tableau 5-1.

On peut estimer que le débit a atteint : 450 m<sup>3</sup>/s en 1959 et 400 m<sup>3</sup>/s en 1960.

Si l'on applique la loi de GOODRICH à cette nouvelle distribution, les nouveaux paramètres auront pour valeur :  $A = 4,943 \cdot 10^{-3}$ ,

$$d = 132 \text{ et } n = 1,0$$

d'où les valeurs nouvelles du débit pour les diverses fréquences :

|                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| - Crue médiane        | : 272 m <sup>3</sup> /s   |
| - Crue décennale      | : 598 m <sup>3</sup> /s   |
| - Crue duodécennale   | : 738 m <sup>3</sup> /s   |
| - Crue cinquantenaire | : 923 m <sup>3</sup> /s   |
| - Crue centenaire     | : 1 064 m <sup>3</sup> /s |

Ces valeurs, bien que légèrement supérieures, sont très proches des précédentes.

TABLEAU 5.1.

DEBITS MAXIMAUX DES CRUES ANNUELLES

| n  | DATE |      |       | DEBIT<br>m <sup>3</sup> /s | FREQUENCE |
|----|------|------|-------|----------------------------|-----------|
|    | Jour | Mois | Année |                            |           |
| 1  | 19   | 9    | 1964  | 886                        | 0,077     |
| 2  | 2    | 9    | 1970  | 430                        | 0,154     |
| 3  | 24   | 9    | 1959  | (403)                      | 0,231     |
| 4  | 2    | 10   | 1960  | (382)                      | 0,308     |
| 5  | 15   | 9    | 1963  | 333                        | 0,385     |
| 6  | 30   | 9    | 1965  | 299                        | 0,462     |
| 7  | 11   | 9    | 1967  | 264                        | 0,539     |
| 8  | 24   | 9    | 1969  | 241                        | 0,615     |
| 9  | 4    | 9    | 1962  | 214                        | 0,692     |
| 10 | 19   | 9    | 1966  | 195                        | 0,769     |
| 11 | 27   | 9    | 1968  | 148                        | 0,846     |
| 12 | 16   | 9    | 1961  | 146                        | 0,923     |

## 5.2. FORME DE L'HYDROGRAMME DES CRUES MAXIMALES

En nous reportant au graphique 11, il apparaît, sur les hydrogrammes des cinq plus fortes crues (1959 - 60 - 63 - 64 et 70), que la montée commence, en général, début août ou fin juillet, excepté pour la crue de 1959 qui ne débute que le 20 août. Cette montée se prolonge durant un mois ou un mois et demi, puis vient ensuite la décrue souvent beaucoup plus rapide.

Les pointes des 12 crues ont toutes été observées en septembre, sauf pour celle de 1960 qui s'est produite début octobre.

L'hydrogramme de la crue record observée (1964) présente une forme particulière. La montée est similaire à celle de la crue de 1970 ( $n = 2$ ), jusqu'à un premier maximum de  $460 \text{ m}^3/\text{s}$ , ensuite s'amorce une légère décrue interrompue par une brusque montée des eaux au cours de laquelle le débit passe de  $430 \text{ m}^3/\text{s}$  à  $886 \text{ m}^3/\text{s}$  en 3 jours. La décrue est ensuite extrêmement rapide.

Une étude détaillée de la pluviométrie journalière ponctuelle et moyenne sur le bassin n'a pas permis d'expliquer, de façon tout à fait satisfaisante, cette pointe exceptionnelle. Le régime pluviométrique des deux années 1964 et 1970 sont sensiblement les mêmes à partir du mois de mai. Seule une différence de régime peut être observée au cours de la première quinzaine de septembre où il est tombé en moyenne sur le bassin : 195 mm en 1964 et seulement 135 mm en 1970. Mais cette différence ne justifie pas un tel écart entre les débits.

Il semble que les fortes précipitations des 1er et 13 septembre à TINCRELA (107 mm et 112 mm) et du 7 septembre à OUANGOLODOUGOU (102 mm), soient, en partie, responsables de ce phénomène. Ces averses ont des périodes de retour voisines de 5 ans. En 1970, il a été enregistré le 2 septembre à FERKESSEDOUGOU une hauteur ponctuelle de 128 mm (fréquence 0,1). Mais cette averse était trop isolée et n'intervenait que sur une trop faible partie du bassin (5,8 %) pour avoir une influence sensible sur les débits du BANDAMA.

