

UN PROGRAMME DE SIMULATION DE L'IRRIGATION COMPLEMENTAIRE AUX PLUIES

P. FRANQUIN* et F. FOREST**

RESUME — Est présenté un système qui associe un modèle d'évaluation des termes du bilan hydrique à un modèle d'analyse fréquentielle des pluies, lequel indique la probabilité qu'a le déficit en eau du sol d'être naturellement comblé (au moins) par les pluies. Ce système propose une dose d'irrigation qui est fonction de cette probabilité, ainsi que de deux variables sur lesquelles on peut jouer : la valeur de la RU et la fraction de cette RU que l'on se propose de restaurer à chaque irrigation périodique.

Mots-clé : bilan hydrique, analyse fréquentielle des pluies, déficit hydrique, irrigation, réserve utilisable.

INTRODUCTION

En période pluviale, l'irrigation, dite «de complément», est rendue problématique par l'interférence des pluies et des apports d'eau. Idéalement, la tactique consisterait en une décision quotidienne d'irriguer plus ou moins ou de ne pas irriguer, en considération de deux conditions :

— l'importance, observée ou estimée, du déficit en eau du sol, elle-même généralement modulée selon plusieurs paramètres : caractéristiques hydriques et hydrodynamiques du sol, type de culture, stade de végétation...

— la probabilité, à plus ou moins long terme, de comblement par les pluies seules de ce déficit entier ou partiel.

Si cette tactique journalière est théoriquement applicable dans le cas d'une petite exploitation agricole disposant de l'eau en permanence, il n'en va pas de même dans les situations (vaste exploitation, groupement d'irrigants...) où l'eau revient sur la parcelle suivant un tour, à rythme fixe. On adoptera ici un rythme de 10 jours, que l'on aurait aussi bien pu choisir de 7 jours.

Les quantités de pluie attendues devraient être considérées dans les trois éléments qui les déterminent : fréquence, intensité, durée. Il sera supposé ici que le système de drainage, conçu sur la base d'une étude d'intensité/durée/fréquence des averses (BRUNET-MORET, «Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale», 1968, ORSTOM-CIEH), permet l'évacuation des crues les plus fortes.

Avant de se poser au plan **opérationnel**, pour la détermination des besoins en temps réel, les problèmes de l'irrigation de complément se situent au niveau de la planification. Ce sont ces derniers aspects non directement opérationnels qui seront examinés ici.

En planification, une première question se pose, en rapport avec la nécessité de réaliser des aménagements de stockage, de transport et de distribution de l'eau, et d'estimer les surfaces susceptibles d'être arrosées avec une quantité d'eau limitée : quel est, relativement à la demande représentée par l'évapotranspiration potentielle (ETP) — ou par rapport à l'enveloppe des ETM de toutes les cultures envisagées — le besoin d'eau d'irrigation ? C'est-à-dire, quelle quantité sera périodiquement nécessaire et quel sera le besoin de pointe ?

Dans un deuxième temps, cette question pourra être précisée comme suit : quel est, par rapport à son ETM (évapotranspiration réelle maximale), le besoin d'irrigation de telle espèce ou variété cultivée sur tel sol en vue d'obtenir tel niveau de rendement ? Compte tenu, toujours, des apports naturels par les pluies.

METHODES

On se placera dans le cas général, correspondant à la première question. La végétation est considérée comme couvrante et permanente du 1/01 au 31/12 et son ETM est constamment égale à ETP. Des variantes peuvent évidemment être apportées à ces conditions.

On se propose d'évaluer statistiquement les quantités d'eau nécessaires pour combler le déficit (ou seulement

* FRANQUIN (P.) — Service d'Agronomie ORSTOM (Bondy).

** FOREST (F.) — Centre interafricain d'Etudes Hydrauliques — Ouagadougou (Haute-Volta) actuellement IRAT/GERDAT, Montpellier.

37 FEB. 1980

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

Collection de Référence

M 3994 Agr.

une fraction de ce déficit) estimé en fin de décade, compte tenu de la probabilité que ce déficit (ou la fraction considérée) soit comblé naturellement par les pluies.

On dispose, pour ce faire, d'une part d'un modèle d'analyse fréquentielle des pluies et, d'autre part, d'un modèle d'évaluation des termes du bilan hydrique, donc du déficit d'eau du sol.

Le modèle d'analyse fréquentielle des pluies est celui de l'ORSTOM, maintenant bien connu en Afrique francophone. Il ajuste, par la méthode du maximum de vraisemblance, une fonction gamma incomplète tronquée à l'échantillon des pluies observées (sur un nombre quelconque mais suffisant d'années) dans toute période de n jours ($1 \leq n \leq 365$) pouvant glisser de m en m jours ($1 \leq m \leq n$). Les résultats de l'analyse — ici pour des périodes successives de 10 jours, c'est-à-dire glissant de 10 en 10 — sortis sur cartes perforées, sont rentrés comme données dans le programme d'établissement du bilan hydrique.

Le modèle de base de ce dernier programme a été présenté dans la revue l'Agronomie Tropicale (FRANQUIN et FOREST, «Des programmes pour l'évaluation et l'analyse fréquentielle des termes du bilan hydrique», 1977, XXXII, 1), avec une courbe de validation. Ce modèle de base a été modifié pour donner le programme ORBKNI qui se prête à une expérimentation théorique sur l'irrigation complémentaire aux pluies.

