

## S O M M A I R E

- INTRODUCTION
- I - ETUDE DE LA PLUVIOMETRIE ET DE LA DEMANDE EVAPORATIVE DU CLIMAT
  - I.1 - La pluviométrie : aperçu général
  - I.2 - Demande évaporative du climat
    - a) Définition
    - b) Evaporation bac classe "A"
    - c) Evapotranspiration
    - d) Relation entre évaporation bac classe "A" et l'ETP.
  - I.3 - Le bilan climatique à SIKASSO
- II - LE BILAN HYDRIQUE EFFICACE
  - II.1 - Analyse fréquentielle de la pluviométrie
    - a) Méthodologie
    - b) Analyse des dates de labour et de semis à SIKASSO
      - b.1 - Détermination des périodes de culture
      - b.2 - Etude des possibilités de labour et de semis
    - c) Conclusion
  - II.2 - Simulation et analyse fréquentielle du bilan hydrique
    - II.2.1 - Modélisation du bilan hydrique
    - II.2.2 - Schéma général de lecture des résultats
      - a) Fiche "Notations" et tableaux chronologiques du bilan hydrique
      - b) Fiches d'analyses fréquentielles.

II.3 - Etude des résultats des analyses a SIKASSO

II.3.1 - Caractéristiques physiques et hydriques des sols

II.3.2 - Détermination des conditions de culture

II.3.3 - Calage : durée saison des pluies, cycle et date de semis de la culture : le sorgho

- a) Les besoins en eau du sorgho
- b) Analyse du taux de satisfaction
- c) Analyse du drainage

III - ETUDE COMPARATIVE POUR D'AUTRES STATIONS

III.1 - Analyse du régime pluviométrique en relation avec l'agriculture

III.3 - Zonage d'actions

III.3 - Modélisation du bilan hydrique

III.3.1 - Calage du cycle variétal

III.3.2 - Les besoins en eau du sorgho

III.3.3 - Espérance de satisfaction des besoins en eau

III.3.4 - Satisfaction des besoins en eau au cours des périodes sensibles.

IV - CONCLUSION

ANNEXE I

ANNEXE II

ANNEXE III

## I N T R O D U C T I O N

L'eau, comme d'autres facteurs, limite le développement de la plante. Du sol, la plante tire l'eau au moyen de ses racines pour enfin la transpirer par ses feuilles. Ce mécanisme favorise le métabolisme, la photosynthèse et accroît la production de la plante.

La pluviométrie, les eaux d'écoulement ou de ruissellement constituent la source principale de cet apport d'eau pour les plantes.

Mais depuis plus d'une décennie, le manque d'eau aux cultures pluviales effraie le monde en général et l'Afrique du Nord-Ouest en particulier (création du centre AGRHYMET par les pays membres du CILSS).

Cette baisse de la pluviométrie affecte sérieusement le rendement et a même anéanti la production dans certaines zones (Nord du MALI, 1971, 1972, 1973).

A cause des période de sécheresse, nous constatons, le plus souvent, des pertes de semences au semis et des pertes de rendement à la récolte. L'incertitude des agriculteurs face à ce problème amène à agir sans retard.

Malgré les importants progrès réalisés par des chercheurs éminents dans des domaines divers : la génétique, la fertilisation, la défense des cultures et les techniques culturales, l'inquiétude plane toujours.

Messieurs F. FOREST, J. CHAROY, J.C. LEGOUPIL - 1978 - IRAT (9) -, ont élaboré ensemble l'analyse fréquentielle de la pluviométrie et le bilan hydrique simulé qui sont des outils d'analyse répondant aux problèmes posés.

Cette approche a révélé son intérêt au Sénégal (BAMBEY), au Mali (MOPTI), en Côte d'Ivoire (BOIKE), au Brésil, etc... et elle permet de :

- déterminer des dates de labour et semis,
- déterminer des consommations hydriques,
- faire le calage du cycle avec la saison,
- déterminer des périodes sèches et humides,
- déterminer des doses économiques d'irrigation d'appoint.

L'objectif est donc de développer l'agriculture face aux conditions climatiques et d'en tirer meilleur profit.

Le but de ce stage est d'apprendre l'utilisation de l'outil informatique, le traitement des données, l'analyse fréquentielle de la pluviométrie et la modélisation du bilan hydrique, afin de :

- montrer comment valoriser au maximum la pluie aléatoire dans le temps et dans l'espace, au cours du cycle cultural,
- déterminer les doses d'irrigations économiques au cours des phases culturales,
- faire un ZONAGE des conditions hydriques et de leur adaptation aux cultures.

Ces résultats ne seront qu'une ébauche de l'étude qu'entreprendra l'AGROMETEOROLOGIE au Mali, très prochainement.

———oOo———

## I - ETUDE DE LA PLUVIOMETRIE ET DE LA DEMANDE EVAPORATIVE DU CLIMAT

### I.1 - La pluviométrie : aperçu général

Considéré comme pays sahélien, le Mali bénéficie, au Sud, d'un climat guinéen et soudanien, limité par les isohyètes 1500 à 800 mm. Le Nord, de climat saharien et sahélien, a une pluviométrie faible, 250 mm atteints ou dépassés deux années sur dix à MOPTI. Le paysage est déjà de type désertique (figure 1) au Nord de la quatrième région.

La grande variabilité du gradient pluviométrique Nord-Sud est due à la position du FIT (1) pendant la saison pluvieuse, lequel n'a pas dépassé les 20° N durant la dernière décennie et, pire encore, les 15° et 16° N pendant les années de sécheresse (1944, 1965, 1971, 1972, 1973).

Or, l'installation de la saison des pluies est liée à cette position particulière du FIT, laissant au Sud une zone humide et au Nord une zone sèche.

De plus, des périodes sèches (stress hydrique des plantes), intervenant au sein de la saison pluvieuse, réduisent les rendements agricoles.

De fait, au Mali, face à cette hétérogénéité dans la distribution de la pluviométrie, l'agriculture traditionnelle et même moderne doivent être adaptées aux risques climatiques en faisant intervenir :

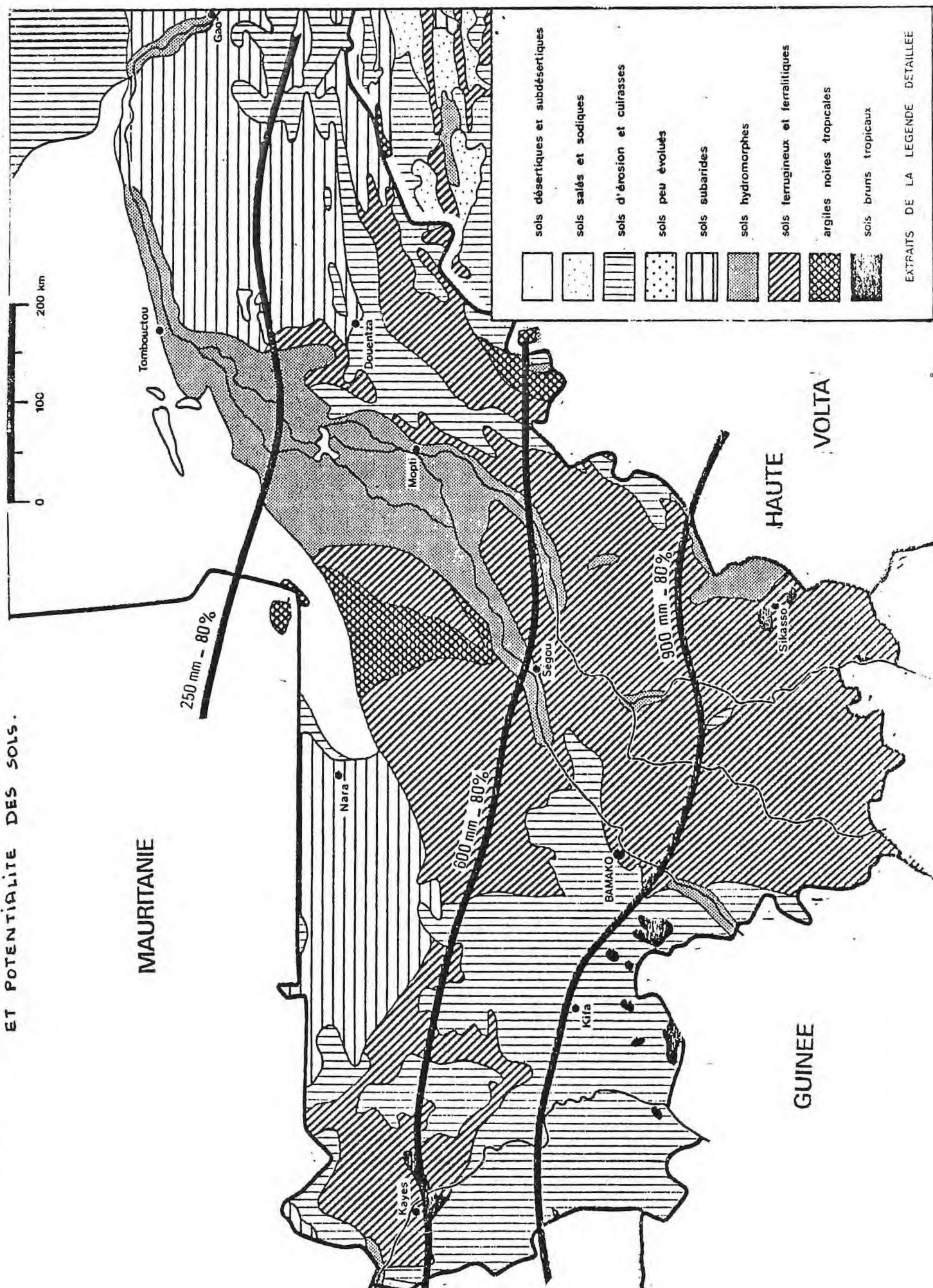
- des cycles longs au Sud : 120 à 140 jours,
- des cycles courts au Nord : 75 à 90 jours,
- des combinaisons associant plusieurs durées de cycles afin de limiter les effets du déficit hydrique.

---

(1) Le FIT (Front Inter-Tropical) est la limite entre les alizés chauds et humides du Sud-Est, venant des océans, et de l'harmattan chaud et sec du Nord-Est, venant des continents (Nord sahélien).

Potentialité des sols

FIG. 1 CARTE DES ISOHYETES  $\alpha$  80% DE REALISATION ET POTENTIALITE DES SOLS.



EXTRAITS DE LA LEGENDE DÉTAILLÉE

Tableau I

## LEGENDE DETAILLEE DE LA CARTE DE POTENTIALITE DES SOLS

(d'après la carte pédologique O.R.S.T.O.M. au 1/5 000 000°  
de l'Atlas International de l'Ouest Africain -O.U.A.-)



Sols minéraux bruts et peu évolués, désertiques et subdésertiques.  
Possibilités agricoles très faibles sauf irrigation des sols subdésertiques, mais généralement coût très élevé (agriculture d'oasis).



Sols halomorphes variés (sols salés et sodiques).  
Valeur agricole nulle sauf investissements considérables.



Sols peu évolués d'apport.  
Utilisables en agriculture avec apport d'eau et de matière organique.  
(donc coût élevé).



Sols d'érosion, minéraux bruts (cuirasses) et sols peu évolués.  
Pâturage extensif ; avec, quand les précipitations le permettent,  
cultures dans les vallées et sur les sols gravillonnaires de bord  
de cuirasses - (2-3 à 5 % de la surface).



Sols isohumiques - subarides.  
Possibilités culturales faibles en égard à la faiblesse des précipitations.  
Cultures variées possibles si irrigation et apport d'engrais.



Sols ferrugineux et sols ferralitiques (+ sols hydromorphes dans les  
bas-fonds - 5-8 % de la surface environ).  
Sols épais et meubles, de richesse chimique variable.  
Facteur limitant prépondérant pour l'agriculture : la répartition  
des pluies. Autrement, bons rendements de cultures variées (mils,  
arachide, coton par ex.) si apport de phosphates et de matière  
organique et si protection contre l'érosion.



Sols hydromorphes.  
Richesse chimique variée.  
Saturés d'eau de façon permanente ou saisonnière, en surface ou en  
profondeur ; d'où nécessité de drainage pour la mise en valeur.  
Dans ce cas, possibilités de cultures variées et potentialités  
intéressantes pour la riziculture.



Vertisols (argiles noires tropicales)  
Sols riches chimiquement mais lourds et ayant besoin d'eau.  
Difficiles à travailler avec les méthodes traditionnelles.  
Bons rendements de cultures variées (mils, sorgho, coton, cultures  
fruitières, canne à sucre, etc...) si travail mécanique et  
irrigation complémentaires.



Sols bruns tropicaux.  
Les plus riches chimiquement de la zone sahélienne ; meubles mais  
pas très profonds : très sensibles à l'érosion.  
Cultures variées - terres à coton par exemple.

## I.2 - Demande évaporative du climat

### a) Définition :

La demande évaporative traduit l'ensemble des facteurs climatiques qui influent sur les pertes d'eau par évaporation au niveau du sol ou d'une nappe d'eau libre, et par transpiration au niveau des plantes.

On peut l'obtenir à partir des calculs ou des mesures d'ETP ; l'ETP est l'évapotranspiration potentielle d'un couvert végétal homogène et dense, de type herbacé, bien approvisionné en eau et soumis aux seules contraintes d'ordre climatique régional (C. DANCETTE 1980 (1)).

Les mesures d'évaporation piche et celles d'évaporation d'eau libre en bacs : bac normalisé classe "A", bac enterré de type ORSTOM, bac flottant, etc..., peuvent donner une idée de la demande évaporative.

Compte tenu des expériences sénégalaises (Doc, C. DANCETTE (1)), le bac classe "A" et le calcul d'ETP s'avèrent fournir les meilleurs renseignements de la demande évaporative.

### b) Evaporation bac classe "A"

La mesure de l'évaporation est extrêmement importante dans le domaine de la climatologie car elle permet d'approcher la notion de besoins en eau des cultures (évapotranspiration maximum ETM), (27).

Le bac classe "A" fournit l'évaporation d'une surface d'eau libre aux conditions climatiques ambiantes. C'est l'évaporation directe de l'eau sous l'effet des paramètres météorologiques (vent, température, rayonnement).

D'après C. DANCETTE (19), la demande évaporative au Sénégal varie au cours de la saison des pluies : très forte au début (8 mm par jour en Juin), elle diminue ensuite avec l'installation des pluies et l'augmentation de l'humidité relative (3 à 5 mm par jour en Septembre), puis elle remonte avec le ralentissement des pluies (6 à 7 mm par jour en Octobre).

Parallèlement, à SIKOSSO, elle varie moyennant 8 mm par jour en Avril et 7 mm par jour en Décembre.

Au cours de la saison des pluies, la demande évaporative peut donc fluctuer brutalement, du fait :

- d'une sécheresse inattendue,
- d'une séquence excessive de pluies.

Compte tenu de la variation des besoins en eau d'une culture liée à la couverture végétale, il est important (19) de ramener les besoins en eau à la demande évaporative (évaporation d'eau libre en bac normalisé classe "A") et de calculer les coefficients culturaux ( $K' = \text{ETM/Bac "A"}$ ).

L'absence des bacs partout a amené C. DANCETTE (19) à trouver une relation entre la pluviométrie et l'évaporation bac (Sénégal) durant la saison des pluies (Juin - Octobre) pendant l'année de sécheresse (1971 - 1976).

$$Ev \text{ BAC} = 10,4 - 2,76 \text{ LN } (P) \quad (v = 0,92)$$

Ev BAC : en mm par jour

P : en mm par jour, moyenne sur 5 mois, de Juin à Octobre

LN : logarithme népérien.

Nous constatons effectivement que plus la pluviométrie est faible, plus l'évaporation est forte et inversement.

Nous devrions penser, dans l'avenir, à estimer la demande évaporative par une étude similaire au Mali, qui reste le plus souvent inconnue.

### c) L'évapotranspiration

L'évapotranspiration d'une culture est la quantité d'eau à la fois évaporée par le sol et transpirée par les mécanismes physiologiques de la plante.

Définie sous forme climatique, l'évapotranspiration potentielle (ETP) est le niveau de consommation maximum déterminée par les conditions climatiques (énergie disponible) si l'alimentation en eau est satisfaisante (9) et s'il n'y a pas de facteur limitant concernant le couvert végétal (plantes couvrant totalement le sol et se trouvant en état physiologique satisfaisant).

Mais, suivant la phase de développement des plantes, la quantité d'évapotranspiration maximale (ETM) est inférieure au niveau autorisé par l'ETP, soit parce que :

- le développement des plantes est insuffisant (couverture incomplète du sol),
- l'état physiologique est limitatif (attaque de parasites, période de maturation).

Lorsque l'état des réserves hydriques du sol est insuffisant, la plante se trouve contrainte à limiter sa consommation et son évapotranspiration réelle (ETR) est d'autant plus réduite que la valeur d'ETP est plus grande et la régulation stomatique plus forte.

Donc, face à une demande climatique (figure 2), la plante répond suivant l'offre représentée par les disponibilités en eau du sol et suivant le débit maximum possible  $Q_{\max}$  (CHAROY, FOREST, LEGOUPIL).

$$ETM = f_v.ETP$$

$$ETR = f_s.ETM = f_s f_v.ETP$$

$$0 \leq f_s \text{ et } f_v \leq 1$$

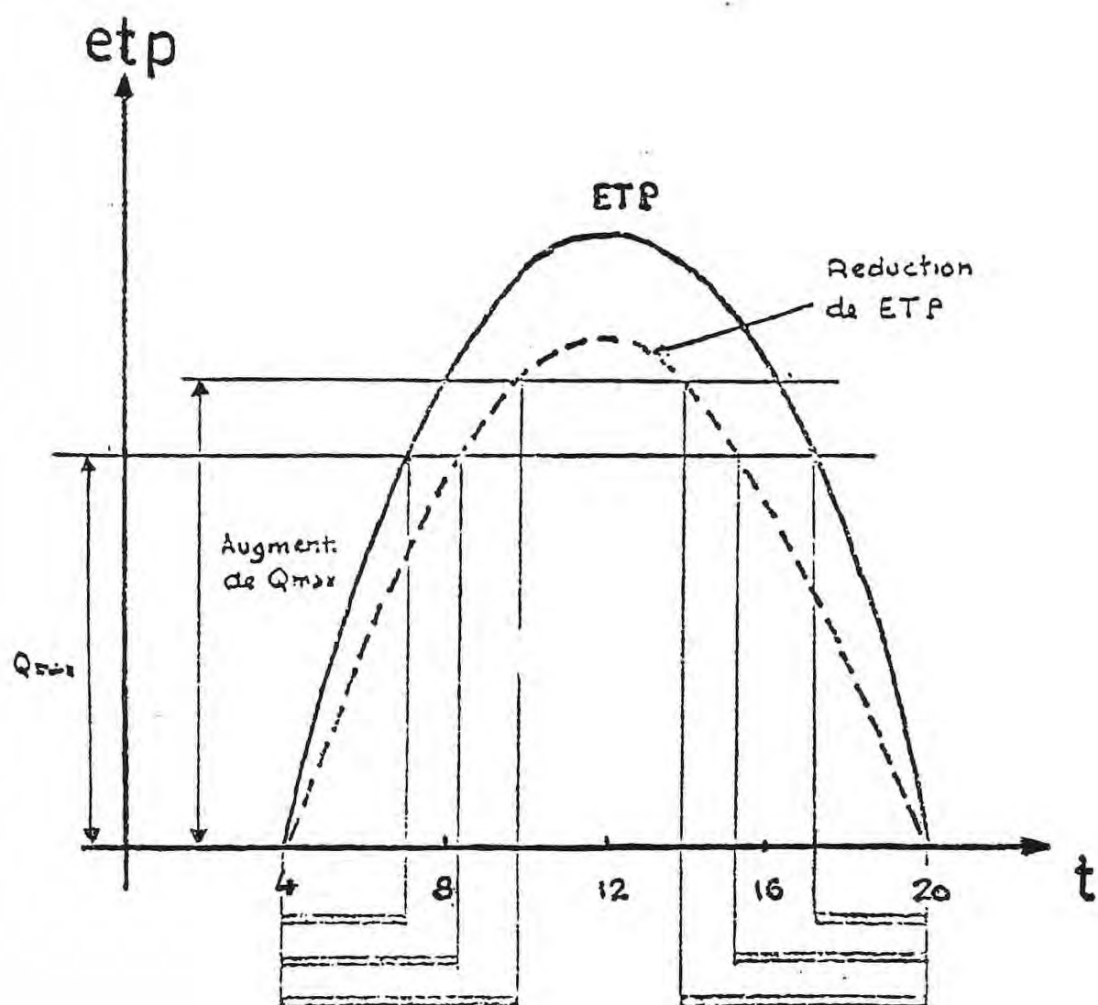
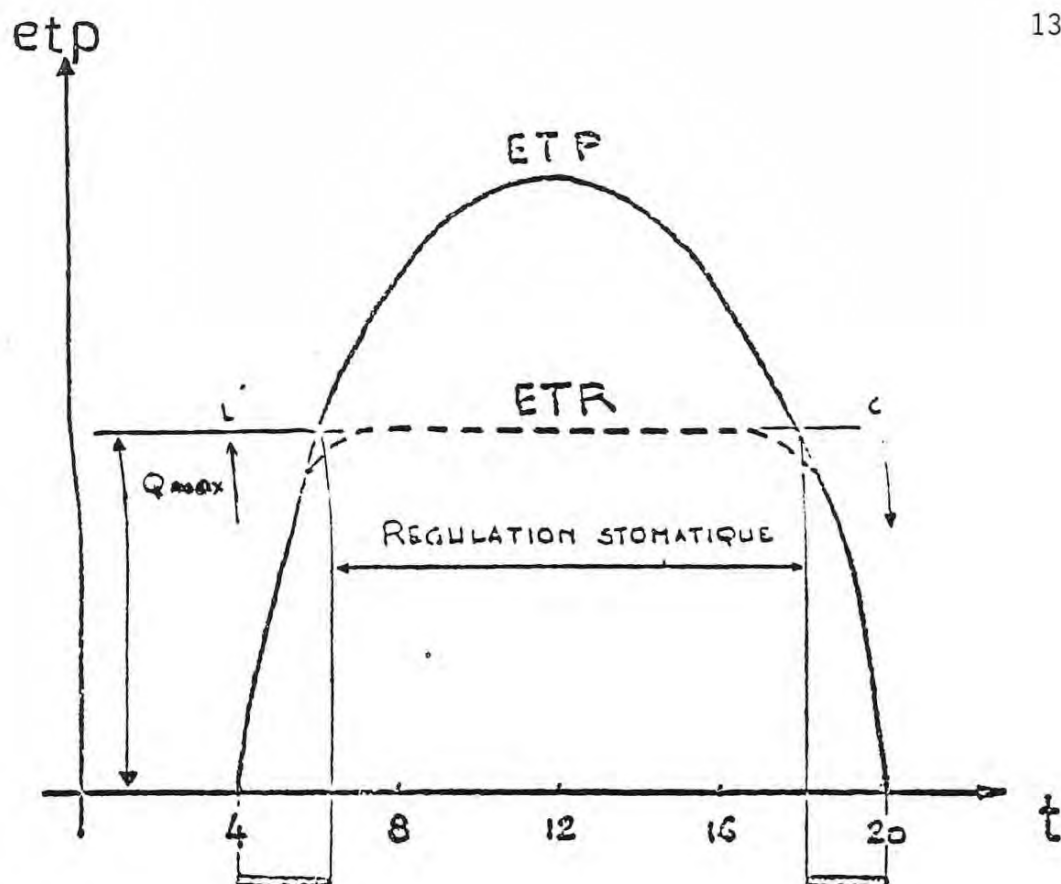
( $f_v$  étant le facteur végétatif,  $f_s$  le facteur sol).

$$ETR \leq ETM \leq ETP$$

L'évaluation de l'évapotranspiration peut s'effectuer de deux manières :

- à l'aide des dispositifs expérimentaux appropriés
  - . évapotranspiromètre (cases lysimétriques) pour l'ETP gazon
  - . tensiomètre et sonde à neutrons pour l'ETM et l'ETR.
- à l'aide de formules : plusieurs formules permettent de calculer l'ETP, comme celles de BLANEY et CRIDDLE (1950), de BROCHET et GERBIER, de TURC, de THORNTHWAITE (8), etc... Mais la formule de PENMAN s'est révélée beaucoup plus précise, compte tenu du

FIG. 2



fait qu'elle utilise plusieurs paramètres climatiques :

- . l'insolation,
- . le vent,
- . la température,
- . la tension de vapeur,

et qu'elle traduit les processus physiques de l'évaporation.