En fait, cette pointe de crue est due à la rencontre de plusieurs facteurs très favorables au ruissellement qui donne à cette valeur son caractère exceptionnel. Nous sommes, en effet, en présence de phénomènes qui, chacun pris séparément, ne correspondent plus à des situations médianes mais à des situations de fréquence plus faible. La fréquence d'apparition résultant d'un tel concours de phénomènes est donc nettement plus rare. Nous avons vu, au paragraphe précédent, que la fréquence expérimentale d'apparition de ce débit de 1964 est de  $1/40$ . Il est cependant possible que cette valeur soit sous-estimée et plutôt voisine de  $1/30$ .

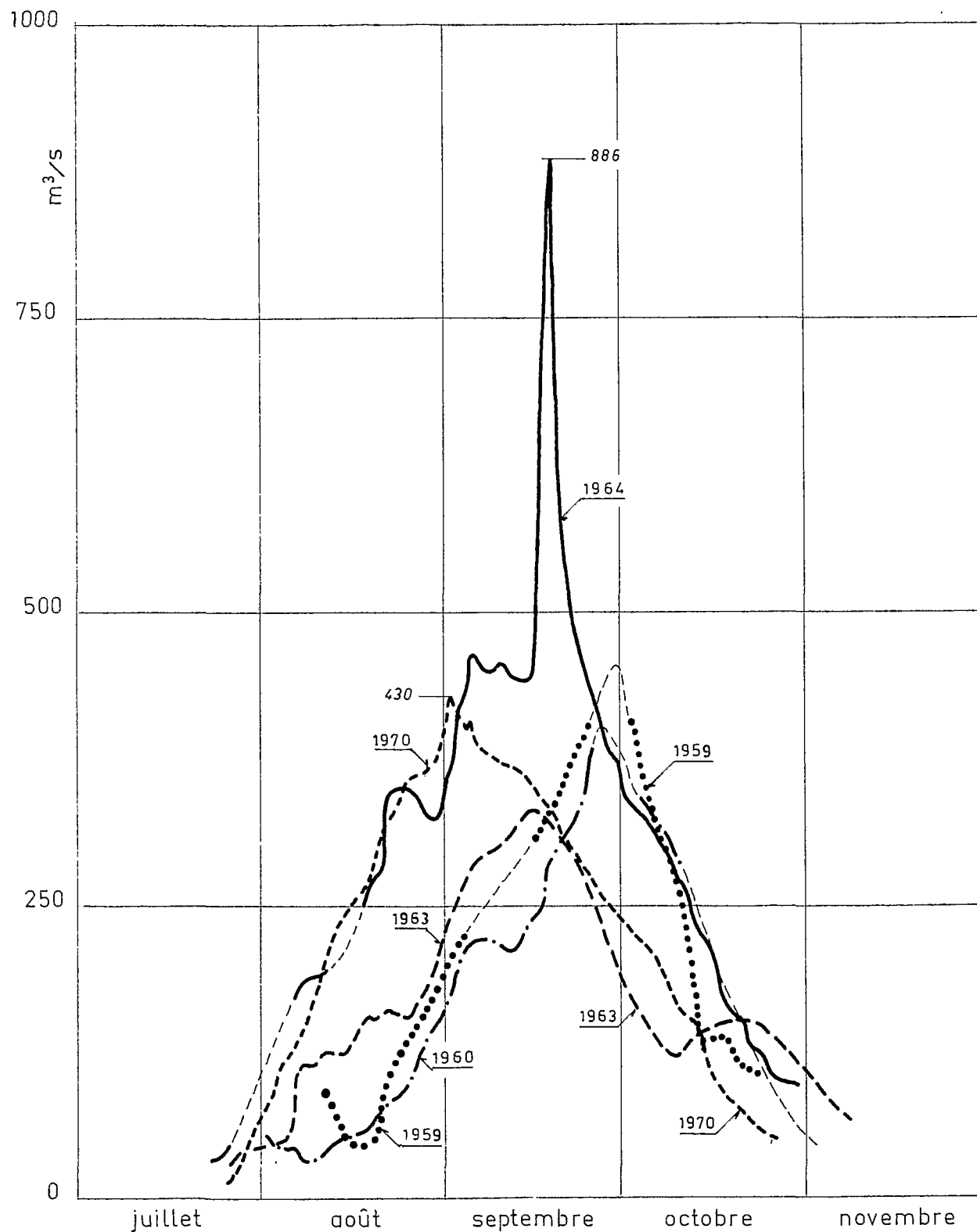
## 5.3. VOLUME DES CRUES MAXIMALES

Nous avons vu que les crues commencent en général au début du mois d'août pour se terminer fin octobre. Nous avons donc choisi arbitrairement la période août - septembre - octobre pour calculer le volume total écoulé.

