

ELECTRICITE de FRANCE

Division Prospection
Hydrologie

N O T E

SUR LES ETIAGES DU SAMOU A GRANDES-CHUTES

-----oOo-----

Octobre 1957

18/10/57

NOTE sur les ETIAGES du SAMOU à GRANDES-CHUTES

Au cours de la saison sèche 1957, la retenue du barrage s'est vidée pour la première fois depuis la mise en exploitation de l'usine hydroélectrique de GRANDES-CHUTES, et la fourniture du courant n'a pu être assurée de façon satisfaisante pendant un certain temps, malgré l'appoint de la centrale diesel de CONAKRY. Ceci est dû pour une part à l'augmentation de la demande au cours des dernières années, mais aussi, et surtout, à la sévérité de l'étiage du SAMOU en 1957.

Le but de cette note est l'estimation des risques de retour à une telle situation et de fournir des éléments de prévisions en vue de l'étude de l'extension de la réserve (barrage complémentaire de KALE).

Les seuls éléments directs valables que nous possédons sur les étiages du SAMOU sont les mesures effectuées avant la mise en eau du barrage de 1945 à 1953 (sauf en 1947 et 1952). Ces mesures ne concernent pas directement le bassin d'alimentation du réservoir, mais un bassin légèrement plus étendu comprenant notamment un petit affluent supplémentaire venant du Sud. Néanmoins, les débits fournis pendant les basses eaux par le bassin complémentaire sont suffisamment faibles pour être négligés en première approximation.

Ces observations portent sur une période trop courte pour rendre compte de la fréquence, même approximative, de l'étiage de 1957. Il sera donc nécessaire de recourir aux données pluviométriques existantes. Là encore, nous sommes peu favorisés, aucun pluviomètre n'ayant été observé dans le bassin du SAMOU pendant une assez longue durée. Tout ce que nous pouvons faire, c'est chercher s'il existe une quelconque corrélation entre les pluies à KINDIA, situé en bordure du bassin, et les débits de saison sèche du SAMOU. Si cette corrélation existe, nous en déduirons un indice de sévérité dont le calcul sur de nombreuses années permettra un classement statistique et l'évaluation approximative de la fréquence de l'étiage 1957.

RECHERCHE d'une CORRELATION entre ETIAGES du SAMOU et PLUVIOMETRIE de KINDIA :

D'une façon générale, les débits les plus faibles de la rivière se situent en Avril, tout au moins pour les années à étiage sévère. Nous retiendrons donc, pour caractériser l'étiage, le débit moyen de ce mois que nous désignerons par Q_a .

L'influence des pluies sur Q_a se manifeste à la fois sur la décrue, la mise en réserve avant décrue et les petites crues susceptibles d'intervenir au cours des basses eaux. A ce titre, on peut retenir l'effet produit par les pluies mensuelles en Novembre et Décembre (de l'année précédente) et les hauteurs de précipitations en Mars et Avril. Pour ne pas compliquer les calculs, nous avons négligé les pluies de Janvier et Février, d'ailleurs pratiquement nulles

Nous avons supposé que l'influence de ces pluies sur Q_a revêtait une forme linéaire. Des réserves seront faites ultérieurement sur la validité théorique de cette hypothèse. Le problème de la recherche d'une corrélation se réduit donc, avec ces hypothèses, à ajuster au mieux les coefficients A, B, C, D de la formule :

$$Q_a = A P_n + B P_d + C P_m + D P_a$$

- Q_a : débit moyen d'avril
- P_n : hauteur de pluie en Novembre précédent
- P_d : " " " " Décembre précédent
- P_m : " " " " Mars
- P_a : " " " " Avril

Les coefficients cités sont des coefficients dimensionnels dont la valeur dépend des unités choisies. On les calculera pour Q_a exprimé en m^3/s et les pluies exprimées en mm.