Dans cette expérimentation, le régime d'irrigation est caractérisé par le choix d'une RU et par celui de sa fraction $M.RU$ (avec $0 \leq M \leq 1$) que l'on restaure à chaque irrigation périodique. Le déficit en eau du sol en décade i , par rapport à la fraction $M.RU$, s'inscrit (voir plus loin les tableaux de bilans) en décade $i+1$ dans la colonne $I(M)$. Puis le système recherche, dans les données de l'analyse fréquentielle des pluies — et il inscrit en colonne $F(IM)$ — la probabilité qu'a ce déficit d'être (au moins) comblé naturellement par les pluies en décade $i+1$. Ensuite le système, faisant l'opération inverse, recherche dans les mêmes données — sans l'inscrire — la hauteur d'eau $I(Q)$ attachée à la probabilité complémentaire $Q = 1-F$. L'apport d'eau d'irrigation sera finalement : $I = I(M) - I(Q)$, qui s'inscrit dans la colonne I et s'additionne aux pluies de la même décade. Ce procédé a déjà été proposé par F. FOREST dans «Bilan hydrique et prospective décadaire des besoins en eau des cultures pluviales en zone soudano-sahélienne» (Cahier pédagogique. Ministère de la Coopération. 1974).

Selon les valeurs données à RU et à M, il en résultera évidemment des valeurs différentes de I , mais aussi

de ETR/ETP (indice de production de la matière sèche, variant de 0 à 1) et de ETM-ETR, déficit en eau de la culture. De même, prendront des valeurs diverses la teneur en eau du sol (RS) et les pertes par ruissellement-drainage (DR).

Le système ORBKNI permet ainsi de comparer entre elles, en planification, différentes politiques d'irrigation complémentaire. Après réglage du modèle de bilan hydrique sur des variations observées de l'humidité d'un sol déterminé, il devrait permettre aussi d'expérimenter théoriquement sur l'irrigation d'un cultivar donné.

EXEMPLE

Les quatre tableaux ci-après figurent, pour la station de BOUNA (Côte d'Ivoire), des bilans décadaires établis pour des RU de 100 et 200 mm, avec restauration de l'humidité, dans chaque cas, à 100 % ($M = 1$) et à 70 % ($M = 0,70$) de la RU. Avec 726 mm de pluie sur 1100 en moyenne, 1946 est une année sèche.

— Lorsque l'on restaure à 100 %, que la RU soit de 100 ou 200 mm, l'indice ETR/ETP est égal à 0,99; les pertes par ruissellement/drainage (DRC) sont identiques et égales à 335 mm. Seule différence, la RU de 200 mm exige évidemment un apport d'eau de 100 mm supérieur (1525 et 1417 mm).

— Lorsque l'on restaure à 70 %, que la RU soit de 100 ou 200 mm, l'indice ETR/ETP, égal à 0,90, est encore convenable (sauf pour le riz si l'on vise de hauts rendements). Les apports d'eau sont très voisins (1042 et 1022 mm) mais bien inférieurs à ceux exigés par une restauration à 100 % (1525 et 1417 mm), de même que les pertes par ruissellement-drainage (123 et 64 mm contre 335 et 337).

En conclusion, même en année sèche on aura avantage à restaurer l'humidité du profil à 70 % seulement de la RU (peut-être même à 60 %, l'essai serait à faire), cette dernière étant choisie, entre 100 et 200 mm, en rapport avec le système racinaire de la culture et les caractéristiques du sol.

En fait, il conviendrait d'établir les mêmes bilans pour toutes les années de l'échantillon pluviométrique (54 ans à Bouna) afin d'en tirer des conclusions de **nature statistique**, notamment quant aux quantités d'eau d'irrigation I à apporter dans les décades successives. Un programme (ORSTAT) de classement par fractiles permet de procéder à l'analyse statistique de toutes les variables d'entrée ou de sortie du programme ORBKNI.