Le BANDAMA à FERKESSEDOUGOU

Hydrogrammes des crues

1959 \_ 1960 \_ 1963 \_ 1964 \_ 1970



Le tableau 5-2 donne le volume des crues annuelles avec leur fréquence d'apparition. Ces points ont ensuite été reportés sur un graphique gaussien-logarithmique (graphique 12). Puis nous avons ajusté à ces points une loi de GAUSS à variable logarithmique ; les résultats obtenus sont les suivants :

- Volume de crue médiane :  $1,30 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>
- Volume de crue décennale :  $2,14 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>
- Volume de crue duodécennale :  $2,46 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>
- Volume de crue cinquanteaire :  $2,89 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>
- Volume de crue centenaire :  $3,21 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>

TABLEAU 5.2.

VOLUME DES CRUES

| ANNEE | VOLUME<br>$10^9$ m <sup>3</sup> | FREQUENCE<br>n / (N+1) |
|-------|---------------------------------|------------------------|
| 1964  | 2,47                            | 0,077                  |
| 1970  | 1,87                            | 0,154                  |
| 1965  | 1,64                            | 0,231                  |
| 1959  | 1,62                            | 0,308                  |
| 1960  | 1,47                            | 0,385                  |
| 1963  | 1,44                            | 0,462                  |
| 1969  | 1,34                            | 0,539                  |
| 1967  | 1,31                            | 0,615                  |
| 1962  | 0,98                            | 0,692                  |
| 1966  | 0,98                            | 0,769                  |
| 1968  | 0,96                            | 0,846                  |
| 1961  | 0,55                            | 0,923                  |

Une autre méthode consiste à chercher une corrélation entre les débits de pointes et les volumes. Il est apparu tout d'abord plus intéressant de calculer une régression entre les volumes et les logarithmes des débits (cf. graphique 13). Le coefficient de corrélation obtenu est de 0,96, donc très satisfaisant.

Cependant, dans ces cas, nous avons tenu compte des très faibles

crues. Or celles-ci n'ont pas du tout la même forme que les grosses crues. Leur hydrogramme est beaucoup plus aplati. En éliminant les valeurs des volumes inférieures à  $10^9$  m<sup>3</sup>, nous avons trouvé un coefficient de corrélation de 0,95. Cette régression est donc aussi satisfaisante que la précédente et a, de plus, l'avantage d'ignorer les faibles débits (cf. graphique 14).

La droite de régression obtenue est de la forme :

$$\underline{V (10^9 \text{ m}^3) = 1,8 \cdot 10^{-3} Q (\text{m}^3/\text{s}) + 0,92}$$

Il est aussi très tentant de rechercher une corrélation entre les débits maximaux ou les volumes et la pluviométrie. Nous disposons, en effet, d'un échantillon pluviométrique beaucoup plus important qui permettrait de faire une étude statistique plus fine. Malheureusement, aucune corrélation, soit à l'échelle journalière, soit à l'échelle mensuelle, soit à l'échelle annuelle ne s'est avérée assez serrée pour être utilisée.

#### 5.4. - EVALUATION DE LA CRUE DECENNALE

Le tableau suivant récapitule les différentes valeurs des débits et des volumes de crue de fréquence rare ainsi que les débits extrapolés à l'aide du graphique 14.

Débit en m<sup>3</sup>/s - volume en 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> :