Nous avons supposé que les écarts de toute nature susceptibles de créer une dispersion dans l'application de la loi adoptée sont distribués suivant le pur hasard. Il en résulte que les coefficients seront déterminés au mieux si la somme des carrés de ces écarts est minima ou, en d'autres termes, si les dérivées partielles de :

$$\sum_{i=1}^n \epsilon_i^2 \quad \text{par rapport à A, B, C et D sont toutes}$$

nulles (i désignant une quelconque des n années utilisées

pour établir la relation).

On a donc :

$$\epsilon_i = Q_{ai} - (A P_{ni} + B P_{di} + C P_{mi} + D P_{ai})$$

$$\begin{aligned} \epsilon_i^2 = & Q_{ai}^2 - 2 A Q_{ai} P_{ni} - 2 B Q_{ai} P_{di} - 2 C Q_{ai} P_{mi} \\ & - 2 D Q_{ai} P_{ai} + A^2 P_{ni}^2 + B^2 P_{di}^2 + C^2 P_{mi}^2 + D^2 P_{ai}^2 \\ & + 2 A B P_{ni} P_{di} + 2 A C P_{ni} P_{mi} + 2 A D P_{ai} P_{ni} \\ & + 2 B C P_{di} P_{mi} + 2 B D P_{di} P_{ai} + 2 C D P_{mi} P_{ai} \end{aligned}$$

d'où le système :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sum \epsilon_i^2}{\partial A} = & - 2 \sum Q_{ai} P_{ni} + 2 A \sum P_{ni}^2 + 2 B \sum P_{ni} P_{di} \\ & + 2 C \sum P_{ni} P_{mi} + 2 D \sum P_{ai} P_{ni} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sum \epsilon_i^2}{\partial B} = & - 2 \sum Q_{ai} P_{di} + 2 B \sum P_{di}^2 + 2 A \sum P_{ni} P_{di} \\ & + 2 C \sum P_{di} P_{mi} + 2 D \sum P_{ai} P_{di} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sum \epsilon_i^2}{\partial C} = & - 2 \sum Q_{ai} P_{mi} + 2 C \sum P_{mi}^2 + 2 A \sum P_{ni} P_{mi} \\ & + 2 B \sum P_{di} P_{mi} + 2 D \sum P_{mi} P_{ai} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sum \epsilon_i^2}{\partial D} = & - 2 \sum Q_{ai} P_{ai} + 2 D \sum P_{ai}^2 + 2 A \sum P_{ai} P_{ni} \\ & + 2 B \sum P_{di} P_{ai} + 2 C \sum P_{mi} P_{ai} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\sum P_{ni}^2) A + (\sum P_{ni} P_{di}) B + (\sum P_{ni} P_{mi}) C + (\sum P_{ai} P_{ni}) D &= \sum Q_{ai} P_{ni} \\
 (\sum P_{ni} P_{di}) A + (\sum P_{di}^2) B + (\sum P_{di} P_{mi}) C + (\sum P_{ai} P_{di}) D &= \sum Q_{ai} P_{di} \\
 (\sum P_{ni} P_{mi}) A + (\sum P_{di} P_{mi}) B + (\sum P_{mi}^2) C + (\sum P_{mi} P_{ai}) D &= \sum Q_{ai} P_{mi} \\
 (\sum P_{ai} P_{ni}) A + (\sum P_{di} P_{ai}) B + (\sum P_{mi} P_{ai}) C + (\sum P_{ai}^2) D &= \sum Q_{ai} P_{ai}
 \end{aligned}$$

Posons pour simplifier :

$$\begin{array}{llll}
 \sum P_{ai}^2 = a & \sum Q_{ai} P_{ni} = e & \sum P_{ni} P_{di} = k & \sum P_{di} P_{mi} = p \\
 \sum P_{di}^2 = b & \sum Q_{ai} P_{di} = f & \sum P_{ni} P_{mi} = l & \sum P_{di} P_{ai} = q \\
 \sum P_{ni}^2 = c & \sum Q_{ai} P_{mi} = g & \sum P_{ni} P_{ai} = m & \sum P_{mi} P_{ai} = r \\
 \sum P_{mi}^2 = d & \sum Q_{ai} P_{ai} = h & &
 \end{array}$$

d'où le système :

$$\begin{aligned} c A + k B + l C + m D &= e \\ k A + b B + p C + q D &= f \\ l A + p B + d C + r D &= g \\ m A + q B + r C + a D &= h \end{aligned}$$

CALCUL de A :

$$A = \frac{\begin{vmatrix} e & k & l & m \\ f & b & p & q \\ g & p & d & r \\ h & q & r & a \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} c & k & l & m \\ k & b & p & q \\ l & p & d & r \\ m & q & r & a \end{vmatrix}} = \frac{\Delta_A}{\Delta}$$

1°) :

$$\Delta = c \begin{vmatrix} b & p & q \\ p & d & r \\ q & r & a \end{vmatrix} - k \begin{vmatrix} k & l & m \\ p & d & r \\ q & r & a \end{vmatrix} + l \begin{vmatrix} k & l & m \\ b & p & q \\ q & r & a \end{vmatrix} - m \begin{vmatrix} k & l & m \\ b & p & q \\ p & d & r \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} \Delta_A = & c (bda + 2prq - p^2a - dq^2 - br^2) + \\ & l (kpa + lq^2 + mbr - krq - lba - mpq) - \\ & [k (kda + lrq + mpr - lpa - mdq - kr^2) + \\ & m (kpr + lpq + mbd - lbr - mp^2 - kqd)] \end{aligned}$$

2°) :

$$\begin{aligned} \Delta_A = & e (bda + 2prq - p^2a - dq^2 - br^2) + g (\dots\dots\dots) \\ & - [f (\dots\dots\dots) + h (\dots\dots\dots)] \end{aligned}$$

CALCUL de B :

$$k B + l C + m D = e - c A = \alpha$$

$$b B + p C + q D = f - k A = \beta$$

$$p B + d C + r D = g - l A = \gamma$$

d'où :

$$B = \frac{\begin{vmatrix} \alpha & l & m \\ \beta & p & q \\ \gamma & d & r \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} k & l & m \\ b & p & q \\ p & d & r \end{vmatrix}} = \frac{\alpha pr + lq\gamma + m\beta d - \alpha qd - l\beta r - mp\gamma}{kpr + lqp + mbd - kqd - lbr - mp^2}$$

CALCULS de C et D :

$$l C + m D = \alpha - k B = \lambda$$

$$p C + q D = \beta - b B = \mu$$

$$C = \frac{\begin{vmatrix} \lambda & m \\ \mu & q \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} l & m \\ p & q \end{vmatrix}} = \frac{\lambda q - m\mu}{l q - m p}$$

$$D = \frac{l\mu - \lambda p}{l q - m p}$$

ORDONNANCE des CALCULS :

- 1°) Calcul des quantités a, b (Tableau)
- 2°) Calcul des quantités :

$$\rho = bda + 2prq - p^2a - dq^2 - br^2$$

$$\sigma = kpa + lq^2 + mbr - krq - lba - mpq$$

$$\tau = kda + lrq + mpr - lpa - mdq - kr^2$$

$$\varphi = kpr + lpq + mbd - lbr - mp^2 - kqd$$

- 3°) Calcul de $\Delta = c\rho + l\sigma - (k\tau + m\varphi)$

- 4°) Calcul de $\Delta_A = e\rho + g\sigma - (f\tau + h\varphi)$

$$A = \frac{\Delta}{\Delta_A}$$

- 5°) Calcul des quantités :

$$\alpha = e - cA$$

$$\beta = f - kA$$

$$\gamma = g - lA$$

- 6°) Calcul B suivant formule

- 7°) Calcul de :

$$\lambda = \alpha - kB$$

$$\mu = \beta - bB$$

$$\psi = lq - mp$$

- 8°) Calcul de C :

$$C = \frac{\lambda q - m\mu}{\psi}$$

- 9°) Calcul de D :

$$D = \frac{l\mu - \lambda p}{\psi}$$

RESULTATS :

Les calculs numériques ont porté sur les années 1945 à 1953 (moins 1947 et 1952) précédant la mise en eau du barrage. On obtient, en définitive, la formule :

$$100 Q_a = 2,38 P_n + 1,40 P_d + 2,06 P_m + 0,36 P_a$$

Les valeurs des différents coefficients montrent l'importance, pour l'étiage, des volumes emmagasinés en fin de saison des pluies, en particulier au mois de Novembre. La pluviométrie de Mars a évidemment une forte influence sur le débit moyen du mois d'Avril tandis que celle d'Avril intervient assez peu. Ceci est vrai dans les cas moyens. Mais, supposons que les pluies de Novembre aient été très intenses : une forte proportion des précipitations aurait donné lieu à du ruissellement et, par conséquent, serait sans influence sur l'étiage : même remarque pour le mois de Décembre (de fortes intensités à cette époque de l'année sont très rares mais possibles). Par contre, en Avril, des précipitations intenses donnant lieu à un fort ruissellement ou des précipitations importantes intervenant au début du mois, auraient sur Q_a une influence bien supérieure à celle qu'indique le coefficient.

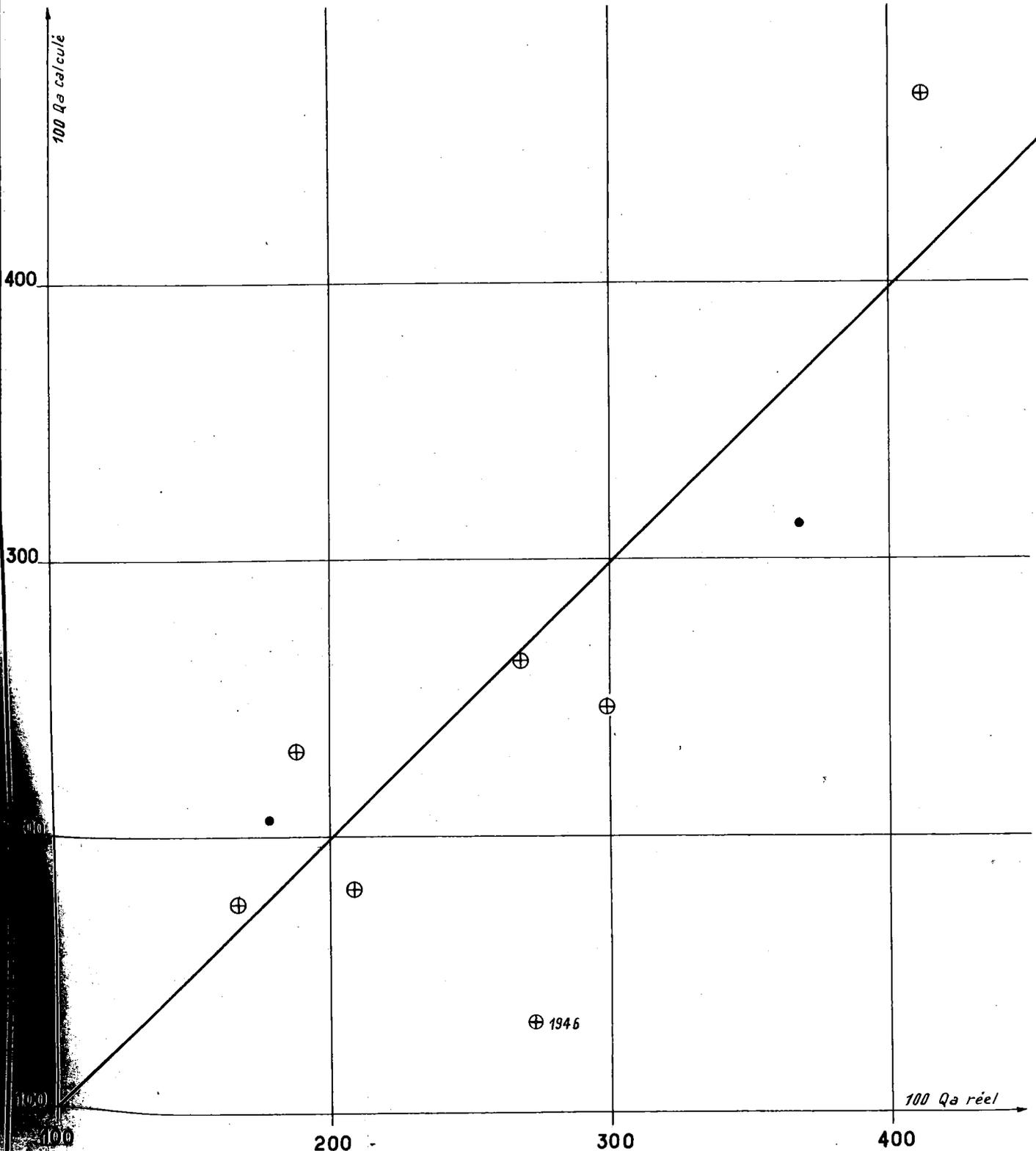
On le voit, par exemple, pour l'année 1954 pour laquelle Q_a calculé est trop faible. Mais, il se trouve que pour la série d'années qui a servi à nos calculs, P_a n'a pas dépassé 81 mm.

Enfin, il ne faut pas perdre de vue que la corrélation cherchée résulte, en fait, d'un double étage d'influences : relation analytique entre étiage et pluies moyennes sur le bassin, corrélation statistique entre les pluies moyennes sur le bassin et les pluies à KINDIA. On ne doit donc pas s'étonner de trouver une dispersion notable dans les résultats.

Le graphique n° 1 donne une idée de cette dispersion : les croix cerclées représentent les années antérieures à la mise en eau. Les points représentent les années postérieures (1955 est en dehors des limites du graphique).

Gr: n°1

SAMOU à GRANDES CHUTES



ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE: 18-10-57

DES: J. Mélaye

VISA:

TUBE N°:

AO

Malgré ces écarts, nous estimons que les Q_a ainsi calculés peuvent, à défaut d'autres éléments d'information, servir de tests pour évaluer la sévérité des étiages. Pour éviter toute confusion dans l'interprétation de ces valeurs et afin que notre formule ne puisse être utilisée ultérieurement pour calculer directement le débit moyen d'Avril à partir de la pluviométrie, nous définirons un "indice de sévérité" $I_s = 100 Q_a$ dont la signification est la suivante :

Une année déterminée a d'autant plus de chances d'avoir un étiage faible que son indice de sévérité I_s est plus faible et nous prendrons pour simplifier :

$$I_s = 2,3 P_n + 1,4 P_d + 2,1 P_m + 0,4 P_a$$

CLASSEMENT des INDICES I_s et DETERMINATION de la FREQUENCE de l'ETIAGE 1957 :

Le calcul des indices de sévérité (tableau I) a été effectué pour l'ensemble de la période comportant des relevés pluviométriques à KINDIA (1923-1957).

Ces indices ont été classés (tableau II) sans tenir compte de l'année 1957 dont les résultats sont arrivés en fin d'études. Il se trouve que la répartition statistique dans le temps des $\sqrt{I_s}$ suit assez bien la loi de GAUSS d'où le graphique 2 en coordonnées gaussiques.

Considérons maintenant l'étiage 1957. D'après les mesures effectuées, le débit moyen du mois d'Avril aurait été de 1 m³/s. Ces mesures ont été faites à l'amont du barrage et contrôlent, par conséquent, un bassin plus faible que celui pour lequel sont calculés les I_s . Admettons que l'écart soit de l'ordre de 10 % ; le terme $100 Q_a$ défini plus haut serait de l'ordre de 110, ce qui correspond à une fréquence de 0,19. Si nous calculons l'indice de sévérité de 1957 par la formule préconisée, on trouve $I_s = 167$, d'où une fréquence de l'ordre de 0,40. Ces différents chiffres et l'examen du graphique 2 donnent lieu aux remarques suivantes :

On vérifie que I_s calculé est le plus faible de toute la période pour laquelle on possède des relevés hydrométriques, l'année 1946 mise à part. Cette dernière année donne un indice beaucoup trop faible sans que nous ayons pu en trouver la raison. Peut-être faut-il invoquer des lacunes dans les relevés de KINDIA.

TABLEAU I

SAMOU à GRANDES CHUTES

Détermination des "Indices de sévérité"

Année	P _n	P _d	P _m	P _a	:2,3 P _n	:1,4 P _d	:2,1 P _m	:0,4 P _a	I _s
1923	96	28	sup.=0	26	221	39	0	10	270
1924	76	25	0	127	175	35	0	51	261
1925	75	0	18	9	173	0	38	4	215
1926	36	15	0	3	83	21	0	1	105
1927	35	15	19	60	81	21	40	24	166
1928	17	0	20	101	39	0	42	40	121
1929	26	0	24	48	60	0	50	19	129
1930	0	0	11	26	0	0	23	10	33
1931	12	0	sup.=0	23	28	0	0	9	37
1932	67	0	19	150	154	0	40	60	254
1933	104	2	12	93	239	3	25	37	304
1934	61	12	5	70	140	17	10	28	195
1935	28	0	2	18	62	0	4	7	73
1936	manque	13	71	109					
1937	107	0	58	129	246	0	122	52	420
1938	13	1	43	43	30	1	90	17	138
1939	46	0	0	12	106	0	0	5	111
1940	24	4	0	67	55	6	0	27	88
1941	76	1	12	20	175	1	25	8	209
1942	52	3	6	25	119	4	13	10	146
1943	173	2	2	88	397	3	4	35	439
1944	73	20	10	28	168	28	21	11	228
1945	130	26	30	169	299	36	63	68	466
1946	45	0	2	63	103	0	4	25	132
1947	52	29	5	24	119	41	10	10	180
1948	48	1	15	81	110	1	31	32	174
1949	88	0	4	46	202	0	84	18	304
1950	41	47	4	26	94	66	84	10	254
1951	18	0	95	71	41	0	199	28	268
1952	52	0	23	23	119	0	48	9	176
1953	80	3	17	47	184	4	36	19	243
1954	83	37	5	148	191	52	10	59	312
1955	130	37	78	102	299	52	164	41	556
1956	57	26	7	61	131	36	15	24	206
1957	22	68	6	25	50	95	12	10	167

TABLEAU II

I_s classés

=====

Année	I_s	$\sqrt{I_s}$	Fréquence sur 33 ans (Période 23-56)
1930	33	5,75	0,030
1931	37	6,09	0,060
1935	73	8,55	0,091
1940	88	9,6	0,121
1936	105	10,25	0,152
1939	111	10,58	0,182
1928	121	11,0	0,212
1929	129	11,4	0,242
1946	132	11,5	0,273
1938	138	11,75	0,303
1942	146	12,1	0,333
1927	166	12,9	0,364
1948	174	13,2	0,394
1952	176	13,25	0,425
1947	180	13,4	0,455
1934	195	13,75	0,485
1956	206	14,35	0,515
1941	209	14,5	0,545
1925	215	14,7	0,575
1944	228	15,1	0,605
1953	243	15,6	0,635
1932	254	15,95	0,665
1950	254	15,95	0,697
1924	261	16,15	0,727
1951	268	16,4	0,758
1923	270	16,45	0,788
1933	304	17,45	0,818
1949	304	17,45	0,849
1954	312	17,65	0,879
1937	420	20,5	0,910
1943	439	20,9	0,940
1945	466	21,6	0,970
1955	556	23,6	1,000