#### d) Relation entre EvBAC "A" et ETP

Une relation étroite existe entre l'évaporation bac classe "A" (valeur mesurée) et l'évapotranspiration potentielle PENMAN (valeur calculée).

C. DANCETTE (1) a trouvé une relation saisonnière et hors saison à BAMBEY, au Sénégal :

- saison sèche (Novembre - Mai) : ETP = 0,65 EV
- saison humide (Juin - Octobre) : ETP = 0,78 EV

Cette relation serait adaptable dans nos régions sahéliennes à la même latitude. Nous avons cherché pour SIKASSO (région humide) une nouvelle relation exprimée mensuellement. Ce coefficient varie de 0,5 au début de l'année à 1,1 pendant la saison pluvieuse, puis à 0,5 à la fin de l'année (Tableau II).

Il ressort de ces études une relation entre ces deux paramètres et les besoins en eau des cultures. Le coefficient peut se calculer de deux manières, suivant les données disponibles :

$$K' \text{ (coefficient cultural)} = \frac{\text{besoin en eau (ETM)}}{\text{Ev BAC}}$$

$$K \text{ (coefficient cultural)} = \frac{\text{besoin en eau (ETM)}}{\text{ETP}}$$

On peut passer facilement de K à K', et vice versa.

Les données des coefficients culturaux par rapport à l'ETP pour les cultures choisies figurent dans le tableau III.

### I.3 - Le bilan climatique (SIKASSO)

L'étude de la pluviométrie à SIKASSO (figure 3) fait ressortir une très grande variabilité de la quantité pluviométrique (valeur maximale : 2000 mm en 1922, valeur minimale : 750 mm en 1973). Face à cette variabilité, nous constatons une baisse inquiétante de la pluviométrie suivant une moyenne mobile de pas de temps de cinq ans (figure 4). On se posera alors la question : jusqu'à quand cette pente peut-elle s'adoucir ?

Néanmoins, pour tester l'aridité d'un milieu, on peut effectuer un bilan hydrique simplifié en faisant la différence entre la pluie et l'évapotranspiration potentielle ( $P - ETP$ ). Dans nos régions sahélienne ce bilan est rarement positif.

| MOIS<br>Décades |   | EVA.BAC<br>mm/j | ETP<br>mm / j<br>(PENMAN) | ETP/EVA |     |
|-----------------|---|-----------------|---------------------------|---------|-----|
| JAN             | 1 | 6.4             | 4.0                       | 0.63    | 0.5 |
|                 | 2 | 6.7             | 3.9                       | 0.58    |     |
|                 | 3 | 7.8             | 3.9                       | 0.50    |     |
| FEV             | 1 | 8.5             | 4.3                       | 0.51    | 0.5 |
|                 | 2 | 8.7             | 4.5                       | 0.52    |     |
|                 | 3 | 8.6             | 4.9                       | 0.57    |     |
| MARS            | 1 | 9.0             | 4.7                       | 0.52    | 0.5 |
|                 | 2 | 8.1             | 4.6                       | 0.57    |     |
|                 | 3 | 9.0             | 5.0                       | 0.56    |     |
| AVR *           | 1 | 8.0             | 4.8                       | 0.60    | 0.6 |
|                 | 2 | 7.2             | 5.4                       | 0.75    |     |
|                 | 3 | 6.9             | 5.2                       | 0.75    |     |
| MAI             | 1 | 6.1             | 5.1                       | 0.84    | 0.8 |
|                 | 2 | 5.8             | 5.0                       | 0.86    |     |
|                 | 3 | 5.4             | 5.1                       | 0.94    |     |
| JUIN            | 1 | 4.3             | 4.6                       | 1.07    | 1.0 |
|                 | 2 | 4.1             | 4.4                       | 1.07    |     |
|                 | 3 | 4.1             | 4.5                       | 1.10    |     |
| JUIL            | 1 | 3.5             | 4.2                       | 1.20    | 1.1 |
|                 | 2 | 3.5             | 4.0                       | 1.14    |     |
|                 | 3 | 3.7             | 3.8                       | 1.03    |     |
| AOUT            | 1 | 3.5             | 4.0                       | 1.14    | 1.1 |
|                 | 2 | 3.2             | 3.8                       | 1.19    |     |
|                 | 3 | 3.4             | 3.3                       | 0.97    |     |
| SEPT            | 1 | 3.7             | 3.5                       | 0.95    | 0.9 |
|                 | 2 | 4.2             | 4.1                       | 0.98    |     |
|                 | 3 | 5.1             | 4.1                       | 0.80    |     |
| OCT             | 1 | 4.8             | 4.3                       | 0.90    | 0.8 |
|                 | 2 | 4.9             | 4.2                       | 0.86    |     |
|                 | 3 | 4.5             | 4.0                       | 0.89    |     |
| NOV             | 1 | 5.5             | 3.9                       | 0.71    | 0.7 |
|                 | 2 | 5.7             | 3.9                       | 0.68    |     |
|                 | 3 | 5.9             | 3.7                       | 0.63    |     |
| DEC             | 1 | 6.2             | 3.5                       | 0.57    | 0.5 |
|                 | 2 | 5.7             | 3.3                       | 0.58    |     |
|                 | 3 | 7.1             | 3.7                       | 0.52    |     |

TABEAU II : Relation entre l'évaporation bac classe "A" et l'évapo-transpiration potentielle (ETP) à SIKASSO.

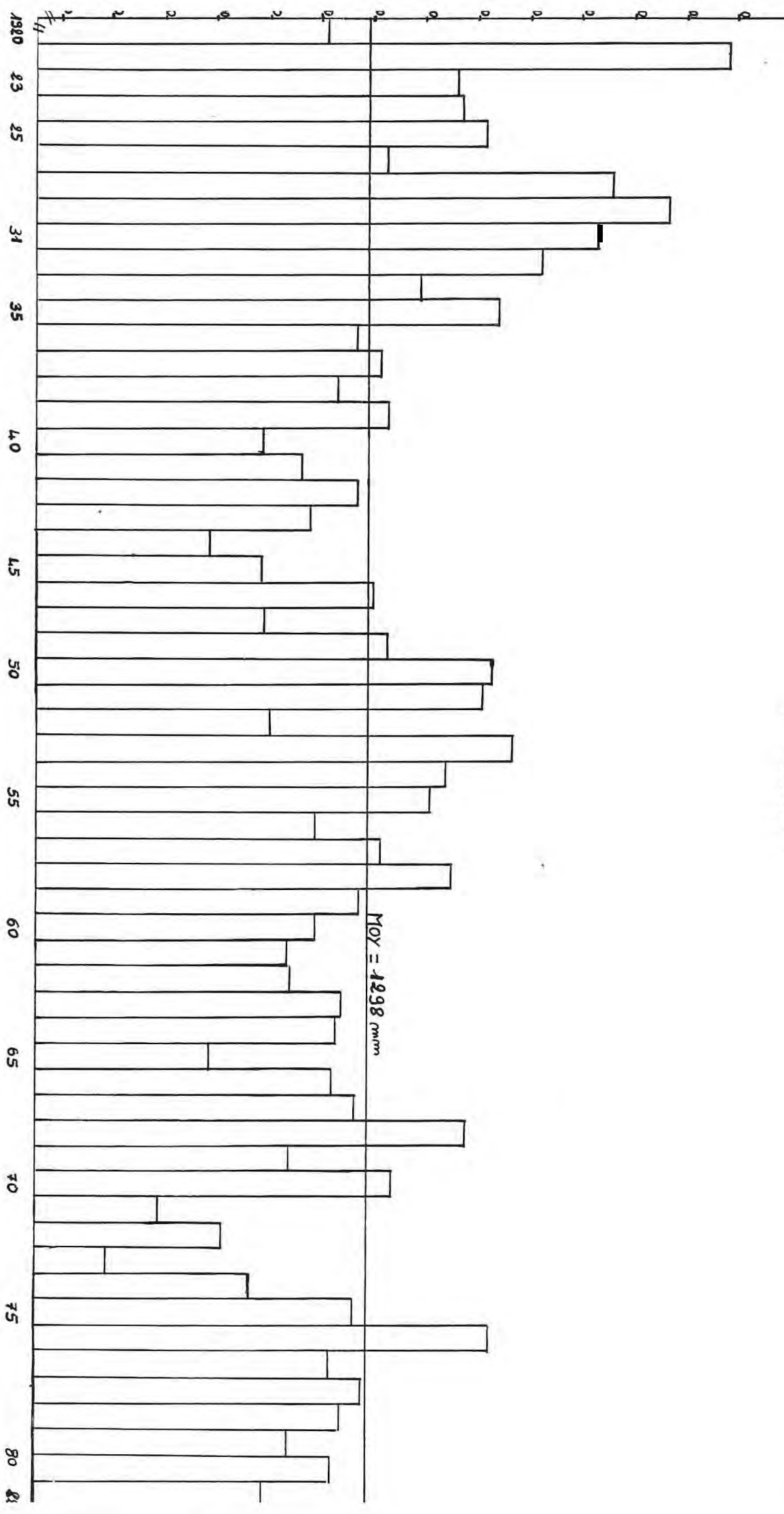
Coefficients culturaux pentadaires de différentes cultures par rapport à 1'ETP.

| CULTURES | Pentades | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | Cycles   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   |
| SORGHO   | 140      | 0.40 | 0.54 | 0.60 | 0.65 | 0.75 | 0.80 | 0.80 | 0.84 | 0.90 | 0.96 | 1.00 | 1.06 | 1.15 | 1.26 | 1.26 |
|          | 125      | 1.15 | 1.15 | 1.00 | 1.00 | 0.96 | 0.90 | 0.85 | 0.69 | 0.65 | 0.60 | 0.54 | 0.48 | 0.42 |      |      |
|          | 110      | 0.40 | 0.54 | 0.60 | 0.65 | 0.69 | 0.80 | 0.84 | 0.90 | 0.96 | 1.00 | 1.06 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.15 |
|          |          | 1.00 | 1.00 | 0.96 | 0.90 | 0.80 | 0.69 | 0.60 | 0.54 | 0.48 | 0.42 |      |      |      |      |      |
|          |          | 0.40 | 0.54 | 0.60 | 0.69 | 0.80 | 0.84 | 0.90 | 0.96 | 1.00 | 1.06 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.00 | 1.00 |
|          |          | 0.96 | 0.80 | 0.69 | 0.60 | 0.54 | 0.48 | 0.42 |      |      |      |      |      |      |      |      |
|          |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ARACHIDE | 120      | 0.26 | 0.30 | 0.38 | 0.40 | 0.48 | 0.52 | 0.64 | 0.70 | 0.75 | 0.83 | 0.97 | 1.07 | 1.10 | 1.05 | 1.00 |
|          | 90       | 0.93 | 0.80 | 0.78 | 0.74 | 0.70 | 0.68 | 0.65 | 0.60 | 0.55 |      |      |      |      |      |      |
|          |          | 0.38 | 0.40 | 0.48 | 0.50 | 0.60 | 0.64 | 0.70 | 0.75 | 0.83 | 0.97 | 1.07 | 1.05 | 1.00 | 0.80 | 0.74 |
|          |          | 0.68 | 0.65 | 0.60 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|          |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| MIL      | 120      | 0.21 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.65 | 0.75 | 0.82 | 0.90 | 0.98 | 1.15 | 1.20 | 1.36 | 1.19 | 1.06 |
|          | 90       | 1.00 | 0.95 | 0.90 | 0.87 | 0.80 | 0.75 | 0.68 | 0.60 | 0.59 |      |      |      |      |      |      |
|          | 75       | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.65 | 0.75 | 0.88 | 0.95 | 0.99 | 1.15 | 1.30 | 1.25 | 1.10 | 1.00 | 0.90 | 0.80 |
|          |          | 0.75 | 0.70 | 0.68 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|          |          | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.95 | 0.80 | 0.75 | 0.70 | 0.65 | 0.58 | 0.55 | 0.50 |
|          |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| MAIS     | 110      | 0.30 | 0.37 | 0.40 | 0.44 | 0.49 | 0.53 | 0.55 | 0.67 | 0.70 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.96 | 0.99 | 1.06 |
|          | 90       | 0.98 | 0.92 | 0.88 | 0.85 | 0.80 | 0.75 | 0.70 |      |      |      |      |      |      |      |      |
|          |          | 0.44 | 0.50 | 0.53 | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.96 | 1.09 | 1.10 | 0.98 | 0.90 | 0.88 | 0.83 |
|          |          | 0.75 | 0.70 | 0.65 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|          |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| NIEBE    | 75       | 0.38 | 0.43 | 0.52 | 0.60 | 0.75 | 0.95 | 1.08 | 1.15 | 1.00 | 0.90 | 0.80 | 0.75 | 0.72 | 0.70 | 0.68 |

▲ PLUIES

Fig: 3 PLUVIOMETRIE TOTALE ANNUELLE DE 1920 - 1982

A SIKASSO



Années manquantes : 24, 29, 30, 34, 39

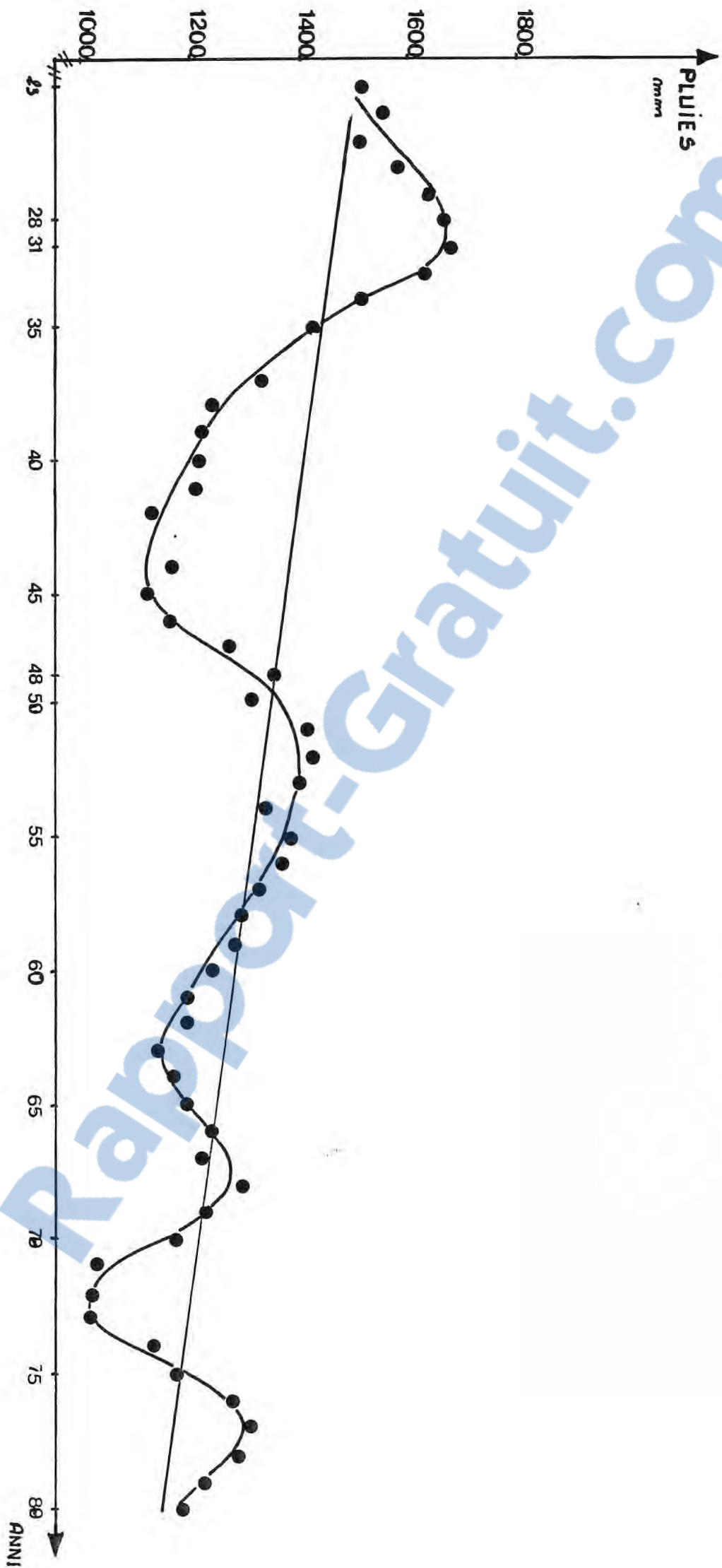


Fig: 4 PLUVIOMETRIE MOYENNE MOBILE  
SIKASSO (Pas de temps = 5 ans)

Comme première approche pour déterminer la période favorable aux cultures (végétation), FRANQUIN a établi un graphique comportant la pluviométrie utile (1) et l'ETP. A partir d'un demi ETP (20), il situe la saison humide annuelle qu'il découpe en périodes :

- préhumides ( $0,5 \text{ ETP} < P \leq \text{ETP}$ )
- humides ( $P > \text{ETP}$ )
- post-humides ( $P \text{ fin année} < \text{ETP}$ )

On accepte aussi de labourer lorsque la pluviométrie devient supérieure ou égale à 0,3 ETP.

L'histogramme pentadaire de la pluviométrie de SIKASSO sur 58 ans, avec la valeur moyenne de l'ETP donnent un aperçu global de ces périodes pré-citées (figure 5) :

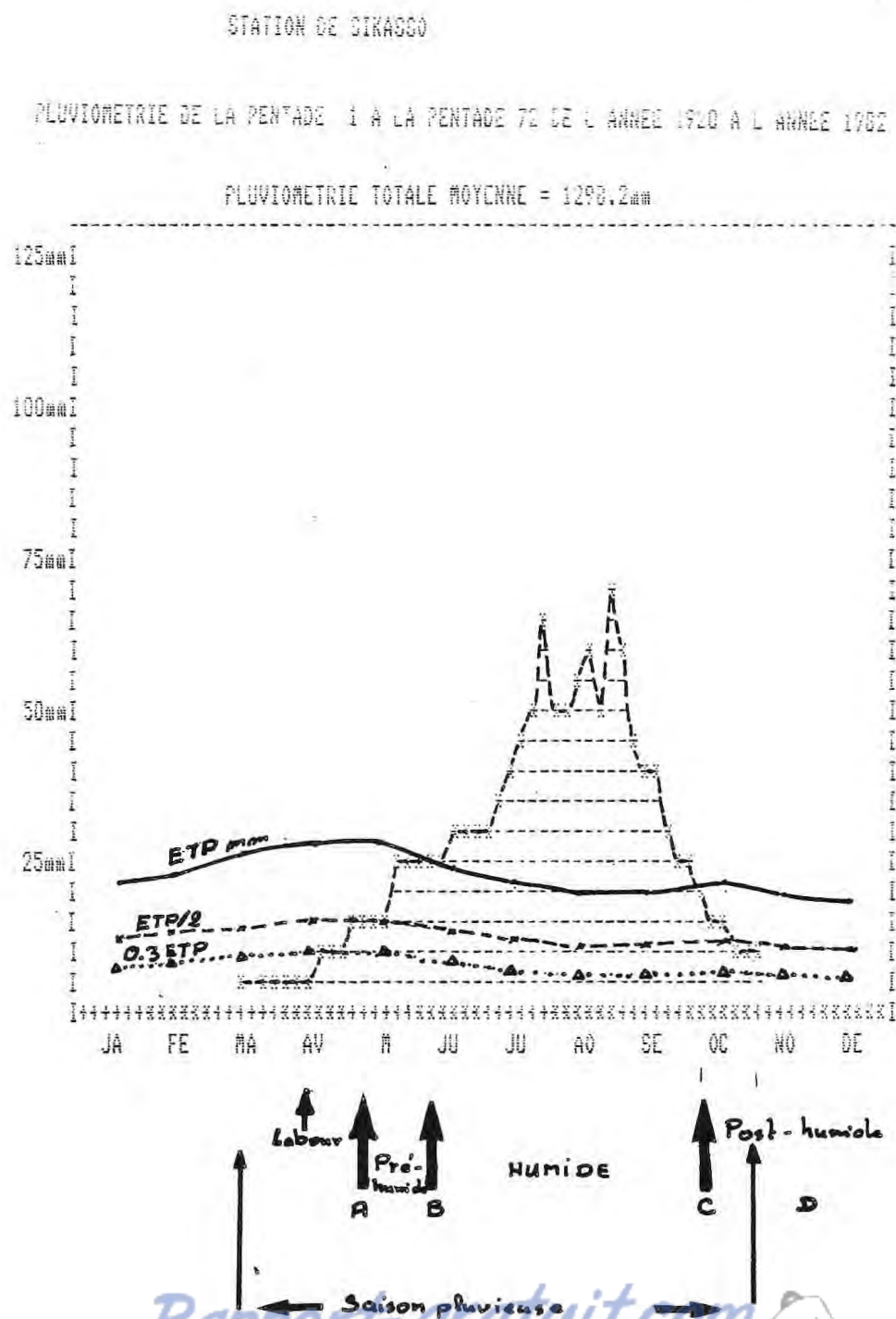
- Période préhumide AB : 6 Mai au 10 Juin (36 jours) ;
- Période humide BC : 11 Juin au 10 Octobre (122 jours) ;
- Période post-humide CD : 11 Octobre au 15 Novembre (36 jours) ;
- Saison pluvieuse : 11 Mars au 5 Novembre (240 jours).

Une étude beaucoup plus approfondie de la saison pluvieuse nous amène à faire une analyse fréquentielle de la pluviométrie afin de mieux appréhender les dates de labour et de semis qui devraient être testées après dans la modélisation du bilan hydrique.

---

(1) La pluviométrie utile (ou efficace) qui tient compte du ruissellement et de l'évaporation au contact du sol peut être prise, en première approximation, égale à 80 % de la pluviométrie totale.

Fig: 5 Decoupage saisonnier à SIKASSO



Rapport-gratuit.com

LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES



## II - LE BILAN HYDRIQUE EFFICACE

L'étude du bilan hydrique est un problème important que l'agronome tente de résoudre. La question fondamentale serait alors de savoir dans quelle mesure il est possible d'atténuer les contraintes pluviométriques par une meilleure adaptation des techniques culturales là où les pluies sont à la fois rares et aléatoires et d'évaluer, de plus, la fluctuation des rendements due à ces aléas.

La détermination statistique des dates de labour et de semis semble donc efficace et cette analyse fréquentielle a été élaborée par l'IRAT - DRD sous forme informatisée.

### II.1 - Analyse fréquentielle

#### a) Méthodologie

L'analyse fréquentielle des pluies est appliquée aux séries chronologiques de pluviométrie journalière des stations.

La variable statistique analysée est la pluviométrie atteinte ou dépassée au cours de la décade (8, 10 ou 11 jours) ou de la pentade (4, 5 ou 6 jours) (cf. Tableau IV)

Valeur minimale observée : m

Valeur quinquennale faible : qf, atteinte ou dépassée 8 années sur 10

Valeur médiane :  $\bar{m}$ , atteinte ou dépassée 5 années sur 10

Valeur quinquennale forte : QF, atteinte ou dépassée 2 années sur 10

Valeur maximale observée : M

On peut aussi analyser fréquentiellement les termes du bilan hydrique à l'aide d'un autre programme.

b) Analyse des dates de labour et de semis  
à SIKASSO

b.1) Détermination des périodes de cultures

Quelques fiches d'analyse fréquentielle de la pluviométrie de 1920 à 1982 (58 années disponibles), pour la station de SIKASSO, se trouvent en Annexe I.

En récapitulant les résultats de cette analyse (tableau IV et figure 6), plusieurs possibilités (choix) nous amènent à des résultats dont il faut une synthèse afin de prendre une décision.