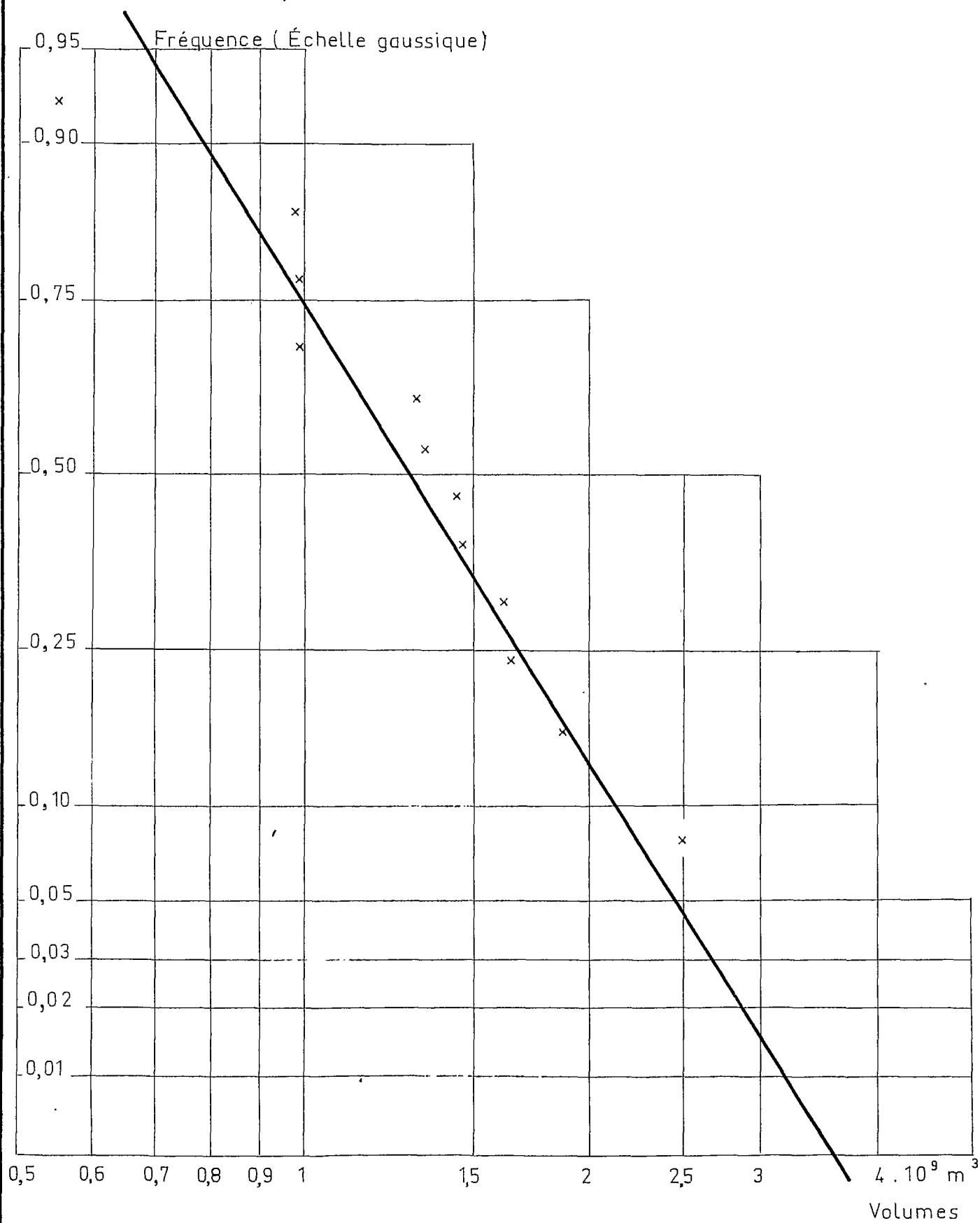
|                          | : Débit      | : Débit      | : Volume | : Débit      |
|--------------------------|--------------|--------------|----------|--------------|
|                          | : Gausso-log | : Goodricht: |          | : extrapolé: |
| : Médiane .....          | : 285        | : 272        | : 1,30   | : (250)      |
| : Décennale humide ..... | : 605        | : 598        | : 2,14   | : 679        |
| : Duodécennale " .....   | : 750        | : 738        | : 2,46   | : 857        |
| : Cinquantenaire " ..... | : 960        | : 923        | : 2,89   | : 1.095      |
| : Centenaire " .....     | : 1.130      | : 1.064      | : 3,21   | : 1.273      |
| : Décennale sèche .....  | : 145        | : 141        | : 0,79   | : (140)      |

De ce tableau nous pouvons déduire la valeur du débit de crue décennale. Ce débit est compris entre 600 m<sup>3</sup>/s (extrapolation à partir des débits), et 680 m<sup>3</sup>/s (extrapolation à partir des volumes).

Cependant, nous avons vu que l'échantillon des débits est très faible et que l'ajustement d'une loi de distribution est loin d'être

Le BANDAMA à FERKESSEDOUGOU

## Fréquences des volumes de crue

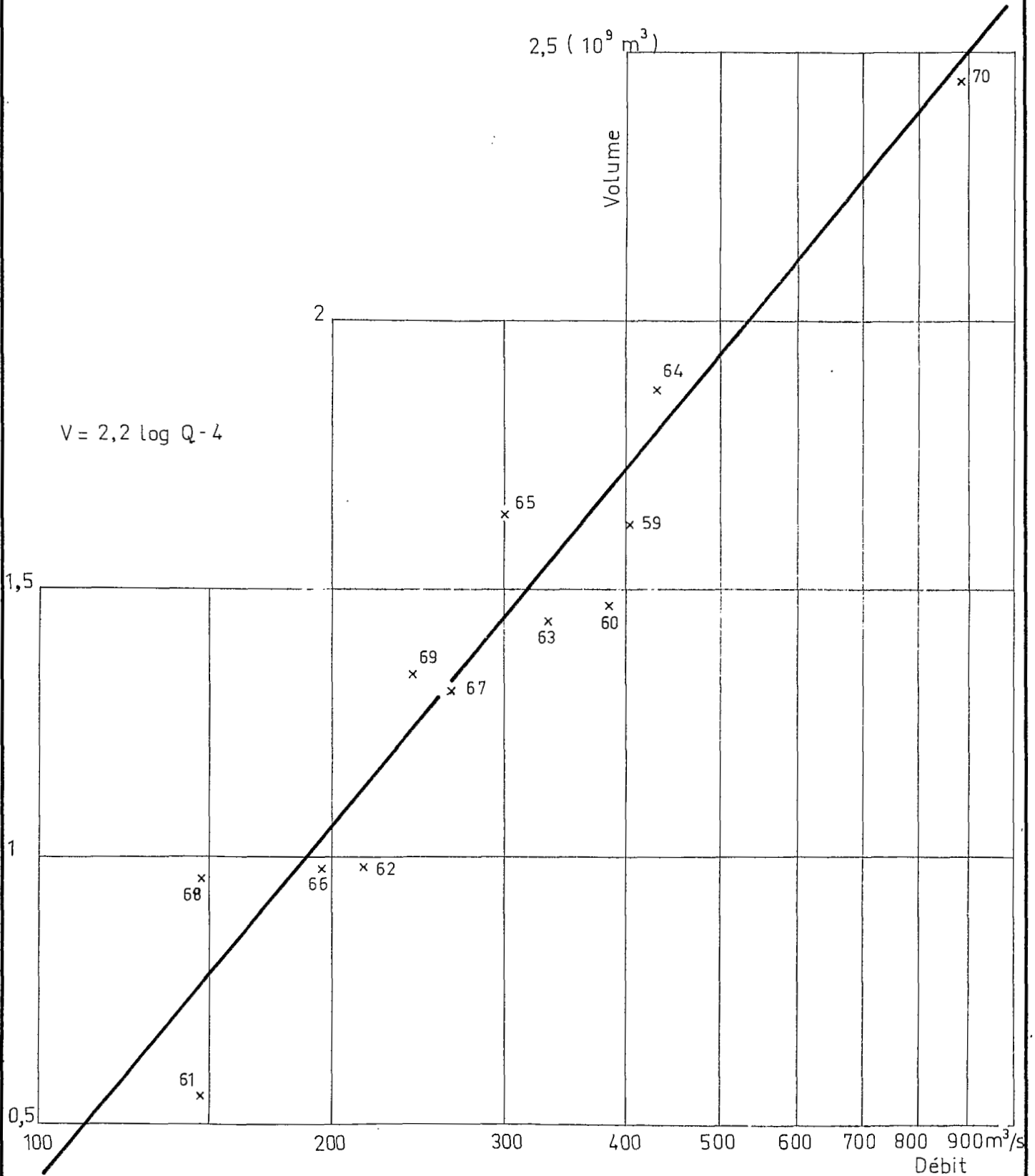




Le BANDAMA à FERKESSEDOUGOU

Corrélation Volume - débit

V = f (log Q)

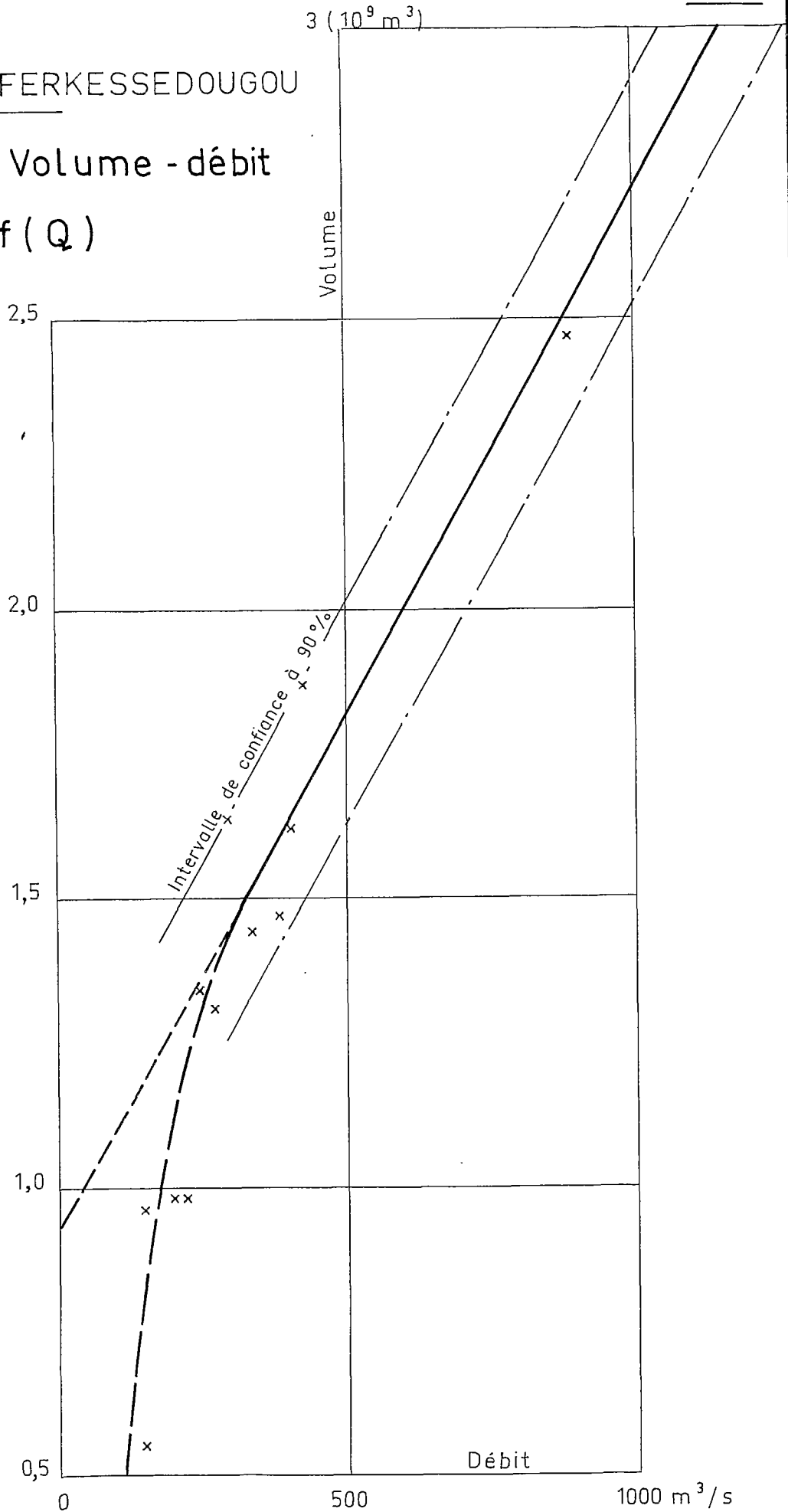


Le BANDAMA à FERKESSEDOUGOU

Corrélation Volume - débit

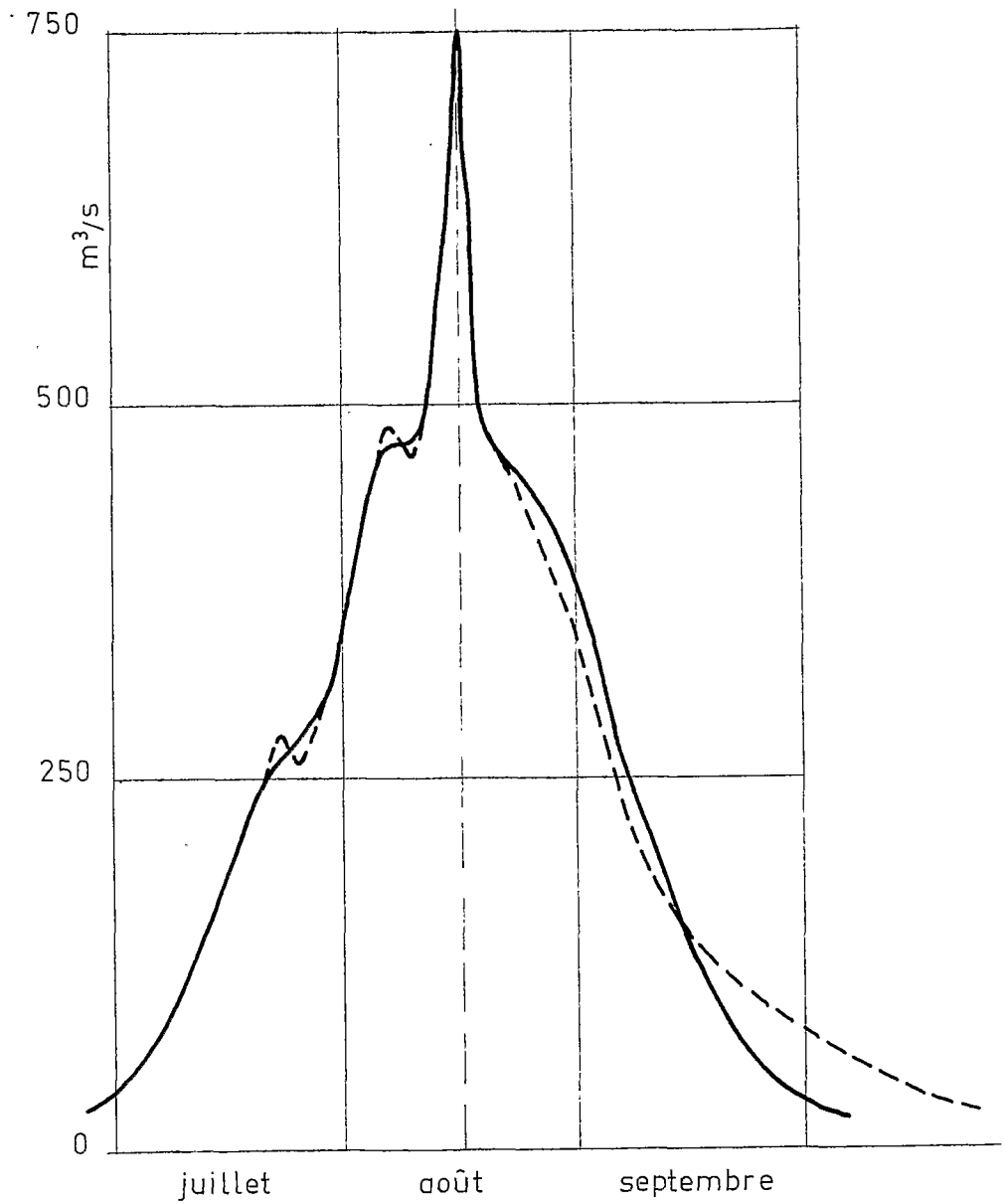
$V = f(Q)$

$V = 1,8 \cdot 10^3 Q + 0,92$



Le BANDAMA à FERKESSEDOUGOU

Crue décennale



satisfaisant. Ceci ne peut que nous inciter à une grande prudence dans l'estimation du débit de crue décennale. Il est vraisemblable que celui-ci doit être voisin de 650 m<sup>3</sup>/s ; mais il est plus prudent de retenir comme valeur de ce débit dans le cas d'un projet : 700 m<sup>3</sup>/s .

Nous avons vu que le volume d'une telle crue passant entre le 1er juillet et le 31 octobre est de :

2,14. 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>. Nous retiendrons comme valeur : 2,20. 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>.

Les caractéristiques de la crue décennale seront donc :

|                       |                                     |
|-----------------------|-------------------------------------|
| Debit maximal         | : 700 m <sup>3</sup> /s             |
| Debit spécifique      | : 100 l/s . Km <sup>2</sup>         |
| Volume (1-7 au 31-10) | : 2,2 milliards de m <sup>3</sup> . |

Le graphique 15 donne une représentation vraisemblable de la crue décennale. La montée commence au début juillet. Elle se poursuit jusqu'au 10 août environ, période au cours de laquelle on peut observer quelques petites pointes avec annonce de décrue. Puis survient une brusque montée jusqu'au maximum. La décrue est ensuite très rapide pendant 2 ou 3 jours et ralentit pour s'achever vers fin septembre, début octobre, ou au plus tard en novembre.

---:---:---:---

A titre indicatif, nous donnons ci-dessous des valeurs probables des débits et volumes de crue de diverses fréquences (1/10 sec, 1/2, 1/20, 1/50 et 1/100 ).

|              | Debit              | Volume                         |
|--------------|--------------------|--------------------------------|
|              | m <sup>3</sup> / s | 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> |
| 1/10 sec     | 140                | 0,75                           |
| 1/2          | 275                | 1,30                           |
| 1/20 humide  | 850                | 2,50                           |
| 1/50 humide  | 1.050              | 2,90                           |
| 1/100 humide | 1.300              | 3,30                           |

CHAPITRE 6

E T I A G E S

Bien que cela présente beaucoup moins d'intérêt pour le projet, nous donnons dans ce chapitre quelques caractéristiques de l'étiage du BANDAMA à FERKESSEDOUGOU.

La période de basses eaux commence en novembre pour se terminer en juin.

Le plus faible débit a eu lieu en juin 1962 à la suite de la saison des pluies 61 particulièrement déficitaire. Les lectures, à cette époque, n'étaient pas très régulières aussi nous ne pouvons savoir quelle fut la valeur exacte de l'étiage cette année-là. Il semble cependant que le débit ait été d'environ 5 l/s le 17 juin et peut-être même nul.

Le tableau 6-1 donne les valeurs des débits d'étiage ainsi que les dates d'apparition.

En année médiane, l'étiage absolu est compris entre 600 et 900 l/s. En année décennale sèche cet étiage absolu doit être de 15 à 20 l/s.

Cependant, en raison des nombreuses lacunes des relevés en saison sèche, il est possible que l'étiage absolu en année médiane soit plus près de 600 l/s que de 900 l/s.

Dans le tableau 6-2 sont données pour chaque année d'observation, les durées en jours pendant lesquelles le débit est resté inférieur ou égal à une valeur donnée.

Les chiffres donnés ci-dessous représentent le nombre de jours probable pendant lequel un débit donné n'a pas été dépassé - pour une année médiane et une année décennale sèche.

| DEBIT           | ≥ 50 l/s | ≥ 100 l/s | ≥ 500 l/s | ≥ 1 m <sup>3</sup> /s | ≥ 5m <sup>3</sup> /s |
|-----------------|----------|-----------|-----------|-----------------------|----------------------|
| Année médiane   | 0        | 0         | 5         | 30                    | 150                  |
| Année décennale | 20       | 25        | 80        | 130                   | 200                  |

TABLEAU 6 . 1

E T I A G E S

| Année | Jour-Mois | Débit<br>m <sup>3</sup> /s | Année | Jour-Mois | Débit<br>m <sup>3</sup> /s |
|-------|-----------|----------------------------|-------|-----------|----------------------------|
| 1961  | 25 - 4    | 0,028                      | 1967  | 23 - 4    | 0,452                      |
| 1962  | 17 - 6    | 0,005                      | 1968  | 31 - 3    | 1,41                       |
| 1963  | 30 - 3    | 0,844                      | 1969  | 5 - 6     | 1,00                       |
| 1964  | 25 - 3    | 1,00                       | 1970  | 2 - 4     | 1,00                       |
| 1965  | 11 - 5    | 2,16                       | 1971  | 9 - 5     | 0,186                      |
| 1966  | 11 - 4    | 1,41                       |       |           |                            |

TABLEAU 6 . 2

DEBITS CLASSES

| Débits : | ≥ 50 l/s : | ≥ 100 l/s : | ≥ 500 l/s : | ≥ 1 m <sup>3</sup> /s : | ≥ 5 m <sup>3</sup> /s : |
|----------|------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------------------|
| 1961     | 20         | 23          | 51          | 81                      | 190                     |
| 1962     | 16         | 21          | 90          | 139                     | 192                     |
| 1963     | 0          | 0           | 18          | 40                      | 122                     |
| 1964     | 0          | 0           | 35          | 75                      | 138                     |
| 1965     | 0          | 0           | 0           | 10                      | 91                      |
| 1966     | 0          | 0           | 0           | 10                      | 155                     |
| 1967     | 0          | 0           | 2           | 27                      | 177                     |
| 1968     | 0          | 0           | 0           | 0                       | 132                     |
| 1969     | 0          | 0           | 0           | 10 ?                    | 155                     |
| 1970     | 0          | 0           | 0           | 2                       | 157                     |
| 1971     | 0          | 0           | 12          | ?                       | ?                       |