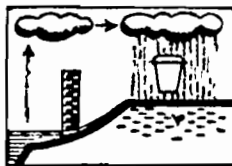


REPUBLIQUE DU TOGO

OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES
du HAHO à TSAME

CAMPAGNE 1970



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

71194

CENTRE O.R.S.T.O.M. DE LOME



OFFICE de la RECHERCHE
SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE
OUTRE - MER

ESSAI de DETERMINATION
de la CRUE CENTENAIRE du HAHO A TSAME

Par

J.P LAMAGAT

Chargé de Recherches à l'ORSTOM

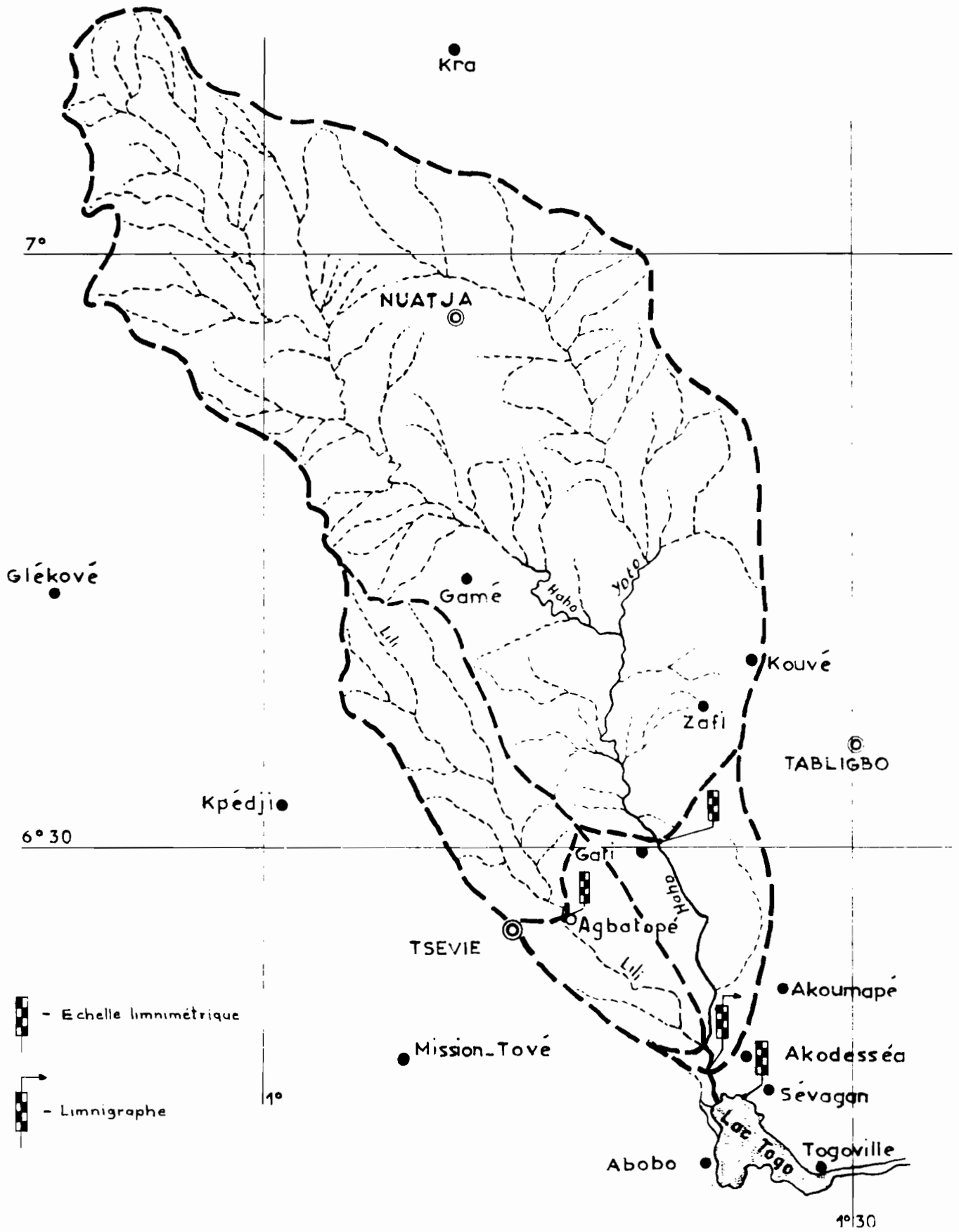
LOME, Janvier 1971

Par lettre en date du 23 Avril 1970, le BCEOM a passé commande à l'ORSTOM d'une étude hydrologique sur le HAHO, au niveau du village de TSAME.

La consistance des études prévues était la suivante :

- installation d'un limnigraphe et d'une échelle limnimétrique sur le HAHO à TSAME, d'une échelle limnimétrique sur le défluent rive droite,
- exploitation de ce système de mesures de Juin à Octobre 1970. Mesures de débit sur le HAHO à TSAME,
- essai d'établissement d'une corrélation entre les hauteurs et les débits à TSAME et les hauteurs et débits des stations amont,
- mise au point d'un rapport succinct relatant les résultats des mesures et les corrélations éventuellement obtenues,
- éventuellement, une évaluation de la crue centenaire devait être fournie même si cette évaluation était très approximative.

Bassin Versant du Haho à Tsamé



I - EQUIPEMENT de la STATION

Du 20 au 27 Mai 1970, un agent technique de l'ORSTOM a effectué la pose d'une échelle limnimétrique de 0 à 4 m en deux éléments sur le HAHO à l'endroit prévu pour le passage de la future voie de chemin de fer de la CTMB. Un élément de 0 à 2 m a été installé à 150 m sur la rive droite, dans la dépression qui semblait être un défluent du HAHO.

Un limnigraphe OTT type X a aussi été installé au droit de la section intéressée.

II - Les OBSERVATIONS