- avec un seuil de labour (15 mm par décade) et de semis (20 mm par décade), nous trouvons (figure 6), compte tenu des probabilités d'atteinte ou de dépassement (80, 50, 20 %), comme dates de labour le 25 Mai et de semis le 5 Juin, avec une probabilité de réalisation égale à 80 % (8 années sur 10).
- Mais, compte tenu des besoins en eau (ETM) des cultures (figure 7), calculés à partir des coefficients cultureux, le semis peut être effectué dès le début de la troisième décade de Mai (à partir du 21 Mai) et s'étendre jusqu'en fin Juin, suivant les types de cultures (cycle).

b.2) Etude des possibilités de labour et de semis :

Selon l'étude de FRANQUIN, le labour et le semis peuvent avoir lieu lorsque, respectivement, la pluviométrie atteint ou dépasse 0,3 ETP et dépasse 1/2 ETP. Nous avons étudié deux possibilités :

- le labour simple durant la période du 16 Avril au 5 Mai (20 jours). La pluviométrie est 41 mm sur, en moyenne, 5 jours et il y a plus de 10 jours disponibles pour effectuer les travaux.
- le labour et le semis simultanés du 6 Mai au 10 juin (36 jours). La pluviométrie est de 144 mm en 12 jours, avec plus de 20 jours disponibles pour les deux travaux (voir le tableau page 27).

| Fréquence<br>Mois<br>décades |   | MINIMUM<br>m | QUINQUENNA-<br>LE FAIBLE<br>qf | MEDIANE<br>5 | QUINQUENNA-<br>LE FORTE<br>QF | MAXIMUM<br>M |
|------------------------------|---|--------------|--------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|
| JAN                          | 1 | 0            | 0                              | 0            | 0                             | 19.3         |
|                              | 2 | 0            | 0                              | 0            | 0                             | 8.0          |
|                              | 3 | 0            | 0                              | 0            | 0                             | 1.1          |
| FEV                          | 1 | 0            | 0                              | 0            | 0                             | 95.9         |
|                              | 2 | 0            | 0                              | 0            | 0                             | 110.9        |
|                              | 3 | 0            | 0                              | 0            | 0                             | 25.0         |
| MARS                         | 1 | 0            | 0                              | 0            | 2.4                           | 29.6         |
|                              | 2 | 0            | 0                              | 0            | 7.3                           | 46.7         |
|                              | 3 | 0            | 0                              | 2.5          | 16.1                          | 76.1         |
| AVR                          | 1 | 0            | 0                              | 3.5          | 18.6                          | 83.0         |
|                              | 2 | 0            | 1.7                            | 8.0          | 36.1                          | 67.5         |
|                              | 3 | 0            | 2.4                            | 15.7         | 37.6                          | 83.9         |
| MAI                          | 1 | 0            | 3.5                            | 20.7         | 43.8                          | 157.2        |
|                              | 2 | 0            | 9.8                            | 28.0         | 47.0                          | 103.1        |
|                              | 3 | 0            | 20.7                           | 47.4         | 75.5                          | 241.0        |
| JUIN                         | 1 | 1.0          | 24.3                           | 42.3         | 77.1                          | 125.2        |
|                              | 2 | 1.2          | 35.5                           | 57.8         | 76.1                          | 139.7        |
|                              | 3 | 7.5          | 36.2                           | 53.7         | 72.1                          | 189.3        |
| JUIL                         | 1 | 6.3          | 41.1                           | 63.2         | 89.3                          | 196.8        |
|                              | 2 | 15.6         | 42.3                           | 81.2         | 123.3                         | 258.2        |
|                              | 3 | 45.2         | 80.9                           | 107.4        | 138.9                         | 244.0        |
| AOUT                         | 1 | 19.1         | 54.8                           | 92.0         | 138.1                         | 319.3        |
|                              | 2 | 37.1         | 67.0                           | 104.7        | 144.6                         | 264.5        |
|                              | 3 | 27.0         | 64.3                           | 110.5        | 163.2                         | 258.5        |
| SEPT                         | 1 | 7.1          | 63.3                           | 92.2         | 139.6                         | 258.8        |
|                              | 2 | 16.6         | 38.7                           | 72.8         | 111.0                         | 326.7        |
|                              | 3 | 11.9         | 29.0                           | 52.6         | 76.9                          | 147.8        |
| OCT                          | 1 | 2.0          | 18.5                           | 39.6         | 75.7                          | 120.8        |
|                              | 2 | 0            | 6.3                            | 28.6         | 52.7                          | 104.0        |
|                              | 3 | 0            | 2.5                            | 15.4         | 32.1                          | 188.0        |
| NOV                          | 1 | 0            | 0                              | 4.4          | 21.3                          | 78.5         |
|                              | 2 | 0            | 0                              | 0            | 3.7                           | 31.0         |
|                              | 3 | 0            | 0                              | 0            | 1.8                           | 24.5         |
| DEC                          | 1 | 0            | 0                              | 0            | 0                             | 37.1         |
|                              | 2 | 0            | 0                              | 0            | 0                             | 40.7         |
|                              | 3 | 0            | 0                              | 0            | 0                             | 6.0          |
| Labour : 25 Mai - 5 Juin     |   |              |                                |              |                               |              |
| Semis : 6 Juin - 30 Juin     |   |              |                                |              |                               |              |

TABLEAU IV : Analyse des fréquences de dépassement de la pluviométrie sur 58 ans (1920 - 1982), station de SIKASSO (Mali).

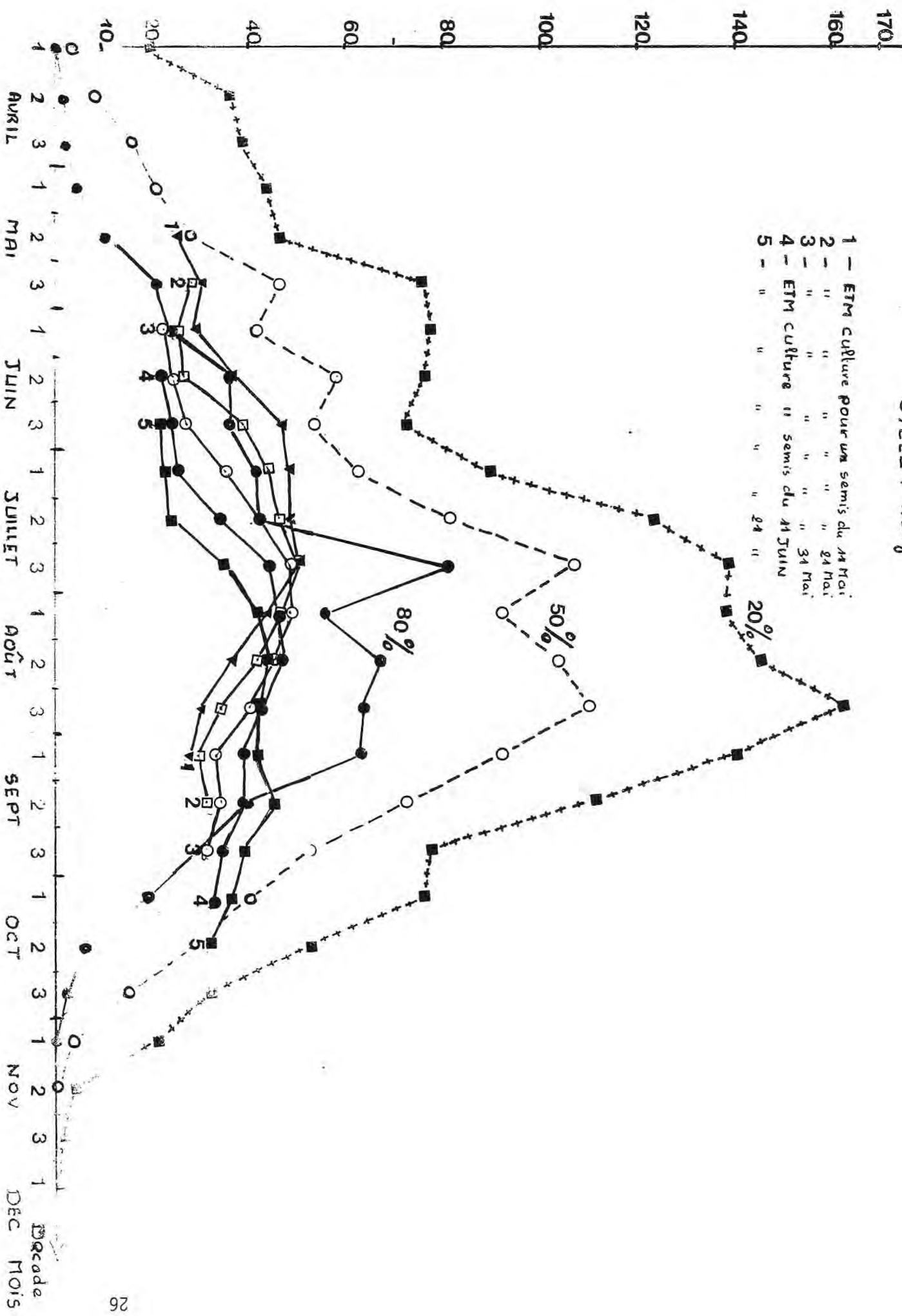
51KAS50



PLUIES  
mm

FIG: 7 SORGHO . DETERMINATION DES DATES DE SEMIS  
CYCLE : 120j

- 1 - ETM culture pour un semis du 14 Mai
- 2 - " " " " 24 Mai
- 3 - " " " " 31 Mai
- 4 - ETM culture " semis du 11 Juin
- 5 - " " " " 24 "

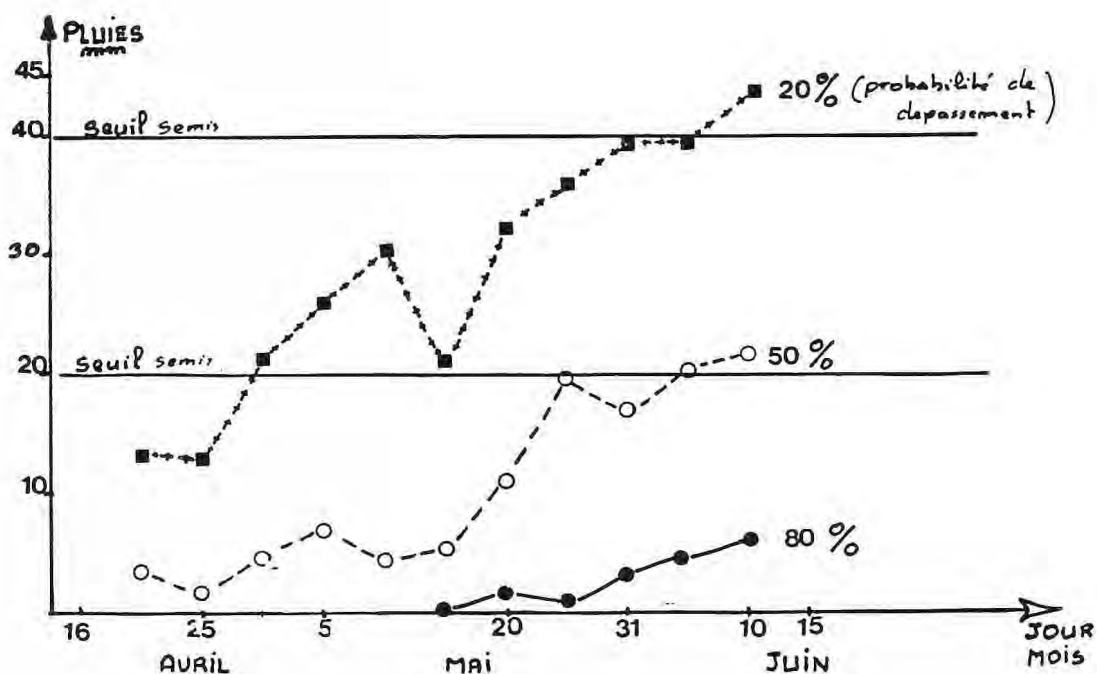


| Période<br>(durée)                 | Nbre de<br>jours de<br>pluie(1) | NJP1 (2) | NJP2 (3) | NJS1 (4) | NJS2 (5) | Pluie<br>totale<br>mm | TRAVAUX              |
|------------------------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------------------|----------------------|
| 16 Avril au<br>5 Mai<br>(20 jours) | 5                               | 2        | 1        | 2        | 0.5      | 41                    | Labour               |
| 6 Mai au<br>10 Juin<br>(36 jours)  | 12                              | 5        | 2        | 3        | 1        | 144                   | Labour<br>+<br>Semis |

POSSIBILITES DE LABOUR et/ou DE SEMIS A SIKASSO SUR 50 ANS (1931-1982)

- (1) - Valeur moyenne
- (2) - Nombre de périodes comportant un seul jour de pluie
- (3) - Nombre de périodes comportant deux jours de pluie
- (4) - Nombre de périodes comportant 5 jours sans pluie
- (5) - Nombre de périodes comportant 10 jours sans pluie

Une analyse fréquentielle de la pluie du 16 Avril au 10 Juin est illustrée sur la figure ci-dessous par rapport à des seuils de semis :



### c) Conclusion

A partir de ces différentes études sur l'analyse fréquentielle de la pluviométrie, nous pouvons dire que la date de labour peut se situer grosso modo à partir du 6 Mai, suivi du semis, avec des possibilités de temps de travaux de 10 jours, jusqu'au 10 Juin.

Mais il faudrait être prudent quant à l'application directe sur le terrain, compte tenu d'autres facteurs impératifs. Ceci nous amène même à étudier la modélisation du bilan hydrique qui ressort des périodes de stress hydrique et d'excès hydrique, rendant difficile une telle décision.

## II.2 - Simulation et analyse fréquentielle du bilan hydrique

### II.2.1 - Modélisation du bilan hydrique

Le principe de la modélisation est de résoudre l'équation générale du bilan hydrique (9) à une échelle de temps plus ou moins fine :

$$P + (I) + \text{RUS} + \text{Dr} + \Delta S - \text{ETR} = 0 \quad (\text{Période : } \overline{II})$$

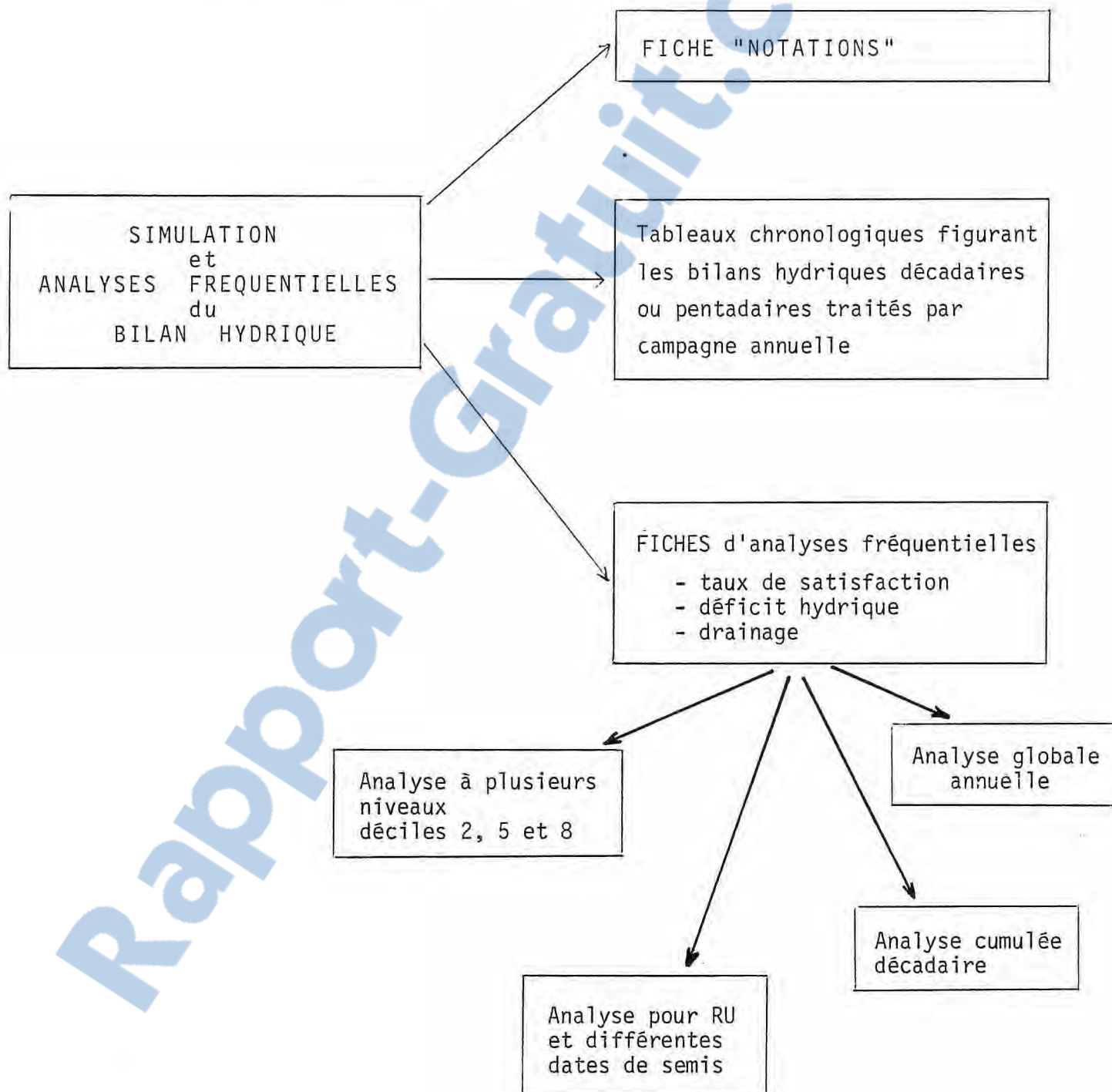
P : précipitation  
 I : irrigation complémentaire  
 RUS : ruissellement  
 Dr : drainage, percolation ou remontée de nappe  
 $\Delta S$  : variation du stock d'eau du sol  
 ETR : évapotranspiration réelle

Suivant les moyens modernes en informatique, la résolution numérique de cette équation n'est plus un grand problème mais elle doit convenir aux objectifs des projets de recherches, d'irrigation et de planification, bien que confrontée par ailleurs aux contraintes économiques et technologiques pour la maximisation de la production (le modèle n'est qu'empirique et ne prend en compte que des hypothèses de simplification compatibles avec la nature du problème traité). La qualité de la simulation est déterminée par :

- la précision des données introduites,
- la validité des hypothèses de travail,
- la finesse de la période d'étude.

### II.2.2 - Schéma général de lecture des résultats :

Pour bien appréhender la démarche que nous avons suivie,  
un schéma organisationnel a été établi :



a) Fiche "Notations" et tableaux chronologiques du bilan hydrique :

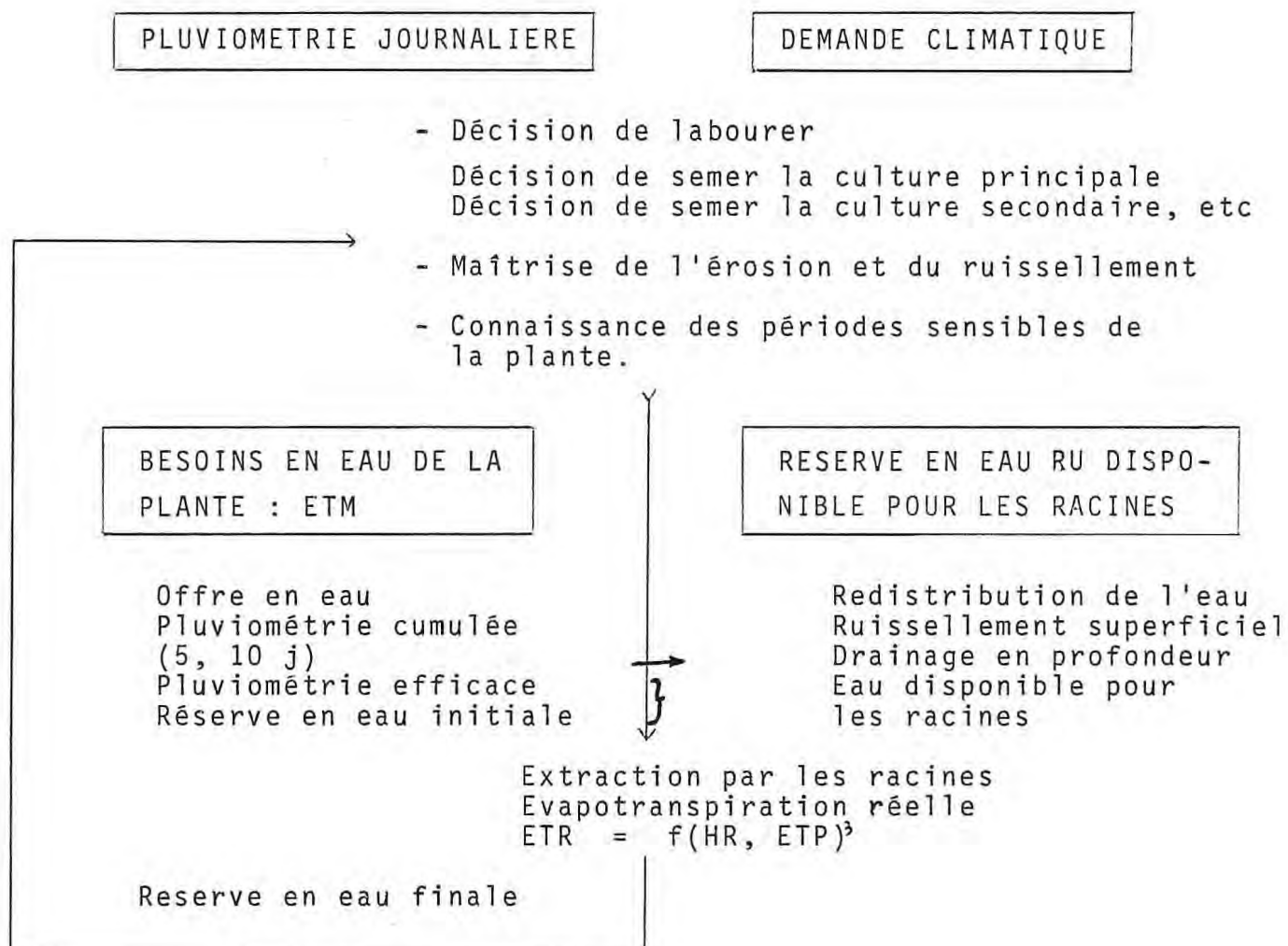
- Listing du bilan hydrique

L'expérience tropicale de l'IRAT a permis de mettre au point un modèle de bilan hydrique informatisé, prenant en compte quatre types d'informations susceptibles d'alimenter un programme de calcul adapté à la réalité agronomique, c'est à dire tenant compte des décisions de l'agriculteur et du niveau technique de maîtrise de la parcelle (figure 8).

Fig 8

BILAN HYDRIQUE PENTADAIRE (SJ) OU  
DECADAIRE D'UNE CULTURE PLUVIALE

IRAT - GERDAT



De ces expériences, une approche analytique du bilan hydrique des couverts végétaux a été établie à partir des connaissances de bases acquises sur le terrain :

- pluviométrie
- caractérisation de l'aptitude des sols à l'irrigation
- choix des cultures et des rotations
- besoins en eau des cultures.

Le calcul du bilan hydrique prend donc en compte les données : pluviométrie (P), réserve utile du sol (RU), évapotranspiration potentielle (ETP), coefficients culturaux (K) et les résultats obtenus sont susceptibles d'être analysés fréquemment : l'évapotranspiration réelle (ETR), la réserve en eau du sol (RS), la percolation profonde ou drainage (Dr), l'indice de satisfaction hydrique de la culture (ETR/ETM), le déficit hydrique d'alimentation (ETM - ETR = DEFI).

- Explication de ces termes :

- . La pluviométrie (P) analysée correspond à la pluviométrie de la station, considérée durant un bon nombre d'années; à SIKASSO, on a pris de 1920 à 1982 (58 années, avec des années manquantes).
- . Le ruissellement (RUS) doit être pris en compte du fait de la très faible perméabilité des sols.
- . L'évapotranspiration réelle (ETR) est estimée par une relation polynomiale mise au point par J.F. EAGLEMAN, à partir de mesures "in situ" de l'évapotranspiration réelle d'un couvert de graminées. La fonction d'évaluation de l'ETR ainsi déterminée est liée à deux paramètres :
  - la demande climatique au niveau du couvert végétal (ETM)
  - l'humidité relative (HR) disponible pour l'enracinement.

$$HR = \frac{\text{pluie décade } i + \text{réserve sol décade } i-1}{\text{réserve en eau exploitée}} = \frac{P_i + R_{si-1}}{RV}$$

Le modèle calcule la valeur du terme HR pour chaque décade analysée et, en fonction des valeurs de l'ETM, donne une estimation de l'évapotranspiration réelle ETRi au cours de la décade. Cette valeur ETRi est utilisée dans la suite des calculs pour l'estimation de la réserve en eau résiduelle RSi. La figure 9 d'EAGLEMAN présente la relation entre ETR journalière et ETM journalière pour différentes valeurs de l'humidité relative disponible (HR).