ANNEE : 1946
RU CONSTANTE : 100 MM
M = 1,00

| PERIODES | P | I(M) | F(IM) | I | HD | HR | ETP | K | ETM | ETR | RS | DR | DRC | D(RS) | D(RS/RU) | ETR/ETP | ETM-ETR | |
|----------|-------|-------|-------|-------|------|--------|------|--------|--------|------|------|------|------|-------|----------|---------|---------|-----|
| * | 1 | .0 | 100. | .01 | 100. | 100.0 | 1.00 | 53.0 | 1.00 | 53.0 | 52.7 | 47.3 | .0 | .0 | 52.7 | .53 | .99 | .3 |
| * | 11 | 27.2 | 53. | .01 | 53. | 100.0 | 1.00 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 55.6 | 44.4 | 27.2 | 27.2 | 55.6 | .56 | .99 | .4 |
| * | 21 | .0 | 56. | .01 | 56. | 100.0 | 1.00 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 55.6 | 44.4 | .0 | 27.2 | 55.6 | .56 | .99 | .4 |
| * | 31 | .0 | 56. | .01 | 56. | 100.0 | 1.00 | 55.0 | 1.00 | 55.0 | 54.6 | 45.4 | .0 | 27.2 | 54.6 | .55 | .99 | .4 |
| * | 41 | 6.3 | 55. | .05 | 55. | 100.0 | 1.00 | 55.0 | 1.00 | 55.0 | 54.6 | 45.4 | 6.3 | 33.5 | 54.6 | .55 | .99 | .4 |
| * | 51 | .0 | 55. | .01 | 55. | 100.0 | 1.00 | 57.0 | 1.00 | 57.0 | 56.5 | 43.5 | .0 | 33.5 | 56.5 | .57 | .99 | .5 |
| * | 61 | 65.0 | 57. | .02 | 57. | 100.0 | 1.00 | 60.0 | 1.00 | 60.0 | 59.5 | 40.5 | 65.0 | 98.5 | 59.5 | .59 | .99 | .5 |
| * | 71 | 7.0 | 59. | .07 | 59. | 100.0 | 1.00 | 62.0 | 1.00 | 62.0 | 61.5 | 38.5 | 7.0 | 105.5 | 61.5 | .61 | .99 | .5 |
| * | 81 | .0 | 61. | .08 | 61. | 100.0 | 1.00 | 60.0 | 1.00 | 60.0 | 59.5 | 40.5 | .0 | 105.5 | 59.5 | .59 | .99 | .5 |
| * | 91 | .0 | 59. | .08 | 59. | 100.0 | 1.00 | 59.0 | 1.00 | 59.0 | 58.5 | 41.5 | .0 | 105.5 | 58.5 | .59 | .99 | .5 |
| * | 101 | .0 | 59. | .22 | 51. | 92.8 | .93 | 57.0 | 1.00 | 57.0 | 56.1 | 36.7 | .0 | 105.5 | 63.3 | .63 | .98 | .9 |
| * | 111 | 6.4 | 63. | .18 | 54. | 96.9 | .97 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 55.5 | 41.4 | .0 | 105.5 | 58.6 | .59 | .99 | .5 |
| * | 121 | 25.0 | 59. | .24 | 44. | 100.0 | 1.00 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 55.6 | 44.4 | 10.8 | 116.3 | 55.6 | .56 | .99 | .4 |
| * | 131 | 20.0 | 56. | .31 | 32. | 96.0 | .96 | 55.0 | 1.00 | 55.0 | 54.4 | 41.6 | .0 | 116.3 | 58.4 | .58 | .99 | .6 |
| * | 141 | 7.2 | 58. | .25 | 39. | 87.4 | .87 | 52.0 | 1.00 | 52.0 | 50.3 | 37.1 | .0 | 116.3 | 62.9 | .63 | .97 | 1.7 |
| * | 151 | 54.5 | 63. | .24 | 41. | 100.0 | 1.00 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 47.9 | 52.1 | 32.9 | 149.2 | 47.9 | .48 | 1.00 | .1 |
| * | 161 | 20.5 | 48. | .41 | 13. | 85.5 | .86 | 45.0 | 1.00 | 45.0 | 43.4 | 42.2 | .0 | 149.2 | 57.8 | .58 | .96 | 1.6 |