II.1 - Lectures et enregistrements des hauteurs d'eau

Un agent technique a été installé dans le village le plus proche de la station situé rive gauche. Les lectures ont été faites deux fois par jour, le matin à 8 heures et le soir à 17 heures. Les enregistrements du limnigraphe étaient journaliers.

En annexe nous avons porté dans un tableau les hauteurs moyennes enregistrées journalièrement à TSAME et à la station la plus proche située sur le lac TOGO, c'est-à-dire à SEVATONOU. Les hauteurs à SEVATONOU donnent, par différence avec celles de TSAME, des indications sur la valeur de la pente de la ligne d'eau au niveau de la station. En effet, la courbe de remous du lac remonte nettement au-dessus de la section observée.

II.2 - Mesures de débits

A partir du moment où nous avons su que la courbe de remous du lac remontait bien au-dessus de la station, les difficultés pour établir un barème d'étalonnage ont été décuplées. En effet pour établir un tel barème, il aurait fallu effectuer de très nombreuses mesures afin de déterminer les courbes de tarage correspondant aux différentes lignes d'eau. Qui plus est, la station est d'un accès très difficile en saison des pluies, et, les mesures de débits nécessitant un canot pneumatique, nous n'avons pu nous rendre que trois fois sur les lieux. Le lit de la rivière était encombré par les herbes à partir du mois d'Août et n'autorisait plus le passage du canot à moteur.

Les mesures ont donné les résultats suivants :

| date | hauteur (m) | débit (m ³ /s) |
|---------|----------------|------------------------------|
| 29/5/70 | 1,445 | 21,9 |
| 2/11/70 | 1,91 | 33,5 |
| 3/11/70 | 1,89 | 29,6 |

III - ESSAI de CORRELATION

III.1 - Stations à l'amont - Description sommaire

La station la plus proche et la seule qui a été observée pendant quelques années est la station de GATI.