L'objet de l'irrigation sera d'assurer au meilleur coût l'alimentation hydrique des cultures de telle façon que  $0,7 \leq HR \leq 1,0$ .

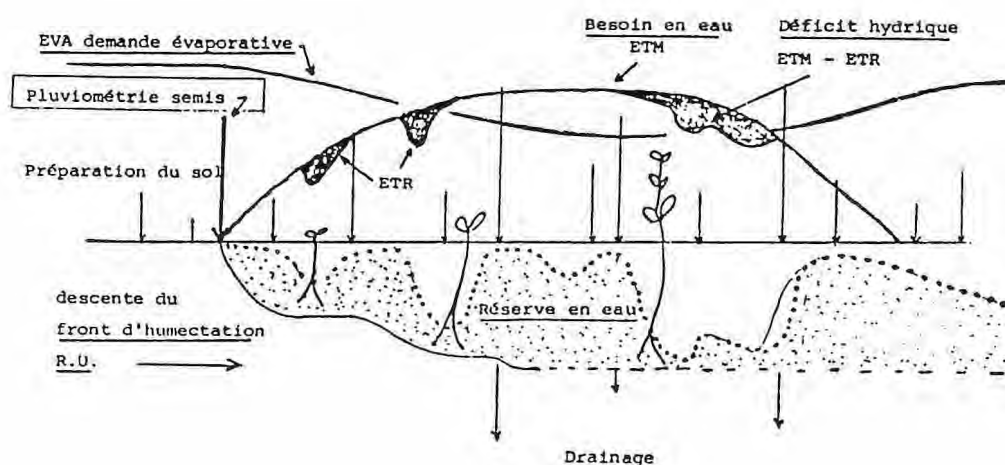
- lorsque le front d'humectation atteint et dépasse la limite fixée pour l'exploitation racinaire (par exemple  $RV = RU = 60 \text{ mm}$ ), l'excédent d'eau est considéré comme un drainage en profondeur (Dri).
- le déficit d'alimentation ( $ETM - ETR$ ) de la culture est le paramètre déterminant dans le cas de l'étude d'un projet d'irrigation.

$$DEFI = ETM - ETR$$

**PRINCIPE DU BILAN HYDRIQUE D'UNE CULTURE PLUVIALE B.I.P.**

Hydraulique - Agricole  
IRAT - D.R.D.

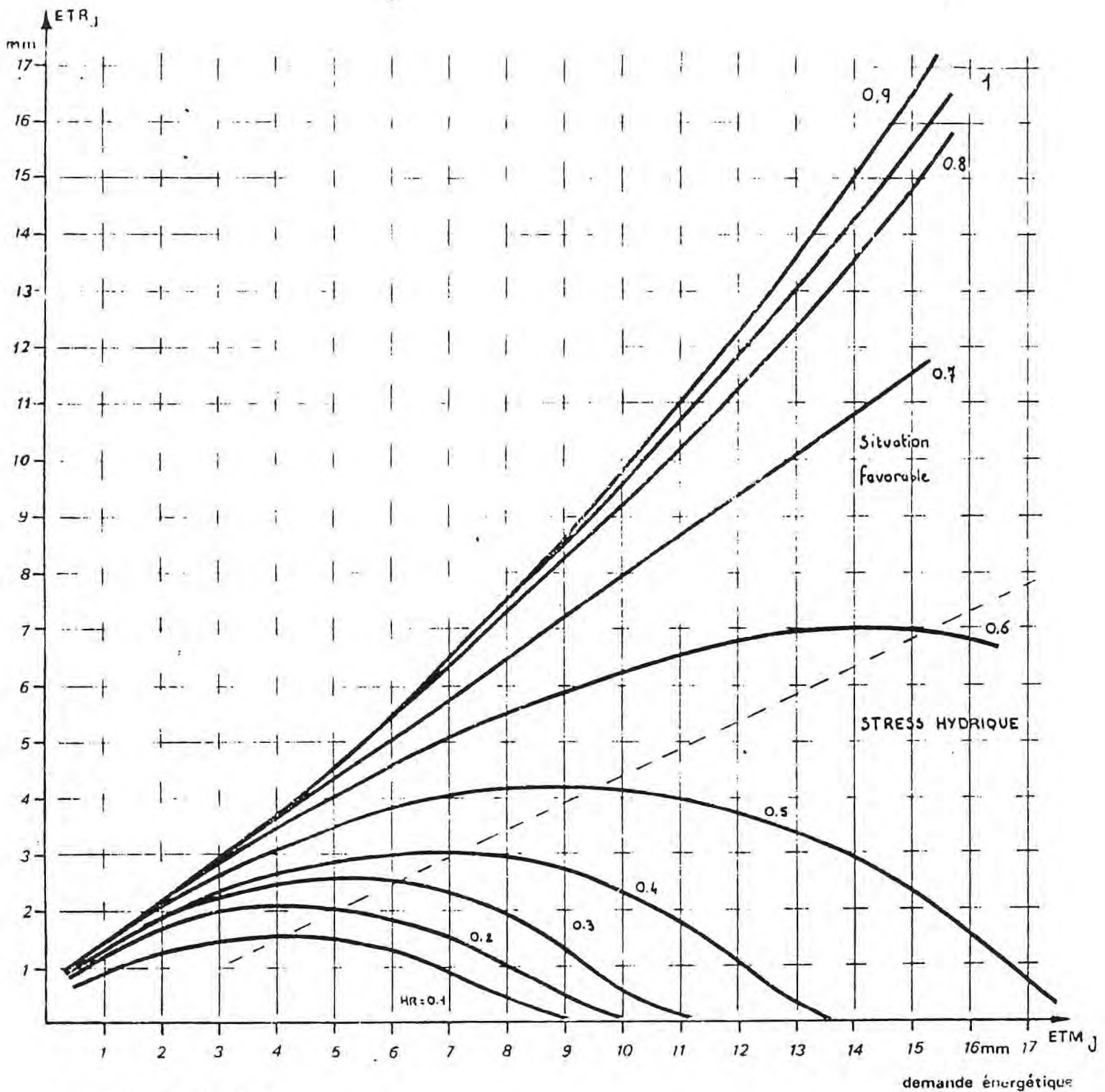
Pas de temps 5 ou 10 jours



Le bilan hydrique ainsi informatisé fait appel à un système conversationnel d'introduction de données (figure 11).

PRINCIPE DE CALCUL DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION REELLE DE  
LA CULTURE

Relation entre l'évapotranspiration réelle journalière  $ETR_J$  et  
la demande  $ETM_J$  en fonction de l'humidité disponible



Fonction d'EAGLEMAN

$$ETR_J = 0.732 - 0.050 ETM_J + \left[ 4.97 ETM_J - 0.661 ETM_J^2 \right] HR - \left[ 8.57 ETM_J - 1.56 ETM_J^2 \right] HR^2 + \left[ 4.35 ETM_J - 0.880 ETM_J^2 \right] HR^3$$

Les données nécessaires qui doivent être introduites au clavier de l'ordinateur sont :

1. Pas du temps de calcul

5 ou 10 jours selon la précision recherchée. Le pas de 5 jours est recommandé pour les sols dont la réserve utilisable est inférieure ou égale à 80 mm.

2. Nom du pays et de la station

3. Décade ou pentade de semis au plus tôt

C'est la période à partir de laquelle l'agriculteur escompte semer si une pluie jugée favorable arrive.

4. Seuil de pluviométrie pour le semis précoce

La valeur de la pluie de semis est d'autant plus élevée que sa venue est précoce. En terme agronomique, la pluie de semis ou de levée générale de la végétation permet d'assurer la colonisation du champ par la culture (par l'herbe si le milieu n'est pas maîtrisé).

5. Nombre de situations agro-climatiques à tester

Pour étudier plusieurs alternatives correspondant à la recherche du calage agro-technique optimal (préparation + semis + bilan hydrique + post-récolte), l'utilisateur se propose de réaliser plusieurs simulations.

6. Nom de la culture

Identification correspondant à la base de données "Plantes Besoins en Eau".

7. Valeur de la réserve utilisable

Le terme RU correspond à la quantité maximale d'eau stockable dans l'horizon de sol occupé par les racines.

8. Durée du cycle

Période de culture (semis-récolte) de la plante considérée.

9. Valeur du coefficient de ruissellement

En sol sableux, le ruissellement n'est pas pris en compte. Pour les autres sols, le coefficient de ruissellement est introduit à partir d'une pluie seuil correspondant au début de déstructuration du billon ou du sillon.

Exemple : Sol ferrugineux dégradé :

P seuil = 20 mm , K ruiss. = 20 %

Exemple : Sol vertique :

P seuil = 20 mm , K ruiss. = 30 %

#### 10. Réduction de l'humidité disponible

Lorsque la plante a supporté une période sèche et que de nouvelles pluies arrivent, la consommation ETR ne remonte pas instantanément au régime ETM. Un effet retard est considéré en introduisant un facteur de réduction de l'humidité disponible de l'ordre de 30 %.

#### 11. Base de données ETP ou EVA.BAC

C'est la demande évaporative exprimée en valeur décadaire (36 valeurs).

#### 12. Les coefficients culturaux

Définis comme coefficients de végétation, ils sont le rapport entre ETM et l'EVA.BAC classe "A" :

$$K'v = \frac{\text{ETM}}{\text{EVA BAC classe "A"}}, \text{ ou l'ETP (tableau II)}$$

#### 13. Dose irrigation en semis

Dans l'optique d'évaluer l'intérêt du recours à l'irrigation de complément, il est possible de tester l'hypothèse irrigation au semis qui permet d'avancer légèrement la date d'implantation de la culture et de recharger la réserve en eau du sol, pour assurer la colonisation du champ par la culture.

#### 14. Dose irrigation en cours de cycle

Pour compenser le déficit hydrique en cours de cycle, le modèle se propose de tester un programme d'irrigation de base, construit à partir d'une consigne ou dose d'irrigation en cours de cycle que le modèle injecte lorsque la réserve du sol devient inférieure à 40 % de la RU.

#### 15. Le découpage de la période de culture

Dans l'objectif de situer les périodes de plus ou moins grande sensibilité de la culture au déficit hydrique, l'utilisateur a la possibilité de découper le cycle de culture en quatre périodes.

Une première approche consiste à se caler grossièrement sur les phases végétatives de la culture :

IDV : installation et croissance végétative  
 FL1 : initiation paniculaire ou florale  
 FL2 : formation épi ou gynophore ou gousse  
 MATU : remplissage et maturation

#### 16. Le calage variétal

En conditions pluviales, le démarrage de la végétation est dépendant d'une pluie élevée, assurant l'humectation du sol en profondeur et, par suite, la levée générale de la végétation (plante - herbe).

Afin de prendre en compte les diverses situations agro-techniques possibles, le modèle a proposé un critère de décalage, exprimé en nombre de jours.

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| - semis en sec ou sur pluie | = 0 jour           |
| - Labours + semis           | = 5 jours          |
| - Semis culture 2           | = 20 jours         |
| - Ennui technique           | = 10, 15, 20 jours |

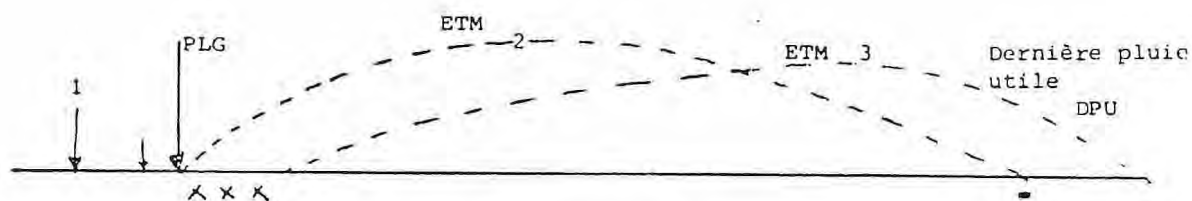
décalage

L'expérience agronomique montre que la prise en compte de ce critère est fondamentale si l'on veut apprécier la faisabilité agro-climatologique d'un système de culture (figure 10).

./.

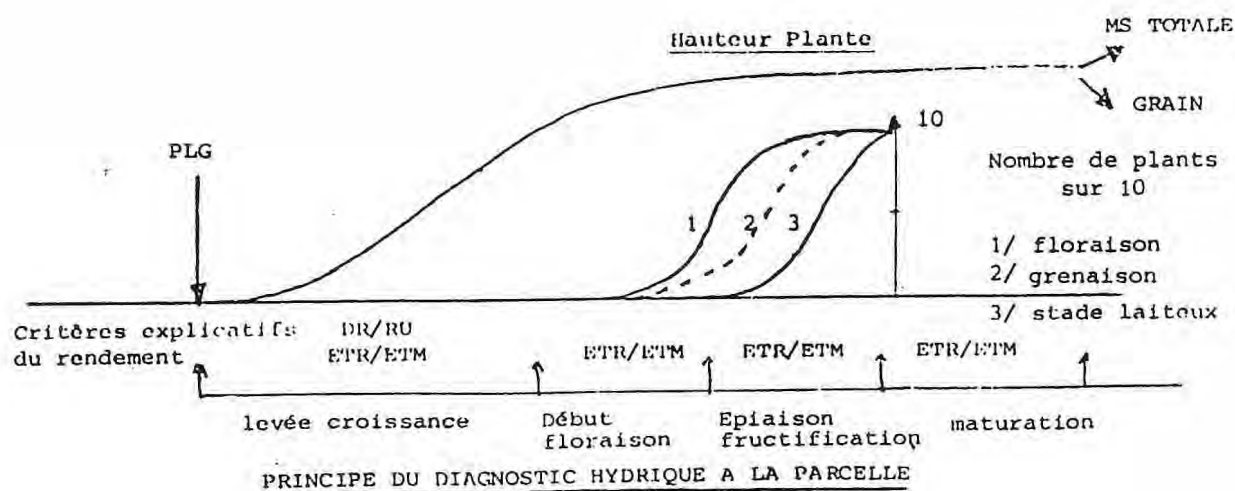
FIG. 10

LA PLUIE DE LEVEE GENERALE DE LA VEGETATION ET  
LE CALAGE VARIETAL SELON LE SYSTEME DE CULTURE



- Situation 1 . Semis en sec après chaque pluie et attente de la pluie d'humectation pour la levée générale. (PLG).
- Situation 2 . levée en masse des semis en sec -  
 . semis dans les heures, ou jour suivant la pluie -  
 décalage inférieur à 5 jours.
- Situation 3 . Semis 15 jours après la pluie d'humectation profonde PLG  
 . risque compétition enherbement  
 . perte de la ressource en eau (15 jours d'évaporation sol nu)  
 . risque déficit en fin de cycle.

RELATION ENTRE LES TERMES DU BILAN HYDRIQUE ETR/ETM CALCULES  
POUR 4 PERIODES DE VIE ET LES COMPOSANTES DU RENDEMENT





Trois termes ont révélé un intérêt opérationnel :

1. Le drainage :

Il constitue une perte d'eau pour les cultures, bien que source d'alimentation des nappes phréatiques. Le drainage peut avoir deux portées néphastes sur les cultures :

- soit un indice de lessivage ( $\frac{DR}{RU}$ ) dans les sols perméables, important en début de cycle .
- soit un indice d'hydromorphie, d'asphyxie dans les sols peu filtrants.

2. Le taux de satisfaction des besoins en eau  $\frac{ETR}{ETM}$   
explicatif des rendements dans les zones semi-arides.

3. Le déficit hydrique  $ETM - ETR$  permet de savoir, durant la période choisie, 5 ou 10 jours, les besoins d'irrigation pour assurer les besoins optimaux de la plante.

Dans la nouvelle version du BIP (bilan hydrique pour les cultures pluviales), le bilan hydrique racinaire BIR fait apparaître le développement racinaire dans la colonne  $RU \sim I$ , à ne pas confondre avec le ruissellement.

b) Fiches d'analyse fréquentielle

Un programme appelé Bilan.com permet d'analyser fréquemment les termes d'intérêt opérationnel : Annexe II.

### II.3 - Etude des résultats des analyses à SIKASSO

#### II.3.1 - Caractéristiques physiques et hydriques des sols :

La grande hétérogénéité des textures, depuis sableuses ou très argileuses en surface, avec des discontinuités texturales et structurales en profondeur traduisent les caractères pédologiques des sols du Mali.

La surface de ces sols est presque plane, à pente très faible, parcourue de bourrelets sableux enserrant d'anciens bras morts comblés d'alluvions et en légère dépression favorisant l'accumulation d'eau de pluie, et ceci au Nord du Mali (même type de sol à SONA, au Niger, d'après C. FEAU (6)).

La partie du niveau bas des sols sableux présente des traces d'hydromorphie qui se manifestent aussi superficiellement dans certaines cuvettes argileuses au centre du pays.

Dans l'extrême sud, les sols sont hydromorphes, avec une teneur en argile de 5 à 8 % (figure 1, tableau I).

Le sol à SIKASSO est de type ferrugineux et ferralitique (+ sols hydromorphes dans les bas-fonds, 5 à 8 % de la surface environ). Ce sont des sols épais et meubles, de richesse chimique variable (ORSTOM). Mais ce type de sol présente une carapace indurée limitant l'enracinement de la culture entre 0,60 m et 1 m de profondeur.

L'horizon superficiel (0 - 10 cm) est caractérisé par une perméabilité élevée, due aux sables fins et limons grossiers et l'horizon (20 - 40 cm) est nettement argileux (Tableau V).

| ANALYSE  | ARGILE | LIMONS<br>FINS | LIMONS<br>GROSSIERS | SABLES<br>FINS | SABLES<br>GROSSIERS |
|----------|--------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|
| Horizon  |        |                |                     |                |                     |
| 0-70 cm  | 9      | 5              | 22                  | 33             | 31 %                |
| 20-40 cm | 28     | 5              | 19                  | 24             | 21 %                |

TABLEAU V : Caractérisation pédologique parcelle "Entretien de la fertilité" (Analyse sur sol ferralitique à SARIA, en Haute Volta).

Tableau V (suite) : la densité apparente

|                   |      |       |       |       |        |
|-------------------|------|-------|-------|-------|--------|
| Horizon cm        | 2-12 | 15-25 | 30-40 | 50-60 | 80-100 |
| Densité Apparente | 1,91 | 1,76  | 1,69  | 2,39  | 2,14   |

La réserve utilisable de ce type de sol est estimée à 60 mm et 80 mm, compte tenu d'une limitation de l'enracinement par la cuirasse et de l'évaluation de la capacité de rétention (tableau VI) mesurée par la méthode pondérale (ROOSE - ARRIVETS, POULAIN, 1974). La vitesse d'infiltration (Méthode de MUNTZ) diminue avec l'apparition de la fraction argileuse (10 - 20 cm).

|         |      |                 |                  |                   |                   |      |
|---------|------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|------|
|         | 6 H  | 24 H            | 48 H             | 3 J               | 4 J               | 5 J  |
| 0-10cm  | 10.8 | 13.7            | 18.7             | 24.1              | 24.1              | 32   |
| 10-20cm | 7.2  | 2.9<br>à<br>9.4 | 4.3<br>à<br>10.1 | 16.2<br>à<br>14.0 | 14.8<br>à<br>14.4 | 14.4 |

Vitesse d'infiltration en mm/h

|                       |           |           |         |
|-----------------------|-----------|-----------|---------|
| Tranche de sol        | 0 à 30 cm | 0 à 50 cm | 0 à 1 m |
| Capacité de rétention | 30 mm     | 60 mm     | 120 mm  |

Perméabilité MUNTZ en mm/h

TABLEAU VI (résultats recueillis à SARIA, Haute Volta).

### II.3.2 - Détermination des conditions de cultures

Plusieurs modifications au niveau du programme informatisé permettent de répondre à certaines questions, par exemple les dates de labour et de semis.

Les conditions culturelles sont importantes pour assurer une bonne production. Ainsi, la clé de détermination des dates de mise en place des cultures sahéliennes est primordiale. Nous avons analysé les termes du bilan hydrique à SIKASSO (tableau VII), suivant des seuils pluviométriques (20 mm pour le labour et 40 mm pour le semis pendant 5 jours), en tenant compte de l'ETP journalière (tableau II).

a) Les histogrammes de distribution (figures 11 et 12) des dates de labour et semis sur 55 ans nous montrent, à fortiori, que SIKASSO est loin d'être une zone sèche car le labour apparaît une année sur 25, après le 25 Mai et le semis une année sur 10, après le 5 Juin.

b) L'étude des lois de distribution montre une distribution biaisée à droite (loi exponentielle décroissante) pour le labour (figure 12) dont la date médiane se situe au 18 Mai (50 % de réalisation) et une distribution gaussienne (loi de GAUSS) pour le semis (figure 13) avec 66 % de réalisation entre le 21 Mai et le 6 Juin, soit, en moyenne, le 29 Mai.

Dans le but de la valorisation d'un projet, l'écart entre la date de labour et celle de semis est important car il permet d'exécuter les travaux culturels. Cet écart est, en moyenne, de 10 jours à SIKASSO.

./.

| fréquences<br>Périodes | LABOUR                 |                         | SEMIS                  |                         |
|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
|                        | nombre<br>Observations | Fréquence<br>% relative | nombre<br>Observations | Fréquence<br>% relative |
| 01 - 05/05             | 0                      | 0                       | 0                      | 0                       |
| 06 - 10/05             | 14                     | 25                      | 0                      | 0                       |
| 11 - 15/05             | 9                      | 16                      | 5                      | 9                       |
| 16 - 20/05             | 14                     | 25                      | 6                      | 11                      |
| 21 - 25/05             | 11                     | 20                      | 13                     | 24                      |
| 26 - 31/05             | 2                      | 4                       | 19                     | 35                      |
| 01 - 05/06             | 2                      | 4                       | 5                      | 9                       |
| 06 - 10/06             | 2                      | 4                       | 3                      | 5                       |
| 11 - 15/06             | 1                      | 2                       | 3                      | 5                       |
| 16 - 20/06             | 0                      | 0                       | 1                      | 2                       |
| 21 - 25/06             | 0                      | 0                       | 0                      | 0                       |
| TOTAUX                 | 55                     | 100                     | 55                     | 100                     |

TABLEAU VII : Fréquence d'apparition des dates de labour et de semis sur 55 années à SIKASSO

Seuil de labour : 20 mm

Seuil de semis : 40 mm.