| * | 171 | 31.5 | 58. | .33 | 28. | 100.0 | 1.00 | 44.0 | 1.00 | 44.0 | 44.0 | 56.0 | 1.6 | 150.8 | 44.0 | .44 | 1.00 | .0 |
| * | 181 | 40.3 | 44. | .45 | 11. | 100.0 | 1.00 | 43.0 | 1.00 | 43.0 | 43.0 | 57.0 | 7.8 | 158.5 | 43.0 | .43 | 1.00 | .0 |
| * | 191 | 15.2 | 43. | .43 | 13. | 85.5 | .85 | 42.0 | 1.00 | 42.0 | 40.7 | 44.8 | .0 | 158.5 | 55.2 | .55 | .97 | 1.3 |
| * | 201 | .0 | 55. | .35 | 33. | 78.1 | .78 | 40.0 | 1.00 | 40.0 | 38.0 | 40.1 | .0 | 158.5 | 59.9 | .60 | .95 | 2.0 |
| * | 211 | 33.5 | 60. | .19 | 57. | 100.0 | 1.00 | 39.0 | 1.00 | 39.0 | 39.0 | 61.0 | 30.8 | 189.3 | 39.0 | .39 | 1.00 | .0 |
| * | 221 | 52.5 | 39. | .38 | 18. | 100.0 | 1.00 | 37.0 | 1.00 | 37.0 | 37.0 | 63.0 | 31.8 | 221.2 | 37.0 | .37 | 1.00 | .0 |
| * | 231 | 4.0 | 37. | .56 | 0. | 67.0 | .67 | 37.0 | 1.00 | 37.0 | 34.4 | 32.6 | .0 | 221.2 | 67.4 | .67 | .93 | 2.6 |
| * | 241 | 61.0 | 67. | .46 | 8. | 100.0 | 1.00 | 38.0 | 1.00 | 38.0 | 38.0 | 62.0 | 2.0 | 223.2 | 38.0 | .38 | 1.00 | .0 |
| * | 251 | 33.5 | 38. | .85 | 0. | 95.5 | .96 | 38.0 | 1.00 | 38.0 | 38.0 | 57.5 | .0 | 223.2 | 42.5 | .42 | 1.00 | .0 |
| * | 261 | 91.0 | 42. | .82 | 0. | 100.0 | 1.00 | 41.0 | 1.00 | 41.0 | 41.0 | 59.0 | 48.5 | 271.7 | 41.0 | .41 | 1.00 | .0 |
| * | 271 | 72.0 | 41. | .55 | 0. | 100.0 | 1.00 | 45.0 | 1.00 | 45.0 | 45.0 | 55.0 | 31.0 | 302.7 | 45.0 | .45 | 1.00 | .0 |
| * | 281 | 29.0 | 45. | .33 | 27. | 100.0 | 1.00 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 47.9 | 52.1 | 10.9 | 313.6 | 47.9 | .48 | 1.00 | .1 |
| * | 291 | 23.5 | 48. | .22 | 46. | 100.0 | 1.00 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 47.9 | 52.1 | 21.4 | 335.0 | 47.9 | .48 | 1.00 | .1 |
| * | 301 | .0 | 48. | .15 | 48. | 100.0 | 1.00 | 49.0 | 1.00 | 49.0 | 48.9 | 51.1 | .0 | 335.0 | 48.9 | .49 | 1.00 | .1 |
| * | 311 | .0 | 49. | .06 | 49. | 100.0 | 1.00 | 49.0 | 1.00 | 49.0 | 48.9 | 51.1 | .0 | 335.0 | 48.9 | .49 | 1.00 | .1 |
| * | 321 | .0 | 49. | .01 | 49. | 100.0 | 1.00 | 49.0 | 1.00 | 49.0 | 48.9 | 51.1 | .0 | 335.0 | 48.9 | .49 | 1.00 | .1 |
| * | 331 | .0 | 49. | .01 | 49. | 100.0 | 1.00 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 47.9 | 52.1 | .0 | 335.0 | 47.9 | .48 | 1.00 | .1 |
| * | 341 | .0 | 48. | .01 | 48. | 100.0 | 1.00 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 47.9 | 52.1 | .0 | 335.0 | 47.9 | .48 | 1.00 | .1 |
| * | 351 | .0 | 48. | .01 | 48. | 100.0 | 1.00 | 51.0 | 1.00 | 51.0 | 50.8 | 49.2 | .0 | 335.0 | 50.8 | .51 | 1.00 | .2 |
| ***** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAUX | 726.1 | 1923. | | 1417. | | 1776.0 | | 1776.0 | 1758.7 | | | | | .99 | | 17.3 | | |

ANNEE : 1946
RU CONSTANTE : 100 MM
M = 0,70

| PERIODES | P | I(M) | F(IM) | I | HD | HR | ETP | K | ETM | ETR | RS | DR | DRC | D(RS) | D(RS/RU) | ETR/ETP | ETM-ETR | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-----|--------|------|--------|--------|------|------|------|------|-------|----------|---------|---------|------|
| * | 1 | .0 | 70. | .01 | 70. | 70.0 | .70 | 53.0 | 1.00 | 53.0 | 46.6 | 23.4 | .0 | .0 | 76.6 | .77 | .88 | 6.4 |
| * | 11 | 27.2 | 47. | .01 | 47. | 97.2 | .97 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 55.5 | 41.7 | .0 | .0 | 58.3 | .58 | .99 | .5 |
| * | 21 | .0 | 28. | .01 | 28. | 70.0 | .70 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 48.9 | 21.1 | .0 | .0 | 78.9 | .79 | .87 | 7.1 |
| * | 31 | .0 | 49. | .01 | 49. | 70.0 | .70 | 55.0 | 1.00 | 55.0 | 48.1 | 21.9 | .0 | .0 | 78.1 | .78 | .87 | 6.9 |
| * | 41 | 6.3 | 48. | .07 | 48. | 76.3 | .76 | 55.0 | 1.00 | 55.0 | 50.4 | 25.9 | .0 | .0 | 74.1 | .74 | .92 | 4.6 |
| * | 51 | .0 | 44. | .02 | 44. | 70.0 | .70 | 57.0 | 1.00 | 57.0 | 49.6 | 20.4 | .0 | .0 | 79.6 | .80 | .87 | 7.4 |
| * | 61 | 65.0 | 50. | .03 | 50. | 100.0 | 1.00 | 60.0 | 1.00 | 60.0 | 59.5 | 40.5 | 35.0 | 35.0 | 59.5 | .59 | .99 | .5 |
| * | 71 | 7.0 | 29. | .23 | 29. | 77.0 | .77 | 62.0 | 1.00 | 62.0 | 56.7 | 20.3 | .0 | 35.0 | 79.7 | .80 | .92 | 5.3 |
| * | 81 | .0 | 50. | .13 | 50. | 70.0 | .70 | 60.0 | 1.00 | 60.0 | 51.8 | 18.2 | .0 | 35.0 | 81.8 | .82 | .86 | 8.2 |
| * | 91 | .0 | 52. | .12 | 52. | 70.0 | .70 | 59.0 | 1.00 | 59.0 | 51.1 | 18.9 | .0 | 35.0 | 81.1 | .81 | .87 | 7.9 |
| * | 101 | .0 | 51. | .27 | 40. | 59.0 | .59 | 57.0 | 1.00 | 57.0 | 44.3 | 14.8 | .0 | 35.0 | 85.2 | .85 | .78 | 12.7 |
| * | 111 | 6.4 | 55. | .23 | 42. | 63.4 | .63 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 45.9 | 17.4 | .0 | 35.0 | 82.6 | .83 | .82 | 10.1 |
| * | 121 | 25.0 | 53. | .29 | 35. | 77.8 | .78 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 51.7 | 26.1 | .0 | 35.0 | 73.9 | .74 | .92 | 4.3 |
| * | 131 | 20.0 | 44. | .43 | 11. | 57.3 | .57 | 55.0 | 1.00 | 55.0 | 42.4 | 14.9 | .0 | 35.0 | 85.1 | .85 | .77 | 12.6 |
| * | 141 | 7.2 | 55. | .28 | 33. | 55.5 | .55 | 52.0 | 1.00 | 52.0 | 40.2 | 15.3 | .0 | 35.0 | 84.7 | .85 | .77 | 11.8 |
| * | 151 | 54.5 | 55. | .32 | 27. | 97.1 | .97 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 47.7 | 49.5 | .0 | 35.0 | 50.5 | .51 | .99 | .4 |
| * | 161 | 20.5 | 21. | .81 | 0. | 70.0 | .70 | 45.0 | 1.00 | 45.0 | 40.7 | 29.3 | .0 | 35.0 | 70.7 | .71 | .90 | 4.3 |