TSAME étant situé en dessous du confluent de la LILLI et du HAHO, les débits qui y sont transités par le HAHO comprennent donc ceux de la LILLI. Une station, située au niveau de la route allant de TSEVIE à TABLIGBO, a été observée depuis les années 1960. Malheureusement, lors de la réfection de la route TABLIGBO - TSEVIE, les ouvrages situés au niveau des échelles limnimétriques de GATI et de AGBATOPE (LILLI) ont été modifiés et les tarages des échelles ne sont plus valables. Les échelles ont d'ailleurs été changées. Les mesures effectuées en 1970, par le Service du Génie Rural (Section hydrologie) sont nettement insuffisantes pour tracer une courbe de tarage qui permettrait de connaître les valeurs des débits transités à GATI et à AGBATOPE. L'ancien tarage de GATI n'est plus valable à partir de 1969. Les observations ayant été interrompues en 1965, nous ne possédons que sept années de lectures.

III.2 - Caractéristiques des stations

Les surfaces des bassins versants au droit des différentes stations sont les suivantes :

| | |
|----------------------|---------------------------|
| HAHO à TSAME | S = 3 275 km ² |
| HAHO à GATI | S = 2 560 km ² |
| LILLI à AGBATOPE | S = 315 km ² |
| LILLI à l'embouchure | S = 459 km ² |

Nous voyons que la station de GATI contrôle presque 80 % (78,2 %) de la surface du bassin limité à TSAME. Or, dans les 21,8 % qui restent, la presque totalité est constituée de terres de barre à coefficients de ruissellement faible. On peut donc penser légitimement que le régime des crues à TSAME est très proche de celui de GATI. De plus, entre GATI et TSAME, les crues décennales et centenaires auront à subir un laminage dans la plaine d'inondation du HAHO.

A la suite de ceci, nous formulons l'hypothèse que les crues exceptionnelles à TSAME sont, quantitativement, du même ordre que celles enregistrées à GATI. Nous supposons que les crues à TSAME ne sont pas supérieures de plus de 15 % à celles de GATI. Dans le calcul de la crue centenaire, nous prendrons donc un coefficient de sécurité calculé en utilisant la formule empirique suivante :

$$Q = k A^n$$

Q étant la crue maximale,
A la surface du bassin,
k et n des coefficients variant avec le

bassin considéré.

Suivant les auteurs n varie de 0,5 à 0,9. Dans notre cas l'exposant est probablement de l'ordre de 0,5 à 0,6.

Pour $n = 0,5$ nous obtenons un rapport Q_{TSAME}/Q_{GATI} sensiblement égal à 1,13.

Pour $n = 0,6$ le rapport est égal à 1,16.

Dans ce calcul, nous avons supposé que k était invariable, ce qui n'est probablement pas le cas pour les deux stations considérées. De toutes façons k , qui dépend essentiellement des conditions géographiques et climatiques, est sûrement inférieur pour TSAME. Etant donné que nous calculons un coefficient de sécurité, nous supposerons que nous sommes dans le cas le plus défavorable et que k est constant.

Comme nous l'avons écrit précédemment, il est certain que la crue centenaire sera laminée dans le marais situé au nord de la station. Ceci étant établi, nous choisirons donc un coefficient traduisant le rapport des crues centenaires à TSAME et à GATI égal à :

$$\frac{Q_{100 \text{ TSAME}}}{Q_{100 \text{ GATI}}} = 1,15$$

III.3 - Conclusions sur l'essai de corrélation

Les difficultés que nous avons rencontrées lorsque nous avons voulu faire des mesures de débit à TSAME et l'absence de tarage à GATI font que nous ne pouvons pas faire d'essai de corrélation. Cet essai n'aurait probablement pas donné de résultat cette année (campagne 1970) étant donné que l'hydraulicité a été d'ordre moyen. Or, ce qui nous intéresse, c'est surtout le laminage de la crue dans le marais plutôt que les apports entre GATI et TSAME qui peuvent être évalués sans que l'on ait une erreur trop importante.