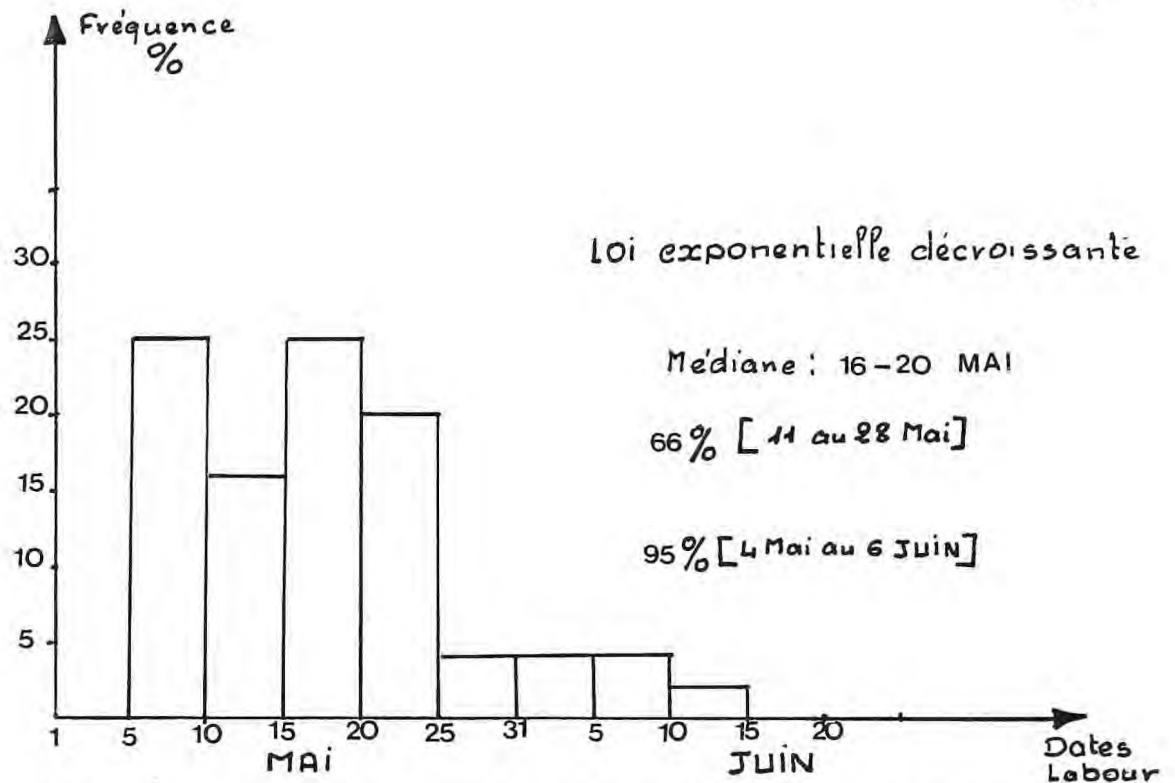


FIG. 12 HISTOGRAMME DE DISTRIBUTION DES DATES DE LABOUR SUR 55 ANS (31-82)

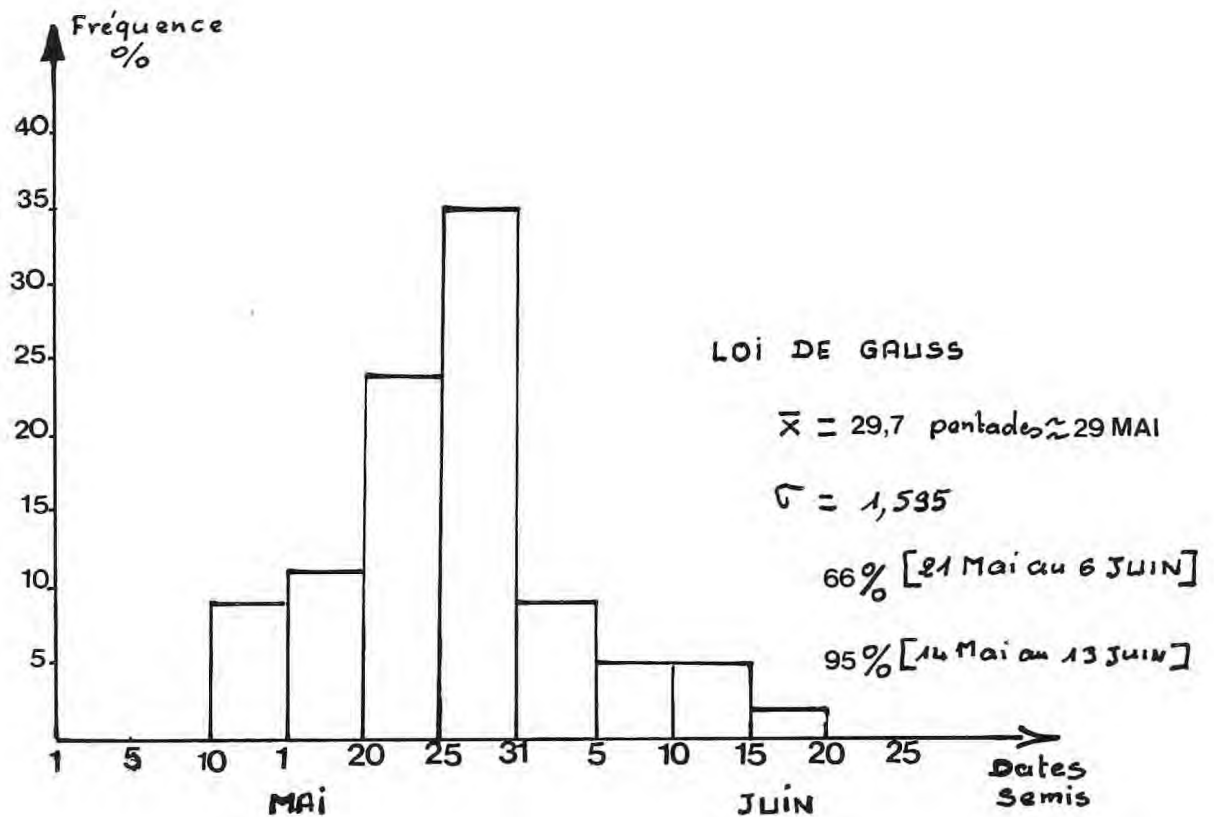


FIG 13: HISTOGRAMME DE DISTRIBUTION DES DATES DE SEMIS SUR 55 ANS (31-82)

II.3.3 - Calage : durée saison des pluies,  
cycle et date de semis de la culture ;  
le sorgho :

a) Les besoins en eau du sorgho :

L'étude des besoins en eau de la culture du sorgho nous a amenés à considérer plusieurs conditions de culture, à savoir : la date de semis, déjà évoquée dans le paragraphe II.1.b, le cycle et la réserve utilisable (RU).

./.

| ANNEES | ETR (1)<br>mm | ETM<br>mm | ETR<br>mm | DEFI<br>ETM-ETR<br>mm | ETR (2)<br>mm | Drainage<br>DR<br>mm | Nb jours<br>de<br>ruissell <sup>t</sup> |
|--------|---------------|-----------|-----------|-----------------------|---------------|----------------------|-----------------------------------------|
| 1960   | 43            | 479       | 458       | 21                    | 74            | 623                  | 35                                      |
| 1961   | 35            | 490       | 437       | 53                    | 75            | 580                  | 32                                      |
| 1962   | 83            | 473       | 418       | 55                    | 03            | 598                  | 36                                      |
| 1963   | 168           | 470       | 432       | 38                    | 58            | 586                  | 31                                      |
| 1964   | 66            | 470       | 455       | 15                    | 96            | 624                  | 40                                      |
| 1965   | 50            | 486       | 462       | 24                    | 39            | 399                  | 28                                      |
| 1966   | 109           | 479       | 459       | 20                    | 44            | 590                  | 36                                      |
| 1967   | 108           | 486       | 446       | 40                    | 0             | 656                  | 41                                      |
| 1968   | 209           | 490       | 436       | 54                    | 67            | 736                  | 40                                      |
| 1969   | 75            | 490       | 462       | 28                    | 89            | 515                  | 34                                      |
| 1970   | 88            | 500       | 463       | 37                    | 78            | 719                  | 40                                      |
| 1971   | 77            | 473       | 438       | 35                    | 0             | 344                  | 25                                      |
| 1972   | 136           | 479       | 451       | 28                    | 52            | 359                  | 31                                      |
| 1973   | 87            | 486       | 384       | 102                   | 33            | 289                  | 22                                      |
| 1974   | 86            | 473       | 447       | 26                    | 25            | 491                  | 32                                      |
| 1975   | 56            | 500       | 472       | 28                    | 114           | 606                  | 38                                      |
| 1976   | 65            | 494       | 438       | 56                    | 99            | 912                  | 49                                      |
| 1977   | 54            | 490       | 452       | 38                    | 0             | 663                  | 42                                      |
| 1978   | 190           | 500       | 446       | 54                    | 94            | 544                  | 34                                      |
| 1979   | 60            | 479       | 462       | 17                    | 83            | 645                  | 36                                      |
| 1980   | 23            | 486       | 446       | 40                    | 54            | 594                  | 40                                      |
| 1981   | 68            | 500       | 453       | 47                    | 54            | 594                  | 41                                      |
| 1982   | 159           | 479       | 446       | 33                    | -             | 432                  | 31                                      |

TABEAU VIII : Analyse des termes du bilan hydrique pour la culture  
du sorgho 140 jours. RU = 60 mm  
ETM moyenne = 485 mm - ETR moyenne = 447 mm

- (1) Evapotranspiration réelle du sol nu avant la culture  
(2) Evapotranspiration réelle su sol nu après la culture

|   | termes<br>explica<br>tifs | DATES    |          | ETR<br>ETM |             | % DR                      |              | PRODUC-<br>TION | OBSERVA-<br>TION |
|---|---------------------------|----------|----------|------------|-------------|---------------------------|--------------|-----------------|------------------|
|   |                           | Années   | Labour   | Semis      | 1-60<br>JAS | nbre<br>ETR<br>ETM<br>0.6 | 1 -60<br>JAS | 60-90<br>JAS    | kg/ha            |
|   | 1979                      | 06-10/05 | 26-31/05 | 97         | 0           | 341                       | 291          | 2548            |                  |
| + | 1975                      | 06-10/05 | 11-15/05 | 93         | 1           | 148                       | 149          | 2517            |                  |
| + | 1974                      | 16-20/05 | 06-10/06 | 98         | 0           | 368                       | 301          | 2450            |                  |
| + | 1977                      | 16-20/05 | 21-25/05 | 88         | 2           | 234                       | 160          | 2175            |                  |
| + | 1978                      | 06-10/05 | 11-15/05 | 84         | 2           | 128                       | 120          | 2168            |                  |
| + | 1981                      | 06-10/05 | 26-31/05 | 83         | 2           | 147                       | 279          | 1513            |                  |
|   | 1980                      | 16-20/05 | 21-25/05 | 87         | 1           | 285                       | 414          | 1170            |                  |
|   | 1971                      | 16-20/05 | 01-05/06 | 89         | 1           | 164                       | 331          | 924             | x                |
| + | 1976                      | 11-15/05 | 26-31/05 | 79         | 3           | 27                        | 500          | 912             | x                |
| + | 1968                      | 16-20/05 | 21-25/05 | 80         | 3           | 431                       | 202          | 814             | x                |
| + | 1970                      | 06-10/05 | 21-25/05 | 87         | 1           | 248                       | 370          | 798             | x                |
|   | 1969                      | 16-20/05 | 21-25/05 | 93         | 1           | 274                       | 154          | 797             | x                |
|   | 1972                      | 21-25/05 | 26-31/05 | 91         | 1           | 149                       | 161          | 788             | x                |
|   | 1973                      | 16-20/05 | 21-25/05 | 58         | 6           | 4                         | 406          | 466             | x                |

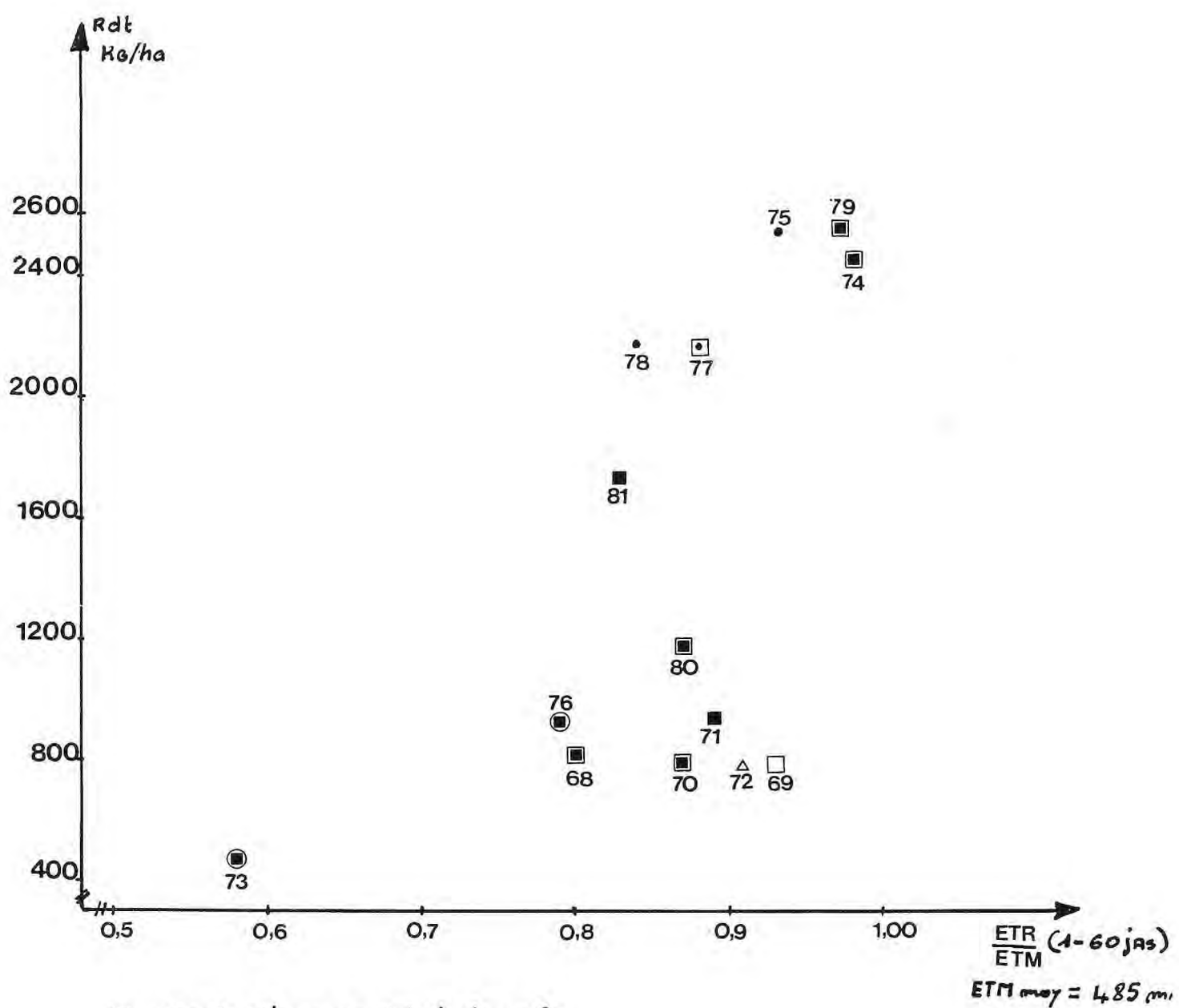
TABLEAU IX : Résultats de la simulation du bilan hydrique -  
monoculture de sorgho 140 j  
SIKASSO - Mali (1969 - 1981)  
RU = 60 mm

- JAS : jours après semis

+ les dates de semis proviennent de BIS

x valeur moyenne.

FIG 14: ALIMENTATION HYDRIQUE (1-60 JAS)  
ET RENDEMENT DU SORGHO



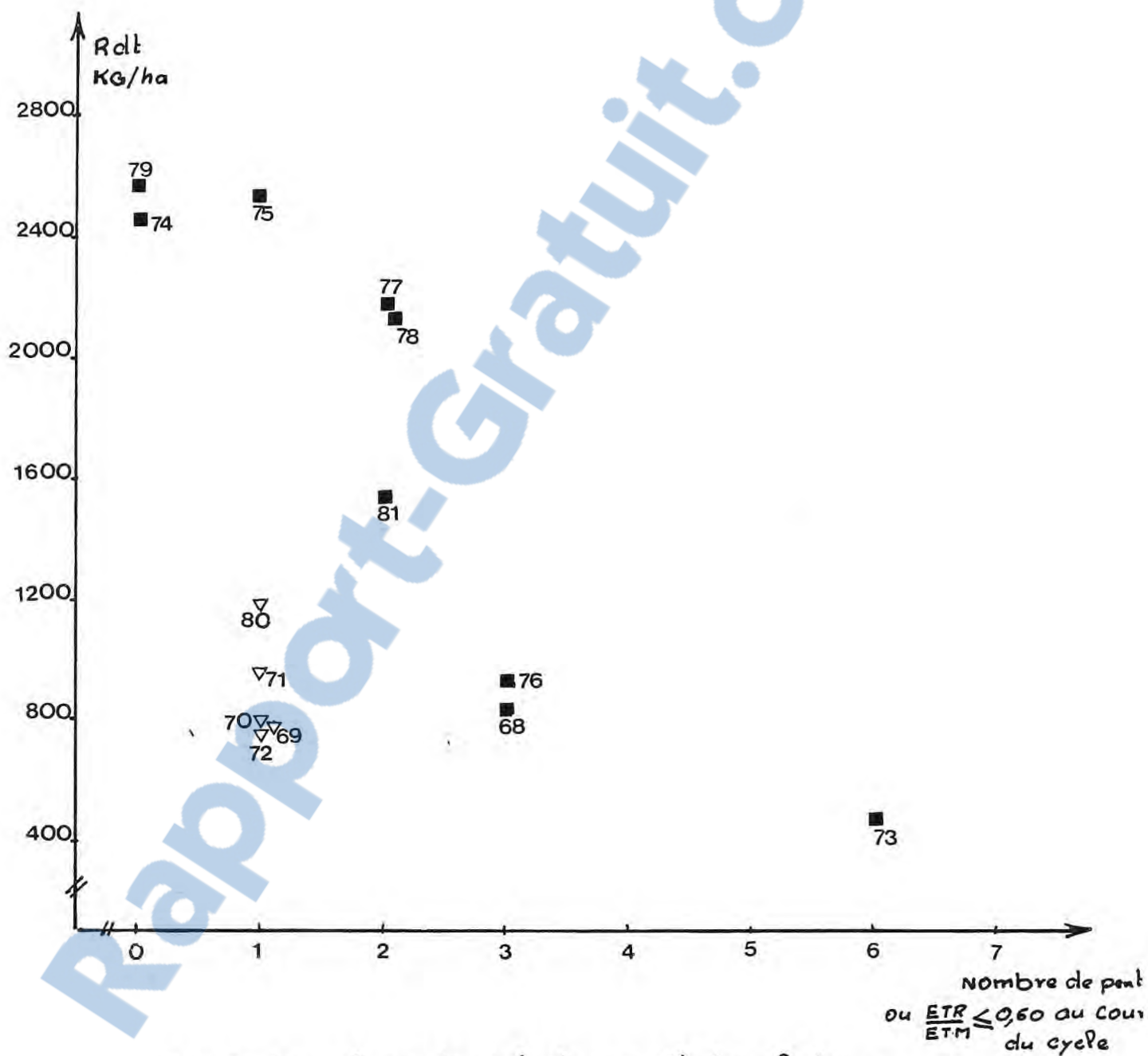
□ excès d'eau au debut du cycle

■ excès d'eau pendant l'initiation à la floraison

•, ○ ETR debut de cycle (1-60 JAS)

△ due à la valeur moyenne

FIG 15 : INFLUENCE DE LA FREQUENCE DES PERIODES SECHES SUR LE RENDEMENT DU SORGHO à SIRASSO (Production)



▽ La baisse de rendement due à d'autres facteurs en particulier valeurs moyennes. (fig 13)

L'analyse du tableau montre que la culture est généralement limitée par trois facteurs essentiels :

- manque de techniques culturales limitant l'ETR du sol avant et après les cultures (1963, 1966, 1967, 1972, 1978, 1982) entraînant, par conséquent, un problème d'enherbement (vecteur de transmission de maladie) mais aussi une perte d'eau.
- des stress hydriques durant les 60 premiers jours (figure 14), même au cours du cycle (figure 15) qui montre que la production croît quand le nombre de taux de satisfaction  $\leq 0,60$  diminue.

Durant 9 années sur 14 (1), les stress hydriques, au cours du cycle, ont été importants (déficit hydrique de 1973 : 102 mm) ; les cinq autres années ont eu des excès d'eau et probablement des attaques par maladies ou prédateurs comme, par exemple, l'année 1972.

Malgré quelques stress hydriques, le problème le plus épineux à SIKASSO semble être, le plus souvent, un excès d'eau. Toutes ces années ont montré des périodes de drainage excessif, soit :

- durant les 60 premiers jours (degré de lessivage  $DR/RU = 431\%$  pour 1968), entraînant des pertes d'éléments minéraux, mais aussi les pourritures de jeunes plantes ;
- durant la première floraison, 60ème et 90ème jours, dont l'excès d'eau empêchant une bonne floraison ;
- durant les 90 premiers jours, par exemple les années 1969, 1970, 1971, 1980.

La quantité d'éléments minéraux perdus par le drainage a été étudiée par PIERI en 1977 à BAMBEY au Sénégal (Agronomie Tropicale - 1979 - n° 1 - Janvier / Mars).

---

(1) On n'a étudié que 14 années (1968 - 1981), compte tenu de la disponibilité des données de rendement à SIKASSO.

EVALUATION DES PERTES MINÉRALES MESURÉES EN 1977  
DANS UN SOL «DIOR» A BAMBEY (côte 180 cm)

| Date de prélèvement                            |    | Concentrations en ppm        |    |    |    |   | Volume drainé mm | Quantités lixiviés en kg·ha |      |      |                   |                  |
|------------------------------------------------|----|------------------------------|----|----|----|---|------------------|-----------------------------|------|------|-------------------|------------------|
|                                                |    | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Ca | Mg | Na | K |                  | N                           | CaO  | MgO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O |
| 9 juillet                                      | 1. | 120                          | 38 | 12 | 9  | 7 | 21               | 5,7                         | 11,2 | 4,2  | 2,6               | 1,8              |
|                                                | 2. | 144                          | 63 | 20 | 14 | 7 |                  | 6,8                         | 18,5 | 7,0  | 4,0               | 1,9              |
|                                                | 3. | 128                          | 52 | 17 | 24 | 8 |                  | 6,1                         | 15,3 | 5,9  | 6,8               | 2,0              |
| 2 septembre                                    | 1. | 67                           | 19 | 6  | 7  | 3 | 13               | 2,0                         | 3,5  | 1,3  | 1,2               | 0,5              |
|                                                | 2. | 104                          | 44 | 14 | 10 | 4 |                  | 3,1                         | 8,0  | 3,0  | 1,8               | 0,6              |
|                                                | 3. | 106                          | 37 | 14 | 14 | 7 |                  | 3,1                         | 6,7  | 3,0  | 2,5               | 1,1              |
| Quantités totales d'éléments lixiviés en kg/ha |    |                              |    |    |    |   |                  |                             |      |      |                   |                  |
| 1. Fumure NP                                   |    |                              |    |    |    |   |                  | 7,7                         | 14,7 | 5,5  | 3,8               | 2,3              |
| 2. Fumure NPK <sub>90</sub>                    |    |                              |    |    |    |   |                  | 9,9                         | 26,5 | 10,0 | 5,8               | 2,4              |
| 3. Fumure NPK <sub>90</sub> + paille           |    |                              |    |    |    |   |                  | 9,2                         | 22,0 | 8,9  | 9,3               | 3,1              |

L'importance des pluies avant semis (Mars, Avril) peut être à l'origine d'un enherbement important, d'où des recherches à effectuer sur :

- l'enfouissement par labour dont nous avons analysé la probabilité de réalisation à une date donnée ;
- la lutte chimique par herbicide.

D'autres recherches doivent être faites sur :

- le lessivage provoquant une mauvaise fertilisation : fractionnement des apports d'azote (N) ;
- la longueur du cycle des cultures, compte tenu du régime pluviométrique assez important (en moyenne 1298 mm/an) ;
- le calage de la date de semis et de la durée de la saison minimisant les pertes en eau importantes ;
- la réserve utilisable en eau qui peut être améliorée par des labours profonds (Annexe III).

#### b) Analyse du taux de satisfaction

La culture du sorgho a un besoin hydrique largement satisfait (sauf en 1973), indépendamment des phases, des cycles (125 et 140 jours) et de la réserve utile.

Mais il est beaucoup plus souhaitable d'utiliser un sorgho de 140 jours dont l'intervalle de satisfaction des besoins en eau varie entre 75 et 100 %, avec une probabilité de 95 % de réalisation.

| Cycle        | 125 JOURS    |                |              | 140 JOURS    |                |              |
|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|
| Période      | ETR/ETM<br>% | Prob.<br>2/3 % | Prob.<br>95% | ETR/ETM<br>% | Prob.<br>2/3 % | Prob.<br>95% |
| 1-60<br>JAS  | 89           | 80-98          | 71-100       | 89           | 82-96          | 75-100       |
| 60-90<br>JAS | 94           | 92-96          | 90-98        | 95           | 94-96          | 93-97        |
| Cycle        | 94           | 91-97          | 88-100       | 93           | 90-96          | 87-99        |

### Comparaison du taux de satisfaction de deux cycles de sorgho

RU = 80 mm.

JAS = Jours Après Semis.