| * | 171 | 31.5 | 41. | .52 | 0. | 60.8 | .61 | 44.0 | 1.00 | 44.0 | 37.8 | 23.0 | .0 | 35.0 | 77.0 | .77 | .86 | 6.2 |
| * | 181 | 40.3 | 47. | .42 | 17. | 80.5 | .81 | 43.0 | 1.00 | 43.0 | 40.9 | 39.6 | .0 | 35.0 | 60.4 | .60 | .95 | 2.1 |
| * | 191 | 15.2 | 30. | .56 | 0. | 54.8 | .55 | 42.0 | 1.00 | 42.0 | 35.2 | 19.6 | .0 | 35.0 | 80.4 | .80 | .84 | 6.8 |
| * | 201 | .0 | 50. | .38 | 25. | 44.7 | .45 | 40.0 | 1.00 | 40.0 | 31.5 | 13.2 | .0 | 35.0 | 86.8 | .87 | .79 | 8.5 |
| * | 211 | 33.5 | 57. | .20 | 54. | 100.0 | 1.00 | 39.0 | 1.00 | 39.0 | 39.0 | 61.0 | .4 | 35.4 | 39.0 | .39 | 1.00 | .0 |
| * | 221 | 52.5 | 9. | .81 | 0. | 100.0 | 1.00 | 37.0 | 1.00 | 37.0 | 37.0 | 63.0 | 13.5 | 48.9 | 37.0 | .37 | 1.00 | .0 |
| * | 231 | 4.0 | 7. | .97 | 0. | 67.0 | .67 | 37.0 | 1.00 | 37.0 | 34.4 | 32.6 | .0 | 48.9 | 67.4 | .67 | .93 | 2.6 |
| * | 241 | 61.0 | 37. | .75 | 0. | 93.6 | .94 | 38.0 | 1.00 | 38.0 | 37.9 | 55.7 | .0 | 48.9 | 44.3 | .44 | 1.00 | .1 |
| * | 251 | 33.5 | 14. | .99 | 0. | 89.2 | .89 | 38.0 | 1.00 | 38.0 | 37.5 | 51.8 | .0 | 48.9 | 48.2 | .48 | .99 | .5 |
| * | 261 | 91.0 | 18. | .96 | 0. | 100.0 | 1.00 | 41.0 | 1.00 | 41.0 | 41.0 | 59.0 | 42.8 | 91.7 | 41.0 | .41 | 1.00 | .0 |
| * | 271 | 72.0 | 11. | .93 | 0. | 100.0 | 1.00 | 45.0 | 1.00 | 45.0 | 45.0 | 55.0 | 31.0 | 122.7 | 45.0 | .45 | 1.00 | .0 |
| * | 281 | 29.0 | 15. | .72 | 0. | 84.0 | .84 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 45.9 | 38.1 | .0 | 122.7 | 61.9 | .62 | .96 | 2.1 |
| * | 291 | 23.5 | 32. | .39 | 16. | 77.3 | .77 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 44.6 | 32.7 | .0 | 122.7 | 67.3 | .67 | .93 | 3.4 |
| * | 301 | .0 | 37. | .21 | 37. | 70.0 | .70 | 49.0 | 1.00 | 49.0 | 43.6 | 26.4 | .0 | 122.7 | 73.6 | .74 | .89 | 5.4 |
| * | 311 | .0 | 44. | .08 | 44. | 70.0 | .70 | 49.0 | 1.00 | 49.0 | 43.6 | 26.4 | .0 | 122.7 | 73.6 | .74 | .89 | 5.4 |
| * | 321 | .0 | 44. | .02 | 44. | 70.0 | .70 | 49.0 | 1.00 | 49.0 | 43.6 | 26.4 | .0 | 122.7 | 73.6 | .74 | .89 | 5.4 |
| * | 331 | .0 | 44. | .02 | 44. | 70.0 | .70 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 42.9 | 27.1 | .0 | 122.7 | 72.9 | .73 | .89 | 5.1 |
| * | 341 | .0 | 43. | .01 | 43. | 70.0 | .70 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 42.9 | 27.1 | .0 | 122.7 | 72.9 | .73 | .89 | 5.1 |
| * | 351 | .0 | 43. | .01 | 43. | 70.0 | .70 | 51.0 | 1.00 | 51.0 | 45.1 | 24.9 | .0 | 122.7 | 75.1 | .75 | .88 | 5.9 |
| ***** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAUX | 726.1 | 1423. | | 1022. | | 1776.0 | | 1776.0 | 1600.5 | | | | | .90 | | 175.5 | | |

ANNEE : 1946
RU CONSTANTE : 200 MM
M = 1,00

| PERIODES | P | I(M) | F(IM) | I | HD | HR | ETP | K | ETM | ETR | RS | DR | DRC | D(RS) | D(RS/RU) | ETR/ETP | ETM-ETR |
|----------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|----------|---------|---------|
| * 1 | .0 | 200. | .01 | 200. | 200.0 | 1.00 | 53.0 | 1.00 | 53.0 | 52.7 | 147.3 | .0 | .0 | 52.7 | .26 | .99 | .3 |
| * 11 | 27.2 | 53. | .01 | 53. | 200.0 | 1.00 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 55.6 | 144.4 | 27.2 | 27.2 | 55.6 | .28 | .99 | .4 |
| * 21 | .0 | 56. | .01 | 56. | 200.0 | 1.00 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 55.6 | 144.4 | .0 | 27.2 | 55.6 | .28 | .99 | .4 |
| * 31 | .0 | 56. | .01 | 56. | 200.0 | 1.00 | 55.0 | 1.00 | 55.0 | 54.6 | 145.4 | .0 | 27.2 | 54.6 | .27 | .99 | .4 |
| * 41 | 6.3 | 55. | .05 | 55. | 200.0 | 1.00 | 55.0 | 1.00 | 55.0 | 54.6 | 145.4 | 6.3 | 33.5 | 54.6 | .27 | .99 | .4 |
| * 51 | .0 | 55. | .01 | 55. | 200.0 | 1.00 | 57.0 | 1.00 | 57.0 | 56.5 | 143.5 | .0 | 33.5 | 56.5 | .28 | .99 | .5 |
| * 61 | 65.0 | 57. | .02 | 57. | 200.0 | 1.00 | 60.0 | 1.00 | 60.0 | 59.5 | 140.5 | 65.0 | 98.5 | 59.5 | .30 | .99 | .5 |
| * 71 | 7.0 | 59. | .07 | 59. | 200.0 | 1.00 | 62.0 | 1.00 | 62.0 | 61.5 | 138.5 | 7.0 | 105.5 | 61.5 | .31 | .99 | .5 |
| * 81 | .0 | 61. | .08 | 61. | 200.0 | 1.00 | 60.0 | 1.00 | 60.0 | 59.5 | 140.5 | .0 | 105.5 | 59.5 | .30 | .99 | .5 |
| * 91 | .0 | 59. | .08 | 59. | 200.0 | 1.00 | 59.0 | 1.00 | 59.0 | 58.5 | 141.5 | .0 | 105.5 | 58.5 | .29 | .99 | .5 |
| * 101 | .0 | 59. | .22 | 51. | 192.8 | .96 | 57.0 | 1.00 | 57.0 | 56.4 | 136.3 | .0 | 105.5 | 63.7 | .32 | .99 | .6 |
| * 111 | 6.4 | 64. | .18 | 54. | 197.1 | .99 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 55.5 | 141.5 | .0 | 105.5 | 58.5 | .29 | .99 | .5 |
| * 121 | 25.0 | 58. | .24 | 44. | 200.0 | 1.00 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 55.6 | 144.4 | 10.7 | 116.2 | 55.6 | .28 | .99 | .4 |
| * 131 | 20.0 | 56. | .31 | 32. | 196.0 | .98 | 55.0 | 1.00 | 55.0 | 54.5 | 141.5 | .0 | 116.2 | 58.5 | .29 | .99 | .5 |
| * 141 | 7.2 | 59. | .25 | 39. | 187.5 | .94 | 52.0 | 1.00 | 52.0 | 51.2 | 136.3 | .0 | 116.2 | 63.7 | .32 | .98 | .8 |
| * 151 | 54.5 | 64. | .24 | 42. | 200.0 | 1.00 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 47.9 | 152.1 | 33.2 | 149.5 | 47.9 | .24 | 1.00 | .1 |
| * 161 | 20.5 | 48. | .41 | 13. | 185.5 | .93 | 45.0 | 1.00 | 45.0 | 44.3 | 141.2 | .0 | 149.5 | 58.8 | .29 | .98 | .7 |
| * 171 | 31.5 | 59. | .32 | 29. | 200.0 | 1.00 | 44.0 | 1.00 | 44.0 | 44.0 | 150.0 | 2.2 | 151.6 | 44.0 | .22 | 1.00 | .0 |
| * 181 | 40.3 | 44. | .45 | 11. | 200.0 | 1.00 | 43.0 | 1.00 | 43.0 | 43.0 | 157.0 | 7.8 | 159.4 | 43.0 | .21 | 1.00 | .0 |
| * 191 | 15.2 | 43. | .43 | 13. | 185.5 | .93 | 42.0 | 1.00 | 42.0 | 41.5 | 144.0 | .0 | 159.4 | 56.0 | .28 | .99 | .5 |
| * 201 | .0 | 56. | .34 | 35. | 178.7 | .89 | 40.0 | 1.00 | 40.0 | 39.3 | 139.4 | .0 | 159.4 | 60.6 | .30 | .98 | .7 |
| * 211 | 33.5 | 61. | .19 | 58. | 200.0 | 1.00 | 39.0 | 1.00 | 39.0 | 39.0 | 161.0 | 30.9 | 190.3 | 39.0 | .19 | 1.00 | .0 |
| * 221 | 52.5 | 39. | .38 | 18. | 200.0 | 1.00 | 37.0 | 1.00 | 37.0 | 37.0 | 163.0 | 31.8 | 222.1 | 37.0 | .18 | 1.00 | .0 |
| * 231 | 4.0 | 37. | .56 | 0. | 167.0 | .84 | 37.0 | 1.00 | 37.0 | 36.0 | 131.0 | .0 | 222.1 | 69.0 | .35 | .97 | 1.0 |
| * 241 | 61.0 | 69. | .45 | 12. | 200.0 | 1.00 | 38.0 | 1.00 | 38.0 | 38.0 | 162.0 | 3.5 | 225.6 | 38.0 | .19 | 1.00 | .0 |
| * 251 | 33.5 | 38. | .85 | 0. | 195.5 | .98 | 38.0 | 1.00 | 38.0 | 38.0 | 157.5 | .0 | 225.6 | 42.5 | .21 | 1.00 | .0 |
| * 261 | 91.0 | 42. | .82 | 0. | 200.0 | 1.00 | 41.0 | 1.00 | 41.0 | 41.0 | 159.0 | 48.5 | 274.1 | 41.0 | .20 | 1.00 | .0 |
| * 271 | 72.0 | 41. | .55 | 0. | 200.0 | 1.00 | 45.0 | 1.00 | 45.0 | 45.0 | 155.0 | 31.0 | 305.1 | 45.0 | .22 | 1.00 | .0 |
| * 281 | 29.0 | 45. | .33 | 27. | 200.0 | 1.00 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 47.9 | 152.1 | 10.9 | 316.0 | 47.9 | .24 | 1.00 | .0 |
| * 291 | 23.5 | 48. | .22 | 46. | 200.0 | 1.00 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 47.9 | 152.1 | 21.4 | 337.4 | 47.9 | .24 | 1.00 | .1 |
| * 301 | .0 | 48. | .15 | 48. | 200.0 | 1.00 | 49.0 | 1.00 | 49.0 | 48.9 | 151.1 | .0 | 337.4 | 48.9 | .24 | 1.00 | .1 |
| * 311 | .0 | 49. | .06 | 49. | 200.0 | 1.00 | 49.0 | 1.00 | 49.0 | 48.9 | 151.1 | .0 | 337.4 | 48.9 | .24 | 1.00 | .1 |
| * 321 | .0 | 49. | .01 | 49. | 200.0 | 1.00 | 49.0 | 1.00 | 49.0 | 48.9 | 151.1 | .0 | 337.4 | 48.9 | .24 | 1.00 | .1 |
| * 331 | .0 | 49. | .01 | 49. | 200.0 | 1.00 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 47.9 | 152.1 | .0 | 337.4 | 47.9 | .24 | 1.00 | .1 |
| * 341 | .0 | 48. | .01 | 48. | 200.0 | 1.00 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 47.9 | 152.1 | .0 | 337.4 | 47.9 | .24 | 1.00 | .1 |
| * 351 | .0 | 48. | .01 | 48. | 200.0 | 1.00 | 51.0 | 1.00 | 51.0 | 50.8 | 149.2 | .0 | 337.4 | 50.8 | .25 | 1.00 | .2 |

TOTAUX 726.1 2028. 1525. 1776.0 1776.0 1764.8 .99 11.2

ANNEE : 1946
RU CONSTANTE : 200 MM
M = 0,70

| PERIODES | P | I(M) | F(IM) | I | HD | HR | ETP | K | ETM | ETR | RS | DR | DRC | D(RS) | D(RS/RU) | ETR/ETP | ETM-ETR |
|----------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|----------|---------|---------|
| * 1 | .0 | 140. | .01 | 140. | 140.0 | .70 | 53.0 | 1.00 | 53.0 | 46.6 | 93.4 | .0 | .0 | 106.6 | .53 | .88 | 6.4 |
| * 11 | 27.2 | 47. | .01 | 47. | 167.2 | .84 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 53.4 | 113.8 | .0 | .0 | 86.2 | .43 | .95 | 2.6 |
| * 21 | .0 | 26. | .01 | 26. | 140.0 | .70 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 48.9 | 91.1 | .0 | .0 | 108.9 | .54 | .87 | 7.1 |
| * 31 | .0 | 49. | .01 | 49. | 140.0 | .70 | 55.0 | 1.00 | 55.0 | 48.1 | 91.9 | .0 | .0 | 108.1 | .54 | .87 | 6.9 |
| * 41 | 6.3 | 48. | .07 | 48. | 146.3 | .73 | 55.0 | 1.00 | 55.0 | 49.3 | 97.0 | .0 | .0 | 103.0 | .51 | .90 | 5.7 |
| * 51 | .0 | 43. | .03 | 43. | 140.0 | .70 | 57.0 | 1.00 | 57.0 | 49.6 | 90.4 | .0 | .0 | 109.6 | .55 | .87 | 7.4 |
| * 61 | 65.0 | 50. | .03 | 50. | 200.0 | 1.00 | 60.0 | 1.00 | 60.0 | 59.5 | 140.5 | 5.0 | 5.0 | 59.5 | .30 | .99 | .5 |
| * 71 | 7.0 | 0. | .99 | 0. | 147.5 | .74 | 62.0 | 1.00 | 62.0 | 55.2 | 92.3 | .0 | 5.0 | 107.7 | .54 | .89 | 6.8 |
| * 81 | .0 | 48. | .14 | 48. | 140.0 | .70 | 60.0 | 1.00 | 60.0 | 51.8 | 88.2 | .0 | 5.0 | 111.8 | .56 | .86 | 8.2 |
| * 91 | .0 | 52. | .12 | 52. | 140.0 | .70 | 59.0 | 1.00 | 59.0 | 51.1 | 88.9 | .0 | 5.0 | 111.1 | .56 | .87 | 7.9 |
| * 101 | .0 | 51. | .27 | 40. | 129.0 | .65 | 57.0 | 1.00 | 57.0 | 47.1 | 82.0 | .0 | 5.0 | 118.0 | .59 | .83 | 9.9 |
| * 111 | 6.4 | 58. | .21 | 46. | 134.6 | .67 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 47.7 | 86.9 | .0 | 5.0 | 113.1 | .57 | .85 | 8.3 |
| * 121 | 25.0 | 53. | .28 | 36. | 148.1 | .74 | 56.0 | 1.00 | 56.0 | 50.4 | 97.7 | .0 | 5.0 | 102.3 | .51 | .90 | 5.6 |
| * 131 | 20.0 | 42. | .45 | 8. | 125.9 | .63 | 55.0 | 1.00 | 55.0 | 45.1 | 80.7 | .0 | 5.0 | 119.3 | .60 | .82 | 9.9 |
| * 141 | 7.2 | 59. | .24 | 40. | 127.9 | .64 | 52.0 | 1.00 | 52.0 | 43.7 | 84.2 | .0 | 5.0 | 115.8 | .58 | .84 | 8.3 |
| * 151 | 54.5 | 56. | .31 | 29. | 167.8 | .84 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 45.9 | 121.9 | .0 | 5.0 | 78.1 | .39 | .96 | 2.1 |
| * 161 | 20.5 | 18. | .84 | 0. | 142.4 | .71 | 45.0 | 1.00 | 45.0 | 40.9 | 101.5 | .0 | 5.0 | 98.5 | .49 | .91 | 4.1 |
| * 171 | 31.5 | 39. | .54 | 0. | 133.0 | .66 | 44.0 | 1.00 | 44.0 | 39.2 | 93.8 | .0 | 5.0 | 106.2 | .53 | .89 | 4.8 |
| * 181 | 40.3 | 46. | .43 | 16. | 149.8 | .75 | 43.0 | 1.00 | 43.0 | 40.0 | 109.7 | .0 | 5.0 | 90.3 | .45 | .93 | 3.0 |
| * 191 | 15.2 | 30. | .56 | 0. | 124.9 | .62 | 42.0 | 1.00 | 42.0 | 37.0 | 87.9 | .0 | 5.0 | 112.1 | .56 | .88 | 5.0 |
| * 201 | .0 | 52. | .37 | 28. | 115.9 | .58 | 40.0 | 1.00 | 40.0 | 34.9 | 81.0 | .0 | 5.0 | 119.0 | .59 | .87 | 5.1 |
| * 211 | 33.5 | 59. | .19 | 56. | 170.7 | .85 | 39.0 | 1.00 | 39.0 | 38.0 | 132.8 | .0 | 5.0 | 67.2 | .34 | .97 | 1.0 |
| * 221 | 52.5 | 7. | .83 | 0. | 185.3 | .93 | 37.0 | 1.00 | 37.0 | 36.9 | 148.4 | .0 | 5.0 | 51.6 | .26 | 1.00 | .0 |
| * 231 | 4.0 | 0. | .99 | 0. | 152.4 | .76 | 37.0 | 1.00 | 37.0 | 35.3 | 117.0 | .0 | 5.0 | 83.0 | .41 | .96 | 1.7 |
| * 241 | 61.0 | 23. | .88 | 0. | 178.0 | .89 | 38.0 | 1.00 | 38.0 | 37.4 | 140.6 | .0 | 5.0 | 59.4 | .30 | .99 | .6 |
| * 251 | 33.5 | 0. | .99 | 0. | 174.1 | .87 | 38.0 | 1.00 | 38.0 | 37.2 | 136.9 | .0 | 5.0 | 63.1 | .32 | .98 | .8 |
| * 261 | 91.0 | 3. | .98 | 0. | 200.0 | 1.00 | 41.0 | 1.00 | 41.0 | 41.0 | 159.0 | 27.9 | 32.9 | 41.0 | .20 | 1.00 | .0 |
| * 271 | 72.0 | 0. | .99 | 0. | 200.0 | 1.00 | 45.0 | 1.00 | 45.0 | 45.0 | 155.0 | 31.0 | 63.9 | 45.0 | .22 | 1.00 | .0 |
| * 281 | 29.0 | 0. | .99 | 0. | 184.0 | .92 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 47.1 | 136.9 | .0 | 63.9 | 63.1 | .32 | .98 | .9 |
| * 291 | 23.5 | 3. | .77 | 0. | 160.4 | .80 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 45.2 | 115.2 | .0 | 63.9 | 84.8 | .42 | .94 | 2.8 |
| * 301 | .0 | 25. | .35 | 20. | 135.3 | .68 | 49.0 | 1.00 | 49.0 | 43.0 | 92.4 | .0 | 63.9 | 107.6 | .54 | .88 | 6.0 |
| * 311 | .0 | 48. | .07 | 48. | 140.0 | .70 | 49.0 | 1.00 | 49.0 | 43.6 | 96.4 | .0 | 63.9 | 103.6 | .52 | .89 | 5.4 |
| * 321 | .0 | 44. | .02 | 44. | 140.0 | .70 | 49.0 | 1.00 | 49.0 | 43.6 | 96.4 | .0 | 63.9 | 103.6 | .52 | .89 | 5.4 |
| * 331 | .0 | 44. | .02 | 44. | 140.0 | .70 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 42.9 | 97.1 | .0 | 63.9 | 102.9 | .51 | .89 | 5.1 |
| * 341 | .0 | 43. | .01 | 43. | 140.0 | .70 | 48.0 | 1.00 | 48.0 | 42.9 | 97.1 | .0 | 63.9 | 102.9 | .51 | .89 | 5.1 |
| * 351 | .0 | 43. | .01 | 43. | 140.0 | .70 | 51.0 | 1.00 | 51.0 | 45.1 | 94.9 | .0 | 63.9 | 105.1 | .53 | .88 | 5.9 |

TOTAUX 726.1 1348. 1042. 1776.0 1776.0 1609.8 .91 166.2