Nous devons donc effectuer une étude théorique des crues à GATI, l'examen statistique des maximums connus ne pouvant rien donner, l'échantillon étant beaucoup trop réduit.

IV - EVALUATION APPROXIMATIVE de la CRUE CENTENAIRE à GATI

Nous disposons de sept années d'observations, donc de sept maximums enregistrés à GATI. Pour arriver à un résultat avec un échantillon aussi faible, nous sommes réduits à formuler un certain nombre d'hypothèses qui sont les suivantes :

- la période de retour d'une crue est sensiblement la même que celle de la hauteur pluviométrique de l'année pendant laquelle la crue intervient. (Ceci est vrai dans certains cas mais ne correspond pas exactement à la réalité, en effet, une année à hauteur pluviométrique médiane mais à précipitations concentrées provoquera de fortes crues alors, qu'une année à forte hauteur pluviométrique bien répartie sur l'année aura des crues moyennes),

- la période de retour de la crue de 1968 est la même approximativement, que celle de la pluviométrie annuelle de la même année,
- la distribution des fréquences des crues suit une loi normale.

A partir de ces hypothèses nous allons calculer, ou plutôt essayer d'évaluer la valeur de la crue moyenne, la fréquence de la crue de 1968, et en supposant que les fréquences suivent une loi normale nous pourrions évaluer la crue centenaire à GATI et par suite à TSAME.

IV.1 - Examen des échantillons de débits max. et de hauteurs pluviométriques annuelles

La pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin est calculée à partir de quatre stations qui sont les suivantes :

| Station | Coefficient d'influence de Thiessen |
|-----------|-------------------------------------|
| ADETA | 11,8 |
| AGBELOUVE | 23,3 |
| NUATJA | 52,1 |
| TCHEKPO | 12,8 |
| | 100,0 |

Les observations s'étendent de 1945 à 1968, les années 1948 et 1953 n'ont pas été retenues, des observations manquant à deux stations. Il reste donc 22 années pour lesquelles nous avons classé la moyenne calculée suivant la méthode de Thiessen. Pour les années où nous avons des relevés de crues, nous avons obtenu le classement suivant :

Les rangs sont indiqués entre parenthèses

- 1961 (19) - 1962 (10) - 1963 (2) - 1964 (16) - 1965 (14) - 1966 (8) - 1967 (12) - 1968 (1er) -

Le onzième rang constituant la valeur médiane, nous voyons que les années 1962 - 1964 - 1965 - 1966 - et 1967 sont situées de part et d'autre et assez près de cette médiane. Nous nous apercevons d'ailleurs que les max de crues pour ces années-là sont sensiblement les mêmes :

| Année | Rang (pluvio.) | Q _{max} en m ³ /s |
|-------|----------------|---------------------------------------|
| 1962 | 10 | 75 |
| 1964 | 16 | 78 |
| 1966 | 8 | 74 |
| 1967 | 12 | 69 |

Nous pouvons donc penser que la moyenne de ces quatre valeurs du débit maximum annuel est proche de la valeur moyenne qui serait calculée pour un grand nombre d'années. La moyenne pour les quatre années, qui serait la moyenne de la distribution des débits, est de :

$$\bar{Q}_m = 74 \text{ m}^3/\text{s}$$

La moyenne des 22 hauteurs pluviométriques dont nous disposons est :

$$\bar{H} = 1\,236 \text{ mm}$$

et l'écart-type :

$$s = 251 \text{ mm}$$

La pluviométrie annuelle obéissant à une loi normale, ces deux valeurs nous permettent d'écrire que la fréquence de non-dépassement à pour valeur en 1968 (1 677 mm) :

$F = 0,96$ soit quatre fois en cent ans ou période de retour probable : 25 ans.

En suivant nos précédentes hypothèses, la crue maximale de cette année-là aurait une fréquence de même valeur. Cette crue a été estimée, d'après la courbe de tarage, à $120 \text{ m}^3/\text{s}$. Connaissant la valeur de la moyenne et cette valeur nous obtenons en utilisant la loi normale une valeur de l'écart-type de l'ordre de :

$$\text{écart-type estimé } s = 34 \text{ m}^3/\text{s}$$

En supposant que la période de retour d'une crue annuelle de $120 \text{ m}^3/\text{s}$ soit de dix ans au lieu de 25 ans, l'écart-type aurait alors pour valeur :

$$\text{écart-type pour une valeur décennale de la crue de } 120 \text{ m}^3/\text{s} = 46 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ceci nous donne deux valeurs pour les crues centenaires :

$$\text{dans le premier cas : } Q_{100} = 135 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{dans le second cas : } Q_{100} = 157,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dans les cas les plus défavorables, nous ne pensons pas que l'on puisse avoir une crue centenaire dont la valeur dépasserait $150 \text{ m}^3/\text{s}$ et c'est cette valeur que nous retiendrons pour calculer la crue centenaire à TSAME.

$$\underline{Q_{\max 100} \text{ à GATI estimé à } 150 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Cette valeur correspond à une période de retour de la crue de 1968 de 12 ans, ce qui est un minimum.

IV.2 - Evaluation très approximative de la crue centenaire à TSAME

La crue centenaire à GATI a été estimée à 150 m³/s, étant donné les hypothèses que nous avons formulées au paragraphe III.2., c'est-à-dire que la crue centenaire à TSAME n'excédait pas de plus de 15 % celle de GATI, nous pouvons estimer que la crue centenaire à TSAME est de :

$$\underline{Q_{\max 100 \text{ à TSAME}} = 172 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Cette valeur est évidemment très approximative et n'est qu'une indication, probablement très imparfaite de ce qu'est réellement la vraie valeur de la crue centenaire à TSAME. Le nombre d'hypothèses formulées pour pallier le manque d'observations entraînant une inévitable imprécision sur la valeur que nous fournissons.

En général, on estime qu'un échantillon de valeurs maximales des crues annuelles est valable à partir du moment où il dépasse le chiffre de 30. Dans notre cas, nous ne possédions pas une seule observation à la section intéressée, et même à GATI, nous ne disposions que de sept années correctes d'observations.

LOME, Janvier 1971

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

REGION

SEVA TONOU - LAC TOGO

ANNÉE

1970

RÉCAPITULATION

Hauteurs d'eau

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|---|
| 1 | 0,58 | 0,46 | 0,41 | 0,41 | 0,54 | 1,085 | 1,29 | 0,985 | 0,875 | 1,80 | | |
| 2 | 0,56 | 0,475 | 0,41 | 0,41 | 0,535 | 1,12 | 1,30 | 0,965 | 0,905 | 1,83 | | |
| 3 | 0,55 | 0,47 | 0,41 | 0,415 | 0,535 | 1,155 | 1,295 | 0,96 | 0,94 | 1,86 | | |
| 4 | 0,54 | 0,46 | 0,415 | 0,41 | 0,53 | 1,17 | 1,315 | 0,965 | 0,945 | 1,89 | | |
| 5 | 0,53 | 0,46 | 0,41 | 0,41 | 0,53 | 1,195 | 1,34 | 0,965 | 0,96 | 1,93 | | |
| 6 | 0,52 | 0,46 | 0,45 | 0,40 | 0,54 | 1,23 | 1,355 | 0,96 | 0,965 | 1,96 | | |
| 7 | 0,51 | 0,46 | 0,445 | 0,405 | 0,56 | 1,25 | 1,365 | 0,945 | 0,975 | 1,99 | | |
| 8 | 0,51 | 0,47 | 0,455 | 0,41 | 0,57 | 1,26 | 1,365 | 0,935 | 1,00 | 2,025 | | |
| 9 | 0,51 | 0,485 | 0,465 | 0,42 | 0,57 | 1,26 | 1,35 | 0,805 | 1,02 | 2,05 | | |
| 10 | 0,51 | 0,495 | 0,465 | 0,415 | 0,57 | 1,26 | 1,345 | 0,795 | 1,055 | 2,08 | | |
| 11 | 0,51 | 0,485 | 0,465 | 0,405 | 0,565 | 1,265 | 1,33 | 0,785 | 1,09 | 2,11 | | |
| 12 | 0,51 | 0,48 | 0,47 | 0,395 | 0,56 | 1,27 | 1,335 | 0,795 | 1,14 | 2,11 | | |
| 13 | 0,51 | 0,485 | 0,46 | 0,40 | 0,555 | 1,26 | 1,315 | 0,785 | 1,175 | 2,095 | | |
| 14 | 0,50 | 0,475 | 0,455 | 0,40 | 0,56 | 1,25 | 1,31 | 0,785 | 1,205 | 2,095 | | |
| 15 | 0,50 | 0,47 | 0,455 | 0,41 | 0,56 | 1,26 | 1,29 | 0,78 | 1,25 | 2,07 | | |
| 16 | 0,50 | 0,47 | 0,445 | 0,425 | 0,56 | 1,255 | 1,255 | 0,77 | 1,28 | 2,065 | | |
| 17 | 0,50 | 0,45 | 0,435 | 0,43 | 0,565 | 1,25 | 1,25 | 0,77 | 1,30 | 2,065 | | |
| 18 | 0,49 | 0,45 | 0,435 | 0,435 | 0,59 | 1,26 | 1,23 | 0,775 | 1,36 | 2,02 | | |
| 19 | 0,48 | 0,45 | 0,43 | 0,44 | 0,63 | 1,28 | 1,225 | 0,79 | 1,40 | 1,99 | | |
| 20 | 0,47 | 0,445 | 0,425 | 0,435 | 0,66 | 1,315 | 1,225 | 0,81 | 1,445 | 1,97 | | |
| 21 | 0,46 | 0,435 | 0,41 | 0,44 | 0,685 | 1,33 | 1,21 | 0,83 | 1,485 | 1,945 | | |
| 22 | 0,46 | 0,425 | 0,40 | 0,44 | 0,70 | 1,32 | 1,21 | 0,84 | 1,52 | 1,92 | | |
| 23 | 0,46 | 0,425 | 0,405 | 0,43 | 0,74 | 1,315 | 1,18 | 0,845 | 1,545 | 1,895 | | |
| 24 | 0,455 | 0,42 | 0,405 | 0,43 | 0,785 | 1,32 | 1,165 | 0,835 | 1,60 | 1,88 | | |
| 25 | 0,445 | 0,415 | 0,405 | 0,44 | 0,82 | 1,31 | 1,15 | 0,825 | 1,635 | 1,865 | | |
| 26 | 0,445 | 0,415 | 0,41 | 0,49 | 0,845 | 1,30 | 1,13 | 0,815 | 1,65 | 1,85 | | |
| 27 | 0,45 | 0,42 | 0,415 | 0,54 | 0,855 | 1,29 | 1,12 | 0,805 | 1,66 | 1,82 | | |
| 28 | 0,46 | 0,41 | 0,42 | 0,555 | 0,885 | 1,285 | 1,09 | 0,815 | 1,705 | 1,805 | | |
| 29 | 0,475 | | 0,42 | 0,55 | 0,935 | 1,285 | 1,06 | 0,815 | 1,735 | 1,795 | | |
| 30 | 0,47 | | 0,42 | 0,545 | 0,99 | 1,28 | 1,05 | 0,825 | 1,77 | 1,78 | | |
| 31 | 0,47 | | 0,415 | | 1,045 | | 1,02 | 0,85 | | 1,755 | | |

O. R. S. T. O. M.

Direction générale :

24, rue Bayard, PARIS-8^e

Service Central de Documentation :

70-74, route d'Aulnay, 93 BONDY

Centre O.R.S.T.O.M. de Lomé :

B. P. 375 - LOME (Togo)