### c) Analyse du drainage :

Malgré le drainage excessif à SIKASSO, il nous semble opportun de considérer le cycle de 140 jours avec une réserve utile de 80 mm qui réduit le drainage total à 542 mm/an. Pour éviter un lessivage des éléments fertilisants trop important en début de cycle, il serait alors souhaitable de fractionner les apports d'azote.

| Cycle        | 125 JOURS |              |             | 140 JOURS |              |             |
|--------------|-----------|--------------|-------------|-----------|--------------|-------------|
| Période      | DR<br>mm  | Prob<br>2/3% | Prob<br>95% | DR<br>mm  | Prob<br>2/3% | Prob<br>95% |
| 1-60<br>JAS  | 59,45     | 5-114        | 0-169       | 116,57    | 42-191       | 0-266       |
| 60-90<br>JAS | 105,96    | 54-158       | 2-210       | 158,88    | 85-233       | 10-307      |
| Cycle        | 563,08    | 420-706      | 278-848     | 542,00    | 401-683      | 260-823     |

**TABEAU X** : Variation de la quantité d'eau drainée - RU = 80 mm.

Toutefois, dans une optique de planification et d'aménagement hydro-agricole, il convient d'analyser plus finement ce drainage important au cours de la saison des pluies qui vient alimenter les bas-fonds doués d'une bonne capacité d'accumulation et aptes à la culture de contre-saison.

—o0o—

### III - ETUDE COMPARATIVE POUR D'AUTRES STATIONS AU MALI

#### III.1 - Analyse du régime pluviométrique en relation avec l'agriculture :

En vue de l'augmentation du rendement en relation avec le régime hydrique, les mêmes analyses ont été menées pour 7 stations (BANCOUMANA, BAMAKO-VILLE, KAYES, SEGOU, MOPTI, TOMBOUCTOU, GAO).

Les figures 16 et 17 illustrent l'évolution de la pluviométrie moyenne pentadaire par station qui, à fortiori, montre qu'il est pratiquement difficile d'envisager une culture pluviale depuis plus de 10 ans à TOMBOUCTOU. Les recherches doivent donc aboutir à un développement des cultures irriguées.

L'analyse par MAXIMA (1) (Tableau XI) donne la moyenne pluviométrique de la saison et le nombre de jours de pluie qui sont relativement décroissants du Sud au Nord.

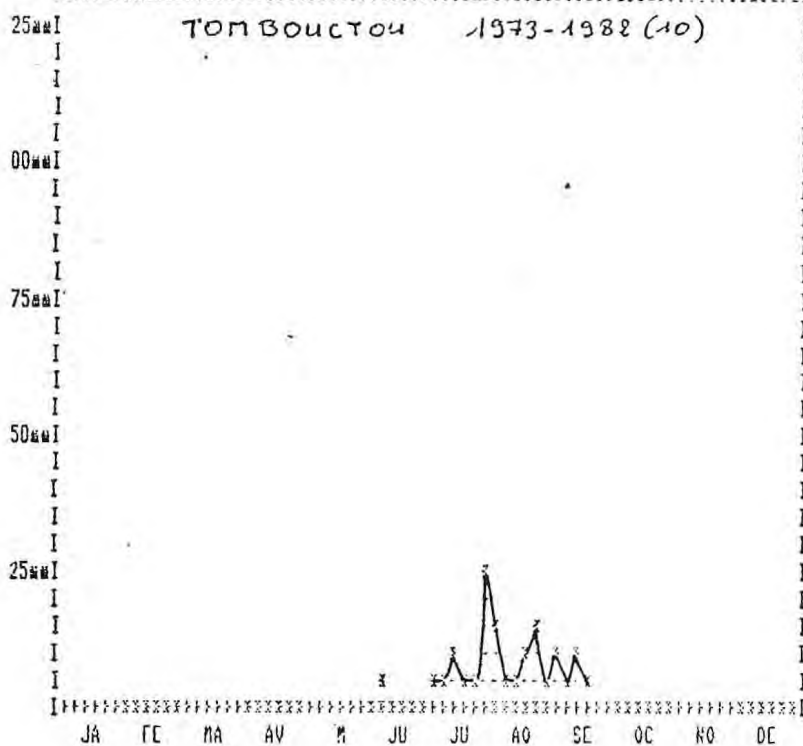
| Paramètre    | SIKASSO | BANCOU-MANA | BAMAKO-VILLE | KAYES   | SEGOU   | MOPTI   | GAO    |
|--------------|---------|-------------|--------------|---------|---------|---------|--------|
| Durée Saison | 239 J   | 204 J       | 209 J        | 148 J   | 178 J   | 144 J   | 164 J  |
| PMAX         | 166 mm  | 124 mm      | 87 mm        | 97 mm   | 94 mm   | 128 mm  | 106 mm |
| PMA          | 1298 mm | 980 mm      | 984 mm       | 613 mm  | 684 mm  | 525 mm  | 204 mm |
| NJP          | 99 J    | 55 J        | 72 J         | 50 J    | 62 J    | 48 J    | 29 J   |
| PMJ          | 13 mm/j | 18 mm/j     | 14 mm/j      | 13 mm/j | 11 mm/j | 11 mm/j | 7 mm/j |

TABLEAU XI : Pluviométrie saisonnière - Nombre de jours de pluie.  
 PMAX : pluie maximale ; PMA : pluie totale annuelle ;  
 NPJ : nombre de jours de pluie ; PMJ : moyenne journalière.

(1) Maxima : c'est le som d'un programme qui permet de donner le nombre de jours de pluie, les maximums et les jours disponibles.

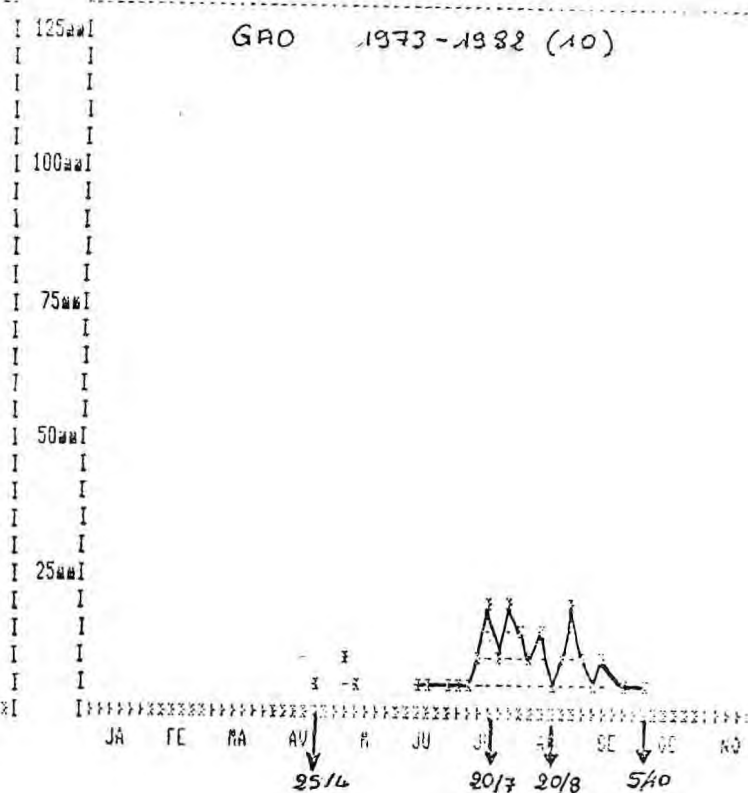
PLUVIOMETRIE TOTALE MOYENNE = 149.2mm

Tombouctou 1973-1982 (10)



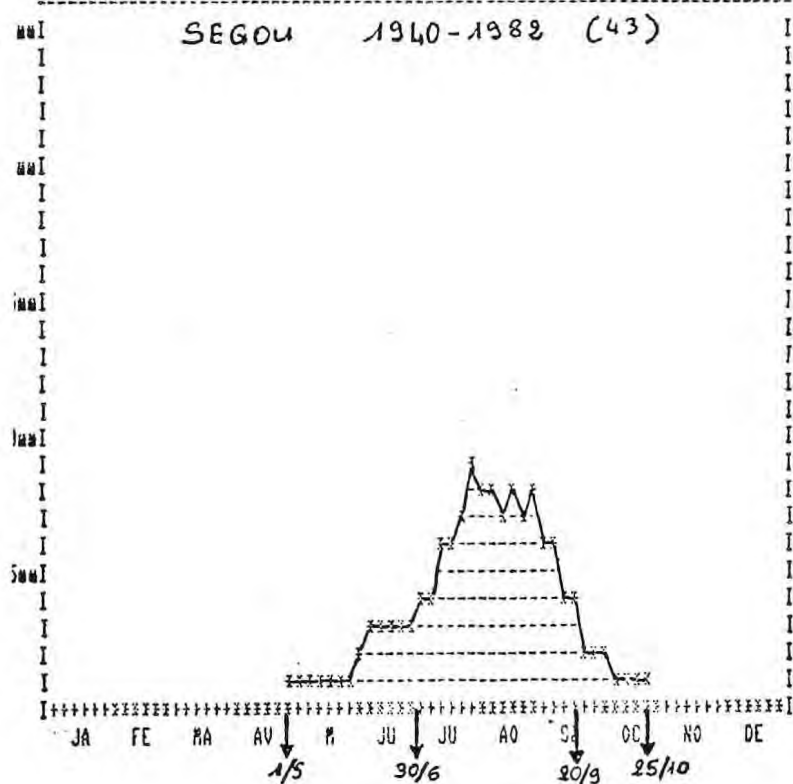
PLUVIOMETRIE TOTALE MOYENNE = 204.0mm

GAO 1973-1982 (10)



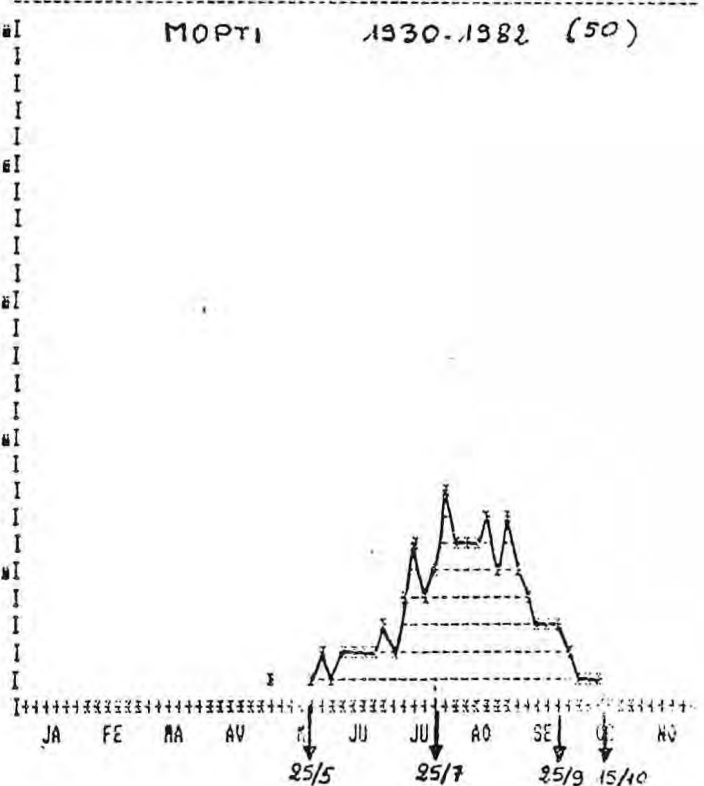
PLUVIOMETRIE TOTALE MOYENNE = 384.4mm

SEGOU 1940-1982 (43)



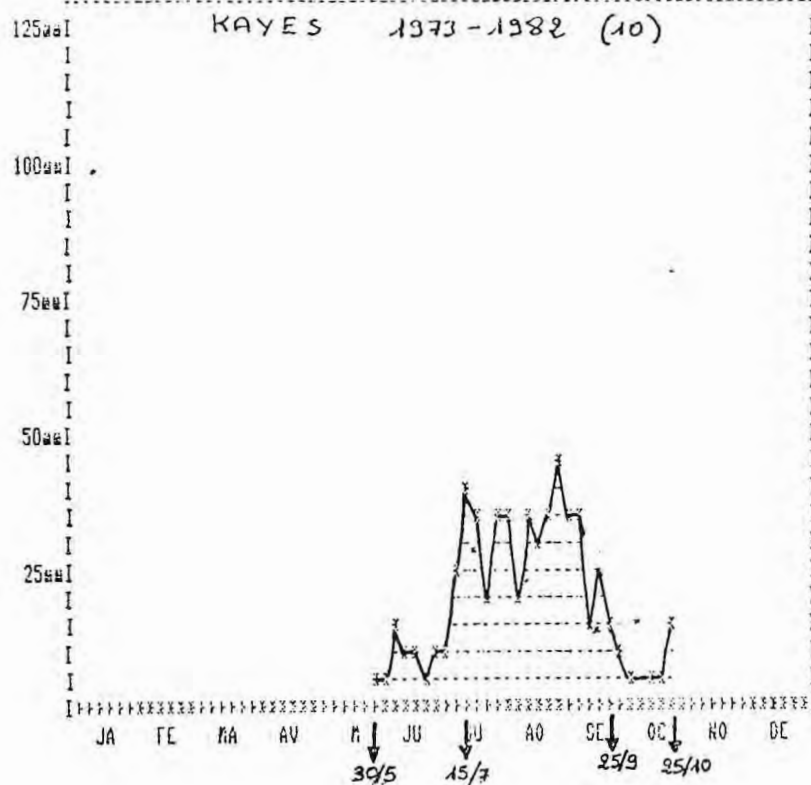
PLUVIOMETRIE TOTALE MOYENNE = 525.0mm

MORTI 1930-1982 (50)



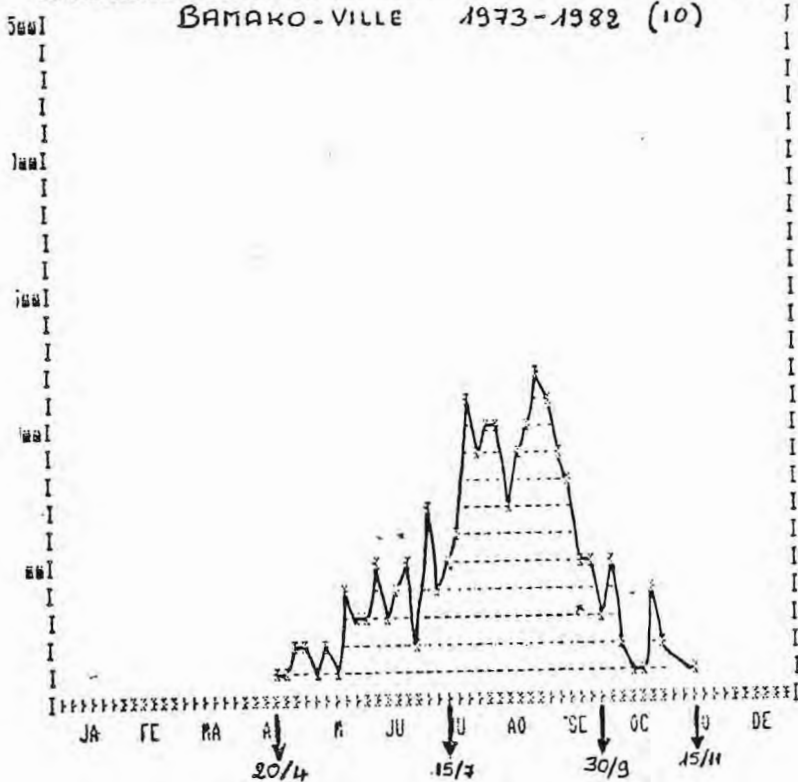
Figures 16

PLUVIOMETRIE TOTALE MOYENNE = 613.4mm



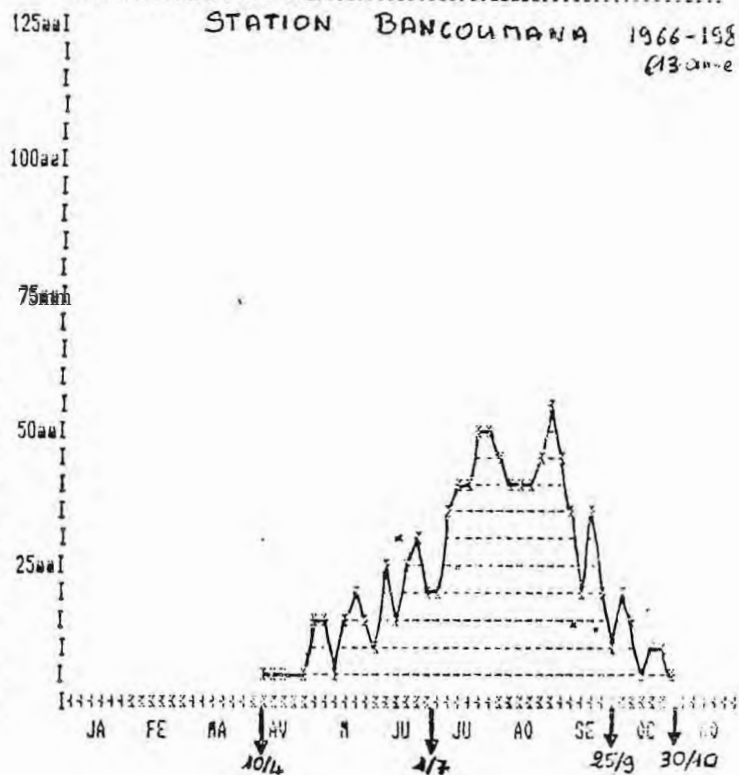
PLUVIOMETRIE TOTALE MOYENNE = 984.3mm

BAMAKO-VILLE 1973-1982 (10)



PLUVIOMETRIE TOTALE MOYENNE = 777.5mm

STATION BANGOUANA 1966-1982 (13 ans)



FIGURES 17

Parallèlement à SIKASSO, l'analyse fréquentielle des données pluviométriques à SEGOU montre que la date optimale de semis à 80 % se situe à partir du 10 Juillet. Le labour est réalisable à partir du 1er Juin, avec suffisamment de jours disponibles pour les travaux.

| MOIS  | déca-de | MINI | qf<br>2 | Med<br>5 | QF<br>8 | MAXI  |
|-------|---------|------|---------|----------|---------|-------|
| AVRIL | 1       | 0    | 0       | 0        | 1.8     | 34.9  |
|       | 2       | 0    | 0       | 0        | 5.0     | 46.6  |
|       | 3       | 0    | 0       | 0.4      | 7.1     | 40.6  |
| MAI   | 1       | 0    | 0       | 1.7      | 10.4    | 53.4  |
|       | 2       | 0    | 0       | 3.0      | 13.8    | 31.7  |
|       | 3       | 0    | 0.7     | 4.6      | 16.0    | 52.9  |
| JUIN  | 1       | 0    | 5.4     | 23.0     | 38.9    | 107.2 |
|       | 2       | 0    | 6.5     | 21.9     | 51.7    | 120.9 |
|       | 3       | 3.0  | 9.0     | 28.5     | 48.2    | 80.1  |
| JUIL  | 1       | 5.5  | 19.3    | 43.0     | 72.5    | 92.1  |
|       | 2       | 12.7 | 35.5    | 53.5     | 82.8    | 135.1 |
|       | 3       | 14.1 | 34.7    | 62.9     | 108.3   | 217.8 |
| AOÛT  | 1       | 12.3 | 52.2    | 75.2     | 105.2   | 151.6 |
|       | 2       | 7.4  | 44.7    | 74.2     | 109.0   | 169.9 |
|       | 3       | 11.7 | 47.0    | 69.3     | 104.9   | 177.0 |
| SEPT  | 1       | 2.9  | 35.8    | 61.9     | 95.4    | 142.3 |
|       | 2       | 2.4  | 16.0    | 41.1     | 67.9    | 105.2 |
|       | 3       | 0    | 7.6     | 13.8     | 43.7    | 61.7  |
| OCT   | 1       | 0    | 0.3     | 6.5      | 24.5    | 67.7  |
|       | 2       | 0    | 0.1     | 1.7      | 16.1    | 68.7  |
|       | 3       | 0    | 0       | 0        | 6.2     | 52.4  |

TABEAU XII : Analyse fréquentielle des données pluviométriques à SEGOU (1940 - 1982)

qf2 : pluie atteinte ou dépassée 8 années sur 10 (80 %)  
 MED 5 : pluie atteinte ou dépassée 5 années sur 10 (50 %)  
 QF8 : pluie atteinte ou dépassée 2 années sur 10 (20 %)

La période favorable aux cultures pluviales à SEGOU se situe de la deuxième décennie de Juillet à fin Septembre (environ 80 jours).

### III.2. Zonage d'actions

Les résultats d'analyse fréquentielle de la pluviométrie sur quelques stations nous ont permis d'élaborer des cartes de zonage susceptibles de mieux aborder (suivre) le régime pluviométrique.

- La carte 1 illustre en moyenne le nombre de jours de pluie, la pluviométrie : moyenne annuelle, maximale possible et moyenne journalière.

Suivant les besoins en eau des cultures et leur cycle, il est possible de ce situer géographiquement.

- La carte 2 analyse les différentes parties de la saison :

| STATIONS | DEBUT SAISON  | PLEINE SAISON | FIN SAISON    |
|----------|---------------|---------------|---------------|
| GAO      | 25/04 - 19/07 | 20/07 - 20/08 | 21/08 - 05/10 |
| MOPTI    | 25/05 - 24/07 | 25/07 - 25/09 | 26/09 - 15/10 |
| KAYES    | 30/05 - 14/07 | 15/07 - 25/09 | 26/09 - 25/10 |
| SEGOU    | 01/05 - 29/06 | 30/06 - 20/09 | 21/09 - 25/10 |
| BAMAKO   | 20/04 - 14/07 | 15/07 - 30/09 | 01/10 - 15/11 |
| SIKASSO  | 11/03 - 09/06 | 10/06 - 10/10 | 11/10 - 15/11 |

. Début saison = installation de la saison pluvieuse

. Pleine saison = période favorable au développement des cultures

. fin saison

Compte tenu de l'irrégularité des pluies, il serait préférable de faire un choix judicieux des dates de cultures.

- La carte 3 analyse les jours successifs de pluies et sans pluie qui sont beaucoup plus importants dans les régions à pluviométrie élevée (exemple SIKASSO).

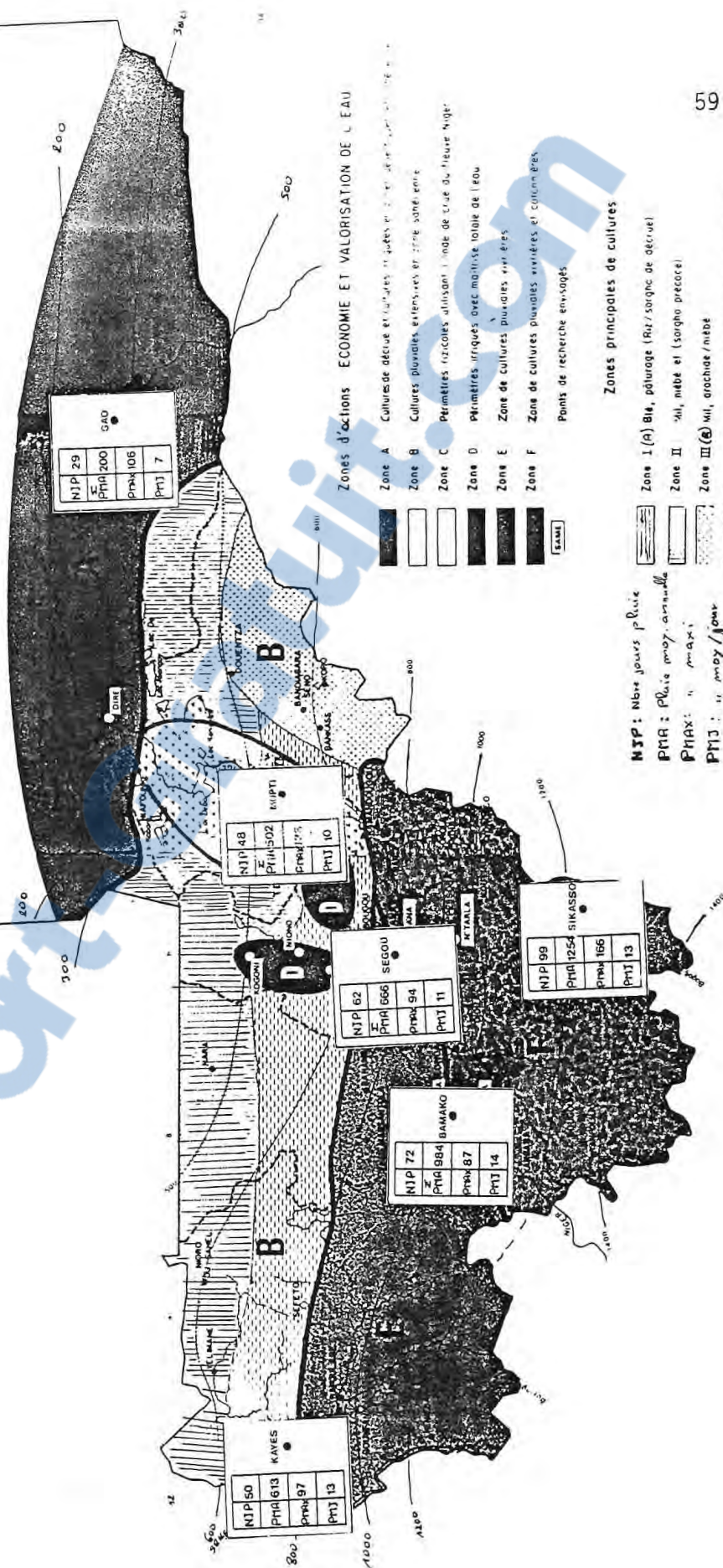
L'objectif du programme AGRHYMET étant de mettre au point un réseau d'avertissements agro-météorologiques et de prévision de récolte en fonction des événements climatologiques et d'exercices pilotes ; il y a alors une complémentarité entre ces actions et les objectifs du programme d'études des relations eau - sol - plante, dont cet exemple de zonage permet de lui donner un aspect agronomique plus accentué.

# Zonage d'actions

## ECONOMIE ET VALORISATION DE L'EAU

(SAISON DES PLUIES)

FOND DE CARTE : ITIUD 1981 MATI

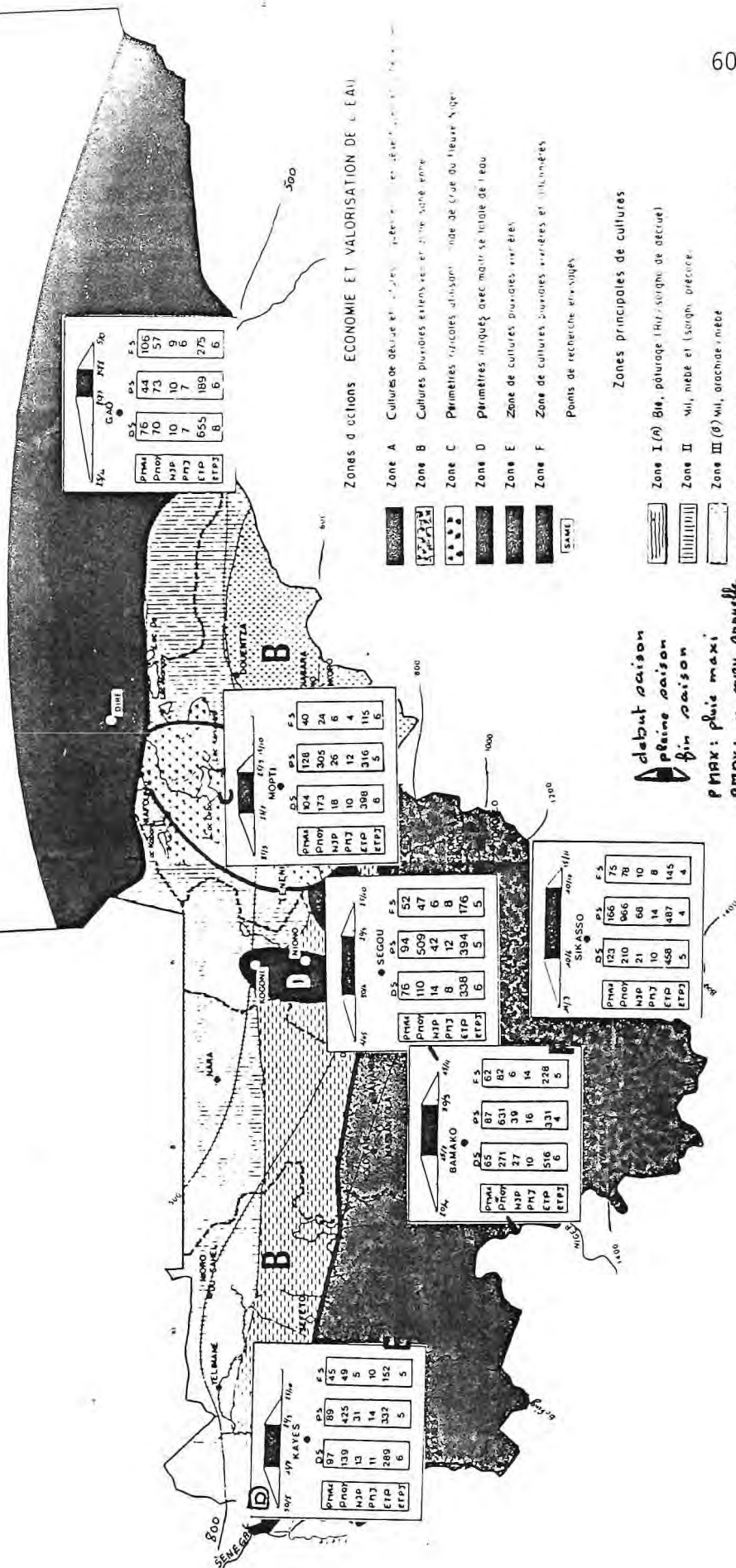


# Zonage d'actions

## ECONOMIE ET VALORISATION DE L'EAU

(Decoupage de la saison des pluies)

FOND DE CARTES ETUOI 1987 MALL

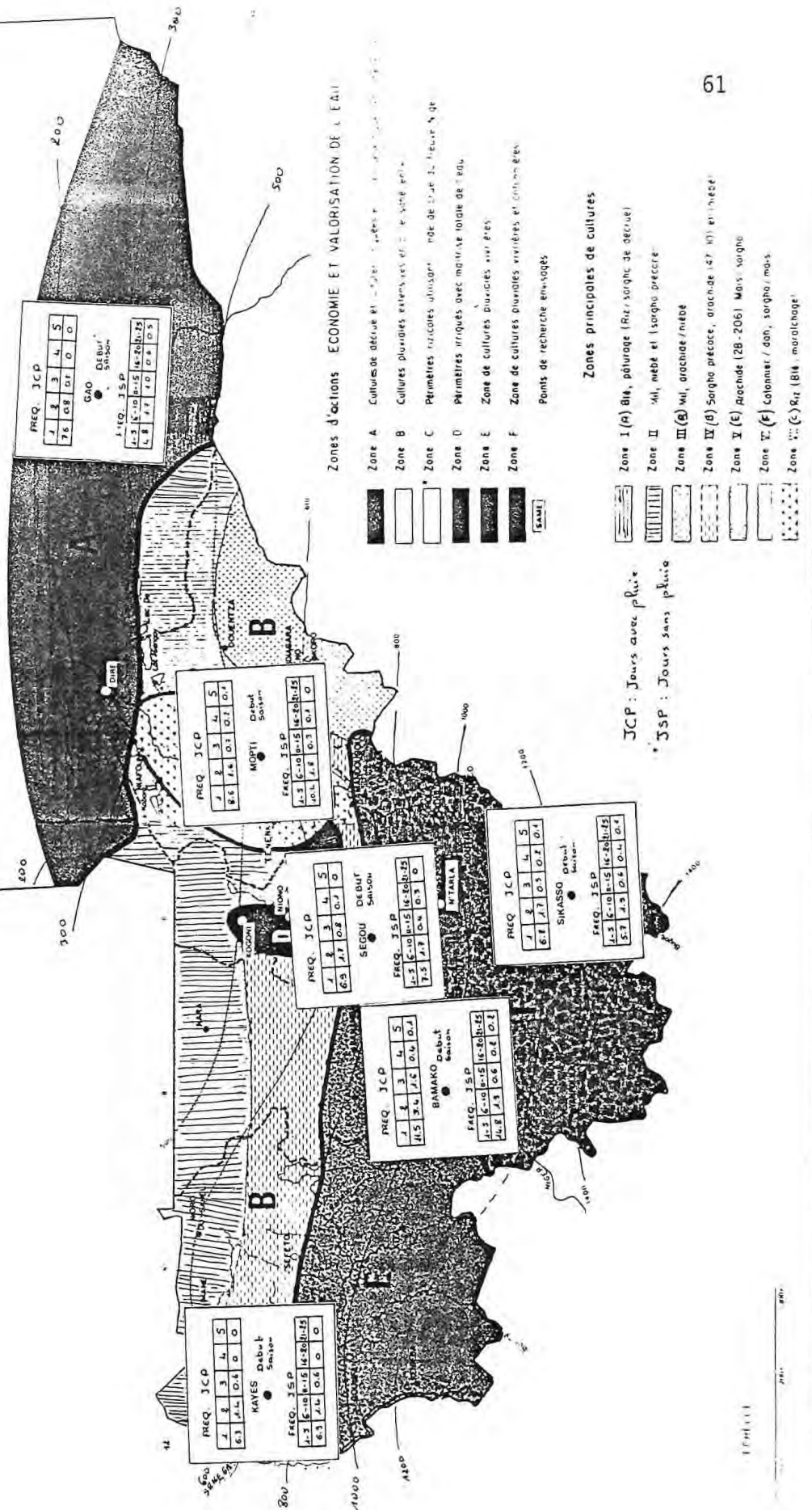


## Zonage d'actions

### ECONOMIE ET VALORISATION de l'EAU

(Debut saison des pluies: Jour avec ou sans pluies)

(FOND DE CARTE: ETUDE INRAI MALI)



### III.3 - Modélisation du bilan hydrique

#### III.3.1 - Calage du cycle variétal

La variabilité des cycles, plus de 140 jours au Sud et moins de 90 jours au Nord, nous avait amenés à tester le modèle du bilan hydrique sur le sorgho. Des sols ferrallitiques à hydromorphes, la réserve utile est variée : de 60 à 80 mm.

Le cycle de 140 jours est adaptable à SIKASSO, ainsi que le cycle de 120 jours à BANCOUMANA, malgré les quelques stress hydriques importants en année sèche (figure 19).

Pour les autres stations, surtout MOPTI, la culture du sorgho est difficile, sauf en ayant recours à l'irrigation. Mais on peut, toutefois, utiliser des sorghos de 90 jours. Les figures 18 à 22 illustrent les résultats du modèle de bilan hydrique sur l'année la plus sèche pour chaque station en ayant, entre rectangle, les périodes les plus sèches ( $ETR/ETM \leq 0,6$ ).

#### III.3.2 - Les besoins en eau du sorgho (1973 - 1982)

A partir d'une pluviométrie de 40 mm et de 30 mm survenant au début de la saison des pluies, le besoin maximal en eau est calculé en utilisant les coefficients culturaux suivant le cycle de la culture. Mais, compte tenu de l'irrégularité de la pluie et de sa mauvaise répartition, l'évapotranspiration réelle de la plante est calculée en fonction de l'humidité disponible (EAGLEMAN).

**Figure 18 :** Bilan hydrique sur le sorgho à KAYES montrant des périodes de stress hydrique importantes.

|                                            |       |        |       |      |      |                                    |      |      |       |      |      |       |
|--------------------------------------------|-------|--------|-------|------|------|------------------------------------|------|------|-------|------|------|-------|
| ANNEE :1980                                |       |        |       |      |      |                                    |      |      |       |      |      |       |
| RESERVE MAXIMALE UTILISABLE : 80. MM       |       |        |       |      |      | COEFFICIENT DE RUISSellement : .20 |      |      |       |      |      |       |
| *SORGHO 100 *                              |       |        |       |      |      |                                    |      |      |       |      |      |       |
| *****                                      |       |        |       |      |      |                                    |      |      |       |      |      |       |
| PERIODES :                                 | P     | HR     | K     | ETM  | ETR  | RES                                | RU-I | DR   | SATIS | DEFI | RESS | FRONT |
| *****                                      |       |        |       |      |      |                                    |      |      |       |      |      |       |
| JUIL ** 1ERE                               | 0.0   | 0.00   | 0.00  | 0.0  | -1.0 | 0.0                                | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.3   |
| JUIL ** 2EME                               | 9.0   | 0.00   | 0.00  | 0.0  | -0.5 | 1.3                                | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.3   |
| JUIL ** 3EME                               | .9    | 0.00   | 0.00  | 0.0  | -2.1 | 0.0                                | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.3   |
| JUIL ** 4EME                               | 29.3  | .07    | 0.00  | 0.0  | -0.0 | 21.3                               | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 1.0  | 1.3   |
| JUIL ** 5EME                               | 4.7   | .40    | .40   | 9.0  | 9.0  | 13.2                               | 0.0  | 0.0  | 1.00  | 0.0  | 0.0  | 26.3  |
| JUIL ** 6EME                               | 0.0   | .02    | .54   | 15.9 | 3.9  | 12.3                               | 0.0  | 0.0  | .24   | 12.0 | 0.0  | 26.3  |
| AOUT ** 1ERE                               | 89.5  | 1.00   | .65   | 15.6 | 15.5 | 64.5                               | 0.0  | 21.0 | 1.00  | .1   | 3.0  | 80.3  |
| AOUT ** 2EME                               | 26.5  | 1.00   | .69   | 16.6 | 16.3 | 63.7                               | 0.0  | 11.0 | .99   | .2   | .5   | 80.3  |
| AOUT ** 3EME                               | 42.2  | 1.00   | .80   | 19.2 | 18.6 | 61.4                               | 0.0  | 25.9 | .97   | .6   | 1.0  | 80.3  |
| AOUT ** 4EME                               | 17.0  | .90    | .84   | 20.2 | 19.3 | 59.1                               | 0.0  | 0.0  | .96   | .8   | .5   | 80.3  |
| AOUT ** 5EME                               | 20.0  | 1.00   | .90   | 22.0 | 21.0 | 58.9                               | 0.0  | 0.0  | .95   | 1.0  | 0.0  | 80.3  |
| AOUT ** 6EME                               | 22.0  | 1.00   | .96   | 20.2 | 26.6 | 53.4                               | 0.0  | 1.7  | .94   | 1.6  | .5   | 80.3  |
| SEPT ** 1ERE                               | 101.4 | 1.00   | 1.00  | 24.5 | 23.2 | 56.0                               | 10.1 | 64.7 | .95   | 1.3  | 3.5  | 80.3  |
| SEPT ** 2EME                               | 32.0  | 1.00   | 1.06  | 26.0 | 24.5 | 55.5                               | 0.0  | 9.6  | .94   | 1.4  | 1.0  | 80.3  |
| SEPT ** 3EME                               | .4    | .70    | 1.15  | 20.7 | 24.5 | 31.4                               | 0.0  | 0.0  | .85   | 4.3  | 0.0  | 80.3  |
| SEPT ** 4EME                               | 9.5   | .51    | 1.15  | 20.7 | 19.0 | 21.1                               | 0.0  | 0.0  | .69   | 9.0  | 0.0  | 80.3  |
| SEPT ** 5EME                               | 15.7  | .46    | 1.15  | 20.7 | 18.2 | 18.6                               | 0.0  | 0.0  | .63   | 10.5 | .5   | 80.3  |
| SEPT ** 6EME                               | 10.0  | .37    | 1.00  | 25.0 | 15.1 | 14.3                               | 0.0  | 0.0  | .60   | 9.9  | 0.0  | 80.3  |
| OCTO ** 1ERE                               | 0.0   | .18    | .96   | 24.5 | 9.3  | 5.0                                | 0.0  | 0.0  | .38   | 15.2 | 0.0  | 80.3  |
| OCTO ** 2EME                               | 1.0   | .09    | .90   | 22.9 | 6.1  | .7                                 | 0.0  | 0.0  | .26   | 16.9 | 0.0  | 80.3  |
| OCTO ** 3EME                               | .5    | .02    | .82   | 20.7 | 1.2  | 0.0                                | 0.0  | 0.0  | .06   | 17.7 | 0.0  | 80.3  |
| OCTO ** 4EME                               | 0.0   | 0.00   | .69   | 17.6 | 0.0  | 0.0                                | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 17.6 | 0.0  | 80.3  |
| OCTO ** 5EME                               | 0.0   | 0.00   | .54   | 13.8 | 0.0  | 0.0                                | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 13.8 | 0.0  | 80.3  |
| OCTO ** 6EME                               | 0.0   | 0.00   | .40   | 14.7 | 0.0  | 0.0                                | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 14.7 | 0.0  | 80.3  |
| NOVE ** 1ERE                               | 0.0   | 0.00   | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 0.0                                | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.3   |
| NOVE ** 2EME                               | 0.0   | 0.00   | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 0.0                                | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.3   |
| *****                                      |       |        |       |      |      |                                    |      |      |       |      |      |       |
| TOTAUX :                                   | 396.  | SOMETP | 2062. | 424. | 340. |                                    | 10.  | 135. |       | 151. | 12.  |       |
| *****                                      |       |        |       |      |      |                                    |      |      |       |      |      |       |
| ***INDICE DE SATISFACTION ETR/ETM *****    |       |        |       |      |      |                                    |      |      |       |      |      |       |
| ***IDV***FL1***FL2***FL3***MATUR***CYCLE** |       |        |       |      |      |                                    |      |      |       |      |      |       |
|                                            | .01   | .95    | .57   | .01  | .64  |                                    |      |      |       |      |      |       |
| *****                                      |       |        |       |      |      |                                    |      |      |       |      |      |       |

croissance  
végétative

Initiation à la  
floraison

Floraison,  
formation, épi

Remplissage  
Maturation

**Figure 19 : Bilan hydrique sur le sorgho à BANCOUMANA montrant des périodes de stress hydrique**

ANNEE : 1973  
RESERVE MAXIMALE UTILISABLE : 80. mm COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT : .20  
\*SORGHO 120 \*

| PERIODES :                                 | P    | HR     | K     | ETA  | ETR  | RES  | RU-I | DR   | SATIS | DEFI | RESS | FRONT |
|--------------------------------------------|------|--------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|
| JUIN ** 2ENE                               | 17.4 | 0.00   | 0.00  | 0.0  | -7.4 | 9.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | .5   | 1.4   |
| JUIN ** 3ENE                               | 16.0 | .31    | 0.00  | 0.0  | -9.0 | 16.0 | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | .5   | 1.4   |
| JUIN ** 4ENE                               | 20.7 | .46    | 0.00  | 0.0  | -7.0 | 27.7 | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | .5   | 1.4   |
| JUIN ** 5ENE                               | 15.2 | 1.00   | .40   | 10.4 | 10.4 | 32.5 | 0.0  | 0.0  | 1.00  | 0.0  | .5   | 43.4  |
| JUIN ** 6ENE                               | 2.4  | .21    | .54   | 14.0 | 7.7  | 25.1 | 0.0  | 0.0  | .70   | 4.2  | 0.0  | 43.4  |
| JUIL ** 1ERE                               | 25.6 | 1.00   | .60   | 14.7 | 14.7 | 36.0 | 0.0  | 0.0  | 1.00  | 0.0  | 1.0  | 51.4  |
| JUIL ** 2ENE                               | 1.7  | .15    | .65   | 15.7 | 0.4  | 29.5 | 0.0  | 0.0  | .53   | 7.5  | 0.0  | 51.4  |
| JUIL ** 3ENE                               | 3.2  | .04    | .69   | 15.9 | 4.0  | 27.9 | 0.0  | 0.0  | .30   | 11.1 | 0.0  | 51.4  |
| JUIL ** 4ENE                               | 11.5 | .78    | .80   | 18.4 | 17.2 | 22.2 | 0.0  | 0.0  | .74   | 1.2  | 0.0  | 51.4  |
| JUIL ** 5ENE                               | 34.2 | 1.00   | .84   | 18.5 | 10.0 | 30.4 | 0.0  | 0.0  | .97   | .5   | 1.0  | 56.4  |
| JUIL ** 6ENE                               | 20.2 | 1.00   | .70   | 23.0 | 22.5 | 44.1 | 0.0  | 0.0  | .75   | 1.2  | .5   | 37.4  |
| AOUT ** 1ERE                               | 84.1 | 1.00   | .96   | 19.7 | 19.0 | 61.0 | 8.4  | 39.8 | .96   | .7   | 3.0  | 80.4  |
| AOUT ** 2ENE                               | 73.1 | 1.00   | 1.00  | 20.5 | 19.7 | 60.3 | 7.3  | 64.8 | .76   | .8   | 4.0  | 80.4  |
| AOUT ** 3ENE                               | 31.9 | 1.00   | 1.06  | 21.7 | 20.7 | 59.3 | 0.0  | 12.2 | .95   | 1.0  | 1.0  | 80.4  |
| AOUT ** 4ENE                               | 63.0 | 1.00   | 1.15  | 23.6 | 22.4 | 57.6 | 6.3  | 36.0 | .75   | 1.2  | 2.0  | 80.4  |
| AOUT ** 5ENE                               | 26.0 | 1.00   | 1.15  | 24.7 | 23.4 | 56.6 | 0.0  | 4.4  | .95   | 1.3  | 1.0  | 80.4  |
| AOUT ** 6ENE                               | 40.5 | 1.00   | 1.15  | 29.7 | 27.9 | 52.1 | 0.0  | 17.1 | .74   | 1.7  | 1.0  | 80.4  |
| SEPT ** 1ERE                               | 73.4 | 1.00   | 1.15  | 25.3 | 23.9 | 56.1 | 7.3  | 30.1 | .95   | 1.4  | 3.0  | 80.4  |
| SEPT ** 2ENE                               | 0.0  | .70    | 1.00  | 22.0 | 17.6 | 36.5 | 0.0  | 0.0  | .89   | 2.4  | 0.0  | 80.4  |
| SEPT ** 3ENE                               | 2.0  | .40    | 1.00  | 23.0 | 17.3 | 21.2 | 0.0  | 0.0  | .75   | 5.7  | 0.0  | 80.4  |
| SEPT ** 4ENE                               | 0.0  | .27    | .76   | 22.1 | 12.2 | 9.1  | 0.0  | 0.0  | .55   | 9.9  | 0.0  | 80.4  |
| SEPT ** 5ENE                               | 0.0  | .11    | .90   | 22.0 | 7.2  | 1.8  | 0.0  | 0.0  | .33   | 14.8 | 0.0  | 80.4  |
| SEPT ** 6ENE                               | 0.0  | .02    | .80   | 17.6 | 1.8  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | .07   | 17.8 | 0.0  | 80.4  |
| OCTO ** 1ERE                               | 32.6 | .41    | .69   | 17.6 | 14.2 | 18.4 | 0.0  | 0.0  | .81   | 3.4  | 1.0  | 80.4  |
| OCTO ** 2ENE                               | 4.2  | .28    | .60   | 15.3 | 11.6 | 11.0 | 0.0  | 0.0  | .76   | 3.7  | 0.0  | 80.4  |
| OCTO ** 3ENE                               | 0.0  | .14    | .54   | 13.8 | 7.9  | 3.1  | 0.0  | 0.0  | .57   | 5.9  | 0.0  | 80.4  |
| OCTO ** 4ENE                               | 0.0  | .04    | .48   | 12.2 | 3.1  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | .25   | 9.1  | 0.0  | 80.4  |
| OCTO ** 5ENE                               | 10.4 | .13    | 0.00  | 0.0  | -8.2 | 2.2  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | .5   | 1.4   |
| OCTO ** 6ENE                               | 0.0  | .03    | 0.00  | 0.0  | -2.2 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.4   |
| TOTAUX :                                   | 574. | 50NETP | 2053. | 464. | 461. |      | 31.  | 212. |       | 107. | 24.  |       |
| ***INDICE DE SATISFACTION ETR/ETA ***      |      |        |       |      |      |      |      |      |       |      |      |       |
| ***IDV***FL1***FL2***FL3***MATUR***CYCLE** |      |        |       |      |      |      |      |      |       |      |      |       |
|                                            | .80  | .95    | .59   | .60  | .77  |      |      |      |       |      |      |       |

\*\*\*\*\*

croissance végétative

initiation à la floraison

floraison, formation, épi

remplissage, maturation

□ Stress hydrique

**Figure 20 : Bilan hydrique sur le sorgho à BAMAKO  
(stress hydrique)**

ANNEE : 1990  
RESERVE MAXIMALE UTILISABLE : 80. MM COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT : .20  
\*SORGHO 120 \*

| PERIODES :                                 | P     | HR     | K     | ETM  | ETR  | RES  | RU/I | DR   | SATIS | DEFI | RESS | FRONT |
|--------------------------------------------|-------|--------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|
| JUIN ** 5EME                               | .9    | 0.00   | 0.00  | 0.0  | -1.9 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.0   |
| JUIN ** 6EME                               | 16.1  | 0.00   | 0.00  | 0.0  | -0.3 | 7.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | .5   | 1.0   |
| JUIL ** 1ERE                               | .7    | .11    | 0.00  | 0.0  | -7.0 | .6   | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.0   |
| JUIL ** 2EME                               | 13.2  | 0.00   | 0.00  | 0.0  | -7.0 | 6.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.0   |
| JUIL ** 3EME                               | 9.2   | .10    | 0.00  | 0.0  | -7.4 | 6.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.0   |
| JUIL ** 4EME                               | 56.1  | 1.00   | .40   | 9.2  | 9.2  | 53.7 | 0.0  | 0.0  | 1.00  | 0.0  | 1.5  | 63.0  |
| JUIL ** 5EME                               | 53.6  | 1.00   | .54   | 11.7 | 11.7 | 60.1 | 5.4  | 22.0 | 1.00  | 0.0  | 2.0  | 80.0  |
| JUIL ** 6EME                               | 16.9  | 1.00   | .60   | 15.0 | 15.7 | 64.3 | 0.0  | 5.0  | .99   | .1   | .5   | 80.0  |
| AOUT ** 1ERE                               | 34.0  | 1.00   | .65   | 13.3 | 13.3 | 66.7 | 0.0  | 17.1 | 1.00  | 0.0  | 1.0  | 80.0  |
| AOUT ** 2EME                               | 72.6  | 1.00   | .69   | 14.1 | 14.1 | 65.9 | 7.3  | 52.0 | 1.00  | 0.0  | 3.0  | 80.0  |
| AOUT ** 3EME                               | 40.1  | 1.00   | .80   | 16.4 | 16.2 | 63.0 | 0.0  | 26.0 | .99   | .2   | 1.5  | 80.0  |
| AOUT ** 4EME                               | 61.5  | 1.00   | .84   | 17.2 | 16.9 | 63.1 | 6.2  | 39.1 | .98   | .3   | 3.0  | 80.0  |
| AOUT ** 5EME                               | 4.6   | .25    | .90   | 17.4 | 11.5 | 56.2 | 0.0  | 0.0  | .57   | 7.9  | 0.0  | 80.0  |
| AOUT ** 6EME                               | 93.4  | 1.00   | .96   | 24.0 | 23.4 | 56.6 | 9.3  | 60.3 | .95   | 1.3  | 3.0  | 80.0  |
| SEPT ** 1ERE                               | 101.0 | 1.00   | 1.00  | 22.0 | 21.0 | 57.0 | 10.1 | 67.5 | .95   | 1.0  | 4.0  | 80.0  |
| SEPT ** 2EME                               | 59.9  | 1.00   | 1.06  | 23.3 | 22.1 | 57.9 | 6.0  | 32.9 | .95   | 1.2  | 2.0  | 80.0  |
| SEPT ** 3EME                               | 45.7  | 1.00   | 1.15  | 26.5 | 25.0 | 55.0 | 0.0  | 23.6 | .94   | 1.5  | 2.0  | 80.0  |
| SEPT ** 4EME                               | .7    | .70    | 1.15  | 26.5 | 22.0 | 33.0 | 0.0  | 0.0  | .86   | 3.7  | 0.0  | 80.0  |
| SEPT ** 5EME                               | 3.2   | .45    | 1.15  | 28.2 | 17.7 | 19.3 | 0.0  | 0.0  | .63   | 10.3 | 0.0  | 80.0  |
| SEPT ** 6EME                               | 2.0   | .26    | 1.15  | 28.2 | 11.7 | 9.5  | 0.0  | 0.0  | .41   | 16.5 | 0.0  | 80.0  |
| OCTO ** 1ERE                               | 0.0   | .12    | 1.00  | 25.5 | 7.0  | 2.5  | 0.0  | 0.0  | .27   | 19.5 | 0.0  | 80.0  |
| OCTO ** 2EME                               | 26.3  | .36    | 1.00  | 25.5 | 14.9 | 13.9 | 0.0  | 0.0  | .50   | 10.6 | 1.0  | 80.0  |
| OCTO ** 3EME                               | 0.0   | .17    | .96   | 24.5 | 9.1  | 4.7  | 0.0  | 0.0  | .37   | 15.4 | 0.0  | 80.0  |
| OCTO ** 4EME                               | 0.0   | .06    | .90   | 22.9 | 4.7  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | .21   | 18.2 | 0.0  | 80.0  |
| OCTO ** 5EME                               | 34.0  | .43    | .80   | 20.4 | 15.4 | 18.6 | 0.0  | 0.0  | .76   | 5.0  | 1.0  | 80.0  |
| OCTO ** 6EME                               | 0.0   | .23    | .69   | 21.1 | 11.2 | 7.4  | 0.0  | 0.0  | .53   | 9.9  | 0.0  | 80.0  |
| NOVE ** 1ERE                               | .5    | .10    | .60   | 15.0 | 6.8  | 1.1  | 0.0  | 0.0  | .45   | 8.2  | 0.0  | 80.0  |
| NOVE ** 2EME                               | 0.0   | .01    | .54   | 13.5 | 1.1  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | .00   | 12.4 | 0.0  | 80.0  |
| NOVE ** 3EME                               | 0.0   | 0.00   | .40   | 12.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 12.0 | 0.0  | 80.0  |
| TOTAUX :                                   | 708.  | SONETP | 2053. | 477. | 460. |      | 44.  | 347. |       | 154. | 30.  |       |
| ***INDICE DE SATISFACTION ETR/ETM ***      |       |        |       |      |      |      |      |      |       |      |      |       |
| ***IDV***FL1***FL2***FL3***MATUR***CYCLE** |       |        |       |      |      |      |      |      |       |      |      |       |
|                                            | .74   | .00    | .43   | .27  | .68  |      |      |      |       |      |      |       |

croissance végétative  
initiation à la floraison  
floraison, formation, épi  
remplissage, maturation

□ Stress hydrique

Figure 21 : Bilan hydrique sur le sorgho à SEGOU  
(stress hydrique)

ANNEE : 1976  
RESERVE MAXIMALE UTILISABLE : 60. MM COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT : 0.00  
\*SORGHO 100 \*

| PERIODES :                                 | P    | HR     | K     | ETM  | ETR   | RES  | RU-1 | DR   | SATIS | DEFI | RESS | FRONT |
|--------------------------------------------|------|--------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|
| MAI ** 2EME                                | 0.0  | 0.00   | 0.00  | 0.0  | -1.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.2   |
| MAI ** 3EME                                | .3   | 0.00   | 0.00  | 0.0  | -.3   | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.2   |
| MAI ** 4EME                                | 47.5 | .70    | .40   | 11.8 | 11.8  | 35.7 | 0.0  | 0.0  | 1.00  | 0.0  | 2.0  | 47.2  |
| MAI ** 5EME                                | 7.2  | .30    | .54   | 15.1 | 11.9  | 31.0 | 0.0  | 0.0  | .79   | 3.2  | 0.0  | 47.2  |
| MAI ** 6EME                                | 14.5 | .76    | .65   | 21.8 | 20.8  | 24.8 | 0.0  | 0.0  | .75   | 1.1  | .5   | 47.2  |
| JUIN ** 1ERE                               | 0.0  | 0.00   | .69   | 18.6 | 2.7   | 22.0 | 0.0  | 0.0  | .15   | 15.9 | 0.0  | 47.2  |
| JUIN ** 2EME                               | .2   | .47    | .80   | 21.6 | 16.5  | 5.7  | 0.0  | 0.0  | .77   | 5.1  | 0.0  | 47.2  |
| JUIN ** 3EME                               | 0.0  | .31    | .84   | 22.3 | 13.2  | 1.3  | 0.0  | 0.0  | .68   | 9.0  | 0.0  | 47.2  |
| JUIN ** 4EME                               | 14.7 | .34    | .70   | 23.7 | 14.2  | 1.8  | 0.0  | 0.0  | .57   | 7.7  | .5   | 47.2  |
| JUIN ** 5EME                               | 0.9  | .23    | .96   | 25.0 | 10.7  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | .43   | 14.3 | 0.0  | 47.2  |
| JUIN ** 6EME                               | 13.2 | .28    | 1.00  | 26.0 | 12.4  | .8   | 0.0  | 0.0  | .48   | 13.6 | .5   | 47.2  |
| JUIL ** 1ERE                               | 0.0  | .02    | 1.06  | 27.0 | 0.0   | .8   | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 27.0 | 0.0  | 47.2  |
| JUIL ** 2EME                               | 2.3  | .06    | 1.15  | 29.3 | 3.1   | 0.0  | 0.0  | 0.0  | .11   | 26.2 | 0.0  | 47.2  |
| JUIL ** 3EME                               | 7.3  | .20    | 1.15  | 28.2 | 7.3   | .0   | 0.0  | 0.0  | .33   | 18.9 | 0.0  | 47.2  |
| JUIL ** 4EME                               | 39.6 | .83    | 1.15  | 28.2 | 26.0  | 13.6 | 0.0  | 0.0  | .92   | 2.2  | 1.5  | 47.2  |
| JUIL ** 5EME                               | 71.4 | 1.00   | 1.00  | 23.0 | 21.9  | 38.1 | 0.0  | 25.0 | .75   | 1.1  | 2.5  | 60.2  |
| JUIL ** 6EME                               | 39.3 | 1.00   | .96   | 26.5 | 25.0  | 35.0 | 0.0  | 17.4 | .94   | 1.5  | 1.5  | 60.2  |
| AOUT ** 1ERE                               | 47.5 | 1.00   | .70   | 19.8 | 19.1  | 40.9 | 0.0  | 22.5 | .76   | .7   | 2.0  | 60.2  |
| AOUT ** 2EME                               | 75.5 | 1.00   | .82   | 18.0 | 17.6  | 42.4 | 0.0  | 56.4 | .97   | .5   | 2.5  | 60.2  |
| AOUT ** 3EME                               | 57.7 | 1.00   | .67   | 15.2 | 15.2  | 44.8 | 0.0  | 40.1 | 1.00  | 0.0  | 2.5  | 60.2  |
| AOUT ** 4EME                               | 6.7  | .84    | .54   | 11.9 | 11.9  | 39.6 | 0.0  | 0.0  | 1.00  | 0.0  | 0.0  | 60.2  |
| AOUT ** 5EME                               | 21.2 | 1.00   | .48   | 13.7 | 13.7  | 46.3 | 0.0  | .8   | 1.00  | 0.0  | .5   | 60.2  |
| AOUT ** 6EME                               | 3.7  | .83    | 0.00  | 0.0  | -10.9 | 39.1 | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.2   |
| SEPT ** 1ERE                               | 26.0 | 1.00   | 0.00  | 0.0  | -8.0  | 52.0 | 0.0  | 5.1  | 0.00  | 0.0  | 1.0  | 1.2   |
| SEPT ** 2EME                               | 6.0  | .97    | 0.00  | 0.0  | -0.0  | 50.0 | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.2   |
| SEPT ** 3EME                               | 27.8 | 1.00   | 0.00  | 0.0  | -8.5  | 51.5 | 0.0  | 17.8 | 0.00  | 0.0  | 1.0  | 1.2   |
| TOTAUX :                                   | 486. | 50METP | 2035. | 427. | 461.  | 0.   | 254. | 150. | 23.   |      |      |       |
| ***INDICE DE SATISFACTION ETR/ETM ***      |      |        |       |      |       |      |      |      |       |      |      |       |
| ***IDV***FL1***FL2***FL3***NATUR***CYCLE** |      |        |       |      |       |      |      |      |       |      |      |       |
|                                            | .72  | .48    | .70   | .77  | .65   |      |      |      |       |      |      |       |

croissance végétative  
initiation à la floraison  
floraison, formation, épi  
remplissage, maturation

□ Stress hydrique

Figure 22 : Bilan hydrique sur le sorgho à MOPTI  
(stress hydrique)

ANNEE : 1992  
RESERVE MAXIMALE UTILISABLE : 60. MM COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT : 0.00  
\*SORGHO 70 \*

| PERIODES :                                 | P    | HR    | K     | ETM  | ETR  | RES  | RU-I | DR   | SATIS | DEFI | RESS | FRONT |
|--------------------------------------------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|
| JUIL ** 1ERE                               | 0.0  | 0.00  | 0.00  | 0.0  | -1.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.%   |
| JUIL ** 2EME                               | 9.4  | 0.00  | 0.00  | 0.0  | -9.4 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.%   |
| JUIL ** 3EME                               | 4.3  | 0.00  | 0.00  | 0.0  | -4.3 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.%   |
| JUIL ** 4EME                               | 16.7 | 0.00  | 0.00  | 0.0  | -9.3 | 7.4  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | .5   | 1.%   |
| JUIL ** 5EME                               | 7.2  | .24   | 0.00  | 0.0  | -8.6 | 8.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.%   |
| JUIL ** 6EME                               | 27.3 | 1.00  | .40   | 13.0 | 13.0 | 20.3 | 0.0  | 0.0  | 1.00  | 0.0  | 1.0  | 33.%  |
| AOUT ** 1ERE                               | 16.1 | 1.00  | .54   | 13.0 | 13.0 | 22.6 | 0.0  | 0.0  | 1.00  | 0.0  | .5   | 36.%  |
| AOUT ** 2EME                               | 10.2 | 1.00  | .60   | 15.3 | 15.3 | 25.6 | 0.0  | 0.0  | 1.00  | .0   | .5   | 41.%  |
| AOUT ** 3EME                               | 1.5  | .06   | .70   | 17.5 | 5.5  | 21.6 | 0.0  | 0.0  | .31   | 12.0 | 0.0  | 41.%  |
| AOUT ** 4EME                               | 10.0 | .97   | .70   | 19.5 | 10.7 | 20.9 | 0.0  | 0.0  | .96   | .0   | .5   | 41.%  |
| AOUT ** 5EME                               | 46.0 | 1.00  | .84   | 21.0 | 20.0 | 39.2 | 0.0  | 6.7  | .95   | 1.0  | 1.0  | 60.%  |
| AOUT ** 6EME                               | 37.7 | 1.00  | .90   | 20.1 | 26.5 | 33.5 | 0.0  | 16.9 | .94   | 1.6  | 1.0  | 60.%  |
| SEPT ** 1ERE                               | 11.4 | .75   | 1.00  | 26.0 | 23.2 | 21.0 | 0.0  | 0.0  | .87   | 2.0  | 0.0  | 60.%  |
| SEPT ** 2EME                               | 1.7  | .39   | 1.00  | 26.0 | 15.0 | 7.7  | 0.0  | 0.0  | .61   | 10.2 | 0.0  | 60.%  |
| SEPT ** 3EME                               | 0.0  | .13   | 1.15  | 31.1 | 6.0  | 1.6  | 0.0  | 0.0  | .17   | 25.0 | 0.0  | 60.%  |
| SEPT ** 4EME                               | 6.4  | .13   | 1.15  | 31.1 | 6.2  | 1.0  | 0.0  | 0.0  | .20   | 24.0 | 0.0  | 60.%  |
| SEPT ** 5EME                               | 0.0  | .03   | .76   | 26.9 | 1.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | .07   | 25.1 | 0.0  | 60.%  |
| SEPT ** 6EME                               | 16.7 | .20   | .82   | 23.0 | 12.5 | 4.2  | 0.0  | 0.0  | .55   | 10.4 | .5   | 60.%  |
| OCTO ** 1ERE                               | 3.0  | .13   | .69   | 20.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | .40   | 12.1 | 0.0  | 60.%  |
| OCTO ** 2EME                               | 0.0  | 0.00  | .60   | 17.4 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 17.4 | 0.0  | 60.%  |
| OCTO ** 3EME                               | 0.0  | 0.00  | .54   | 15.7 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 15.7 | 0.0  | 60.%  |
| OCTO ** 4EME                               | 0.0  | 0.00  | .40   | 13.9 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 13.9 | 0.0  | 60.%  |
| OCTO ** 5EME                               | 0.0  | 0.00  | .42   | 12.4 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 12.4 | 0.0  | 60.%  |
| OCTO ** 6EME                               | 0.0  | 0.00  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.00  | 0.0  | 0.0  | 1.%   |
| TOTAUX :                                   | 205. | 50.46 | 2375. | 372. | 220. | 0.   | 24.  | 105. | 5.    |      |      |       |
| ***INDICE DE SATISFACTION ETR/ETM ***      |      |       |       |      |      |      |      |      |       |      |      |       |
| ***IDV***FL1***FL2***FL3***NATUR***CYCLE** |      |       |       |      |      |      |      |      |       |      |      |       |
| .03 .07 .20 0.00 .50                       |      |       |       |      |      |      |      |      |       |      |      |       |
| *****                                      |      |       |       |      |      |      |      |      |       |      |      |       |

croissance végétative  
initiation à la floraison  
floraison, formation, épi  
remplissage maturation

□ Stress hydrique

Le déficit hydrique le plus important se situe à SEGOU, avec 168 mm en 1982.

| STATIONS   | SIKASSO              | BANCOU-MANA          | BAMAKO VILLE         | KAYES                | SEGOU                | MOPTI               |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Paramètres | cycl.140j<br>RU = 60 | cycl.120j<br>RU = 80 | cycl.120j<br>RU = 80 | cycl.100j<br>RU = 80 | cycl.100j<br>RU = 60 | cycl.90j<br>RU = 60 |
| ETR mm     | 447                  | 415                  | 411                  | 353                  | 328                  | 288                 |
| ETM mm     | 485                  | 466                  | 469                  | 421                  | 424                  | 369                 |
| ETR/ETM %  | 92                   | 89                   | 88                   | 84                   | 77                   | 78                  |
| DEFICIT mm | 38                   | 51                   | 58                   | 68                   | 96                   | 81                  |
| DR mm      | 570                  | 334                  | 332                  | 137                  | 148                  | 119                 |

TABLEAU XIII : Evolution des besoins en eau

DR : drainage

JAS : jours après semis

### III.3.3 - Espérance de satisfaction des besoins en eau (1973 - 1982)

La satisfaction des besoins en eau (ETR/ETM) est relativement faible à SEGOU et MOPTI, mais elle est satisfaisante ailleurs (voir tableau XIII).

Toutefois, on notera un risque de déficit hydrique au moment des périodes sensibles (figures 18 à 22) et, plus particulièrement, ces 10 dernières années.

./.

|     |               | SIKASSO | BANCOU-MANA | BAMAKO | KAYES | SEGOU | MOPTI |
|-----|---------------|---------|-------------|--------|-------|-------|-------|
| JAS | ETR/<br>ETM % | 86      | 89          | 95     | 90    | 78    | 89    |
| 5 0 | DR mm         | 211     | 89          | 134    | 73    | 20    | 53    |

### III.3.4 - Satisfaction des besoins en eau au cours de périodes sensibles

| ANNEES | SIKASSO | BANCOU-MANA | BAMAKO-VILLE | KAYES | SEGOU | MOPTI |
|--------|---------|-------------|--------------|-------|-------|-------|
| 1973   | 6       | 7           | 4            | 5     | 4     | 7     |
| 1974   | 0       | /           | 3            | 0     | 1     | 7     |
| 1975   | 1       | 0           | 1            | 0     | 8     | 2     |
| 1976   | 3       | 1           | 0            | 4     | 8     | 5     |
| 1977   | 2       | 1           | 4            | 3     | 4     | 7     |
| 1978   | 2       | /           | 0            | 0     | 3     | 5     |
| 1979   | 0       | 1           | 2            | 6     | 5     | 3     |
| 1980   | 1       | /           | 10           | 8     | 4     | 0     |
| 1981   | 2       | 2           | 0            | 0     | 1     | 6     |
| 1982   | /       | 2           | 0            | 4     | 3     | 11    |

Fréquences de périodes sèches (nombre de pentades où  
ETR/ETM 0,60)

NB: Ces valeurs correspondent à des cycles différents (voir  
tableau XIII).

|     |               | SIKASSO | BANCOU-MANA | BAMAKO | KAYES | SEGOU | MOPTI |
|-----|---------------|---------|-------------|--------|-------|-------|-------|
| JAS | ETR/<br>ETM % | 86      | 89          | 95     | 90    | 78    | 89    |
| 5 0 | DR mm         | 211     | 89          | 134    | 73    | 20    | 53    |

### III.3.4 - Satisfaction des besoins en eau au cours de périodes sensibles

| ANNEES | SIKASSO | BANCOU-MANA | BAMAKO-VILLE | KAYES | SEGOU | MOPTI |
|--------|---------|-------------|--------------|-------|-------|-------|
| 1973   | 6       | 7           | 4            | 5     | 4     | 7     |
| 1974   | 0       | /           | 3            | 0     | 1     | 7     |
| 1975   | 1       | 0           | 1            | 0     | 8     | 2     |
| 1976   | 3       | 1           | 0            | 4     | 8     | 5     |
| 1977   | 2       | 1           | 4            | 3     | 4     | 7     |
| 1978   | 2       | /           | 0            | 0     | 3     | 5     |
| 1979   | 0       | 1           | 2            | 6     | 5     | 3     |
| 1980   | 1       | /           | 10           | 8     | 4     | 0     |
| 1981   | 2       | 2           | 0            | 0     | 1     | 6     |
| 1982   | /       | 2           | 0            | 4     | 3     | 11    |

Fréquences de périodes sèches (nombre de pentades où  
ETR/ETM 0,60)

NB: Ces valeurs correspondent à des cycles différents (voir  
tableau XIII).

Le risque climatique le plus important est lié à la possible apparition d'une période sèche au coeur de la saison des pluies.

A MOPTI, durant les 90 jours, il y a eu 11 pentades de stress hydrique, soit plus de 55 jours en 1982, et cela pendant la phase sensible de floraison.

En plus de l'année 1982 à MOPTI, l'année 1973 a été remarquable de par sa sécheresse sur l'ensemble des stations.

On pourrait alors remarquer que plus cette période s'accroît, plus s'accroît la baisse de la production.

—oOo—

*Rapport-gratuit.com*   
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

*Rapport-gratuit.com*   
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

#### IV - CONCLUSION

---

L'objectif de ce stage était d'amorcer, d'une manière assez succincte, le problème d'eau dans son ensemble, quand on sait que l'amélioration de la production d'une culture ne peut se réaliser en condition hydrique limitante, le plus souvent liée :

- à l'irrégularité de la pluviométrie et à sa mauvaise répartition ;
- au type de sol et à sa réserve utile ;
- aux techniques culturales.

L'existence de cette insuffisance hydrique depuis plus d'une décennie dans le Sahel est mise en évidence par un modèle de bilan hydrique qui intègre la relation :  
EAU - SOL - PLANTES.

La valorisation et l'économie de l'eau (LEGOUPIL, LODON) met en évidence cette nécessité de relation qui doit aboutir à des recherches beaucoup plus cohérentes et satisfaisantes.

Ainsi, l'analyse fréquentielle des pluies permet de faire des propositions pouvant améliorer les systèmes de production. Faisant apparaître la durée optimale de la saison des pluies (SEGOU : au maximum, 80 jours), elle peut déterminer les dates de labour et de semis, mais aussi le calage d'un cycle variétal (140 jours pour le sorgho à SIKASSO).

Cette approche permet de gérer et, sinon, d'économiser au mieux l'eau. Le modèle élabore les besoins maximums et réels des plantes séquentiellement au cours de la saison et met en relief des périodes de stress hydriques (période sèche) qui fixent des doses d'irrigation suivant la quantité du déficit hydrique (ETM - ETR).

Une analyse fréquentielle de cette période permettrait de mieux situer les dates et les doses d'irrigation.

Mais l'objectif visé n'a pas été atteint, compte tenu des impératifs qui m'ont limité dans le travail.

Pour la poursuite de mes travaux, une convention doit être élaborée entre le DRD (Division Recherche-Développement - IRAT) et la Division Agrométéorologique au Mali pour un transfert du logiciel de traitement du modèle dans son ensemble sur le PDP 11.

—o0o—

# BIBLIOGRAPHIE

- (1) C. DANCETTE : Estimation des besoins en eau des principales cultures pluviales en zone soudano-sahélienne.  
INRA - IRAT - ISRA
- (2) C. DANCETTE : Base de données, évaporation bac classe "A", coefficient de végétation - ISRA 1980.
- (3) C. DANCETTE : Agrométéorologie et gestion de l'eau en zone semi-aride - CIEH - IRAT - Octobre 1982.
- (4) F. FOREST : Mission Agroclimatologie  
IRAT - EMBRAPA CNPAF - CPATSA  
Brésil, Février 1983
- (5) F. FOREST : Le bilan hydrique facteur de production des cultures pluviales ; IRAT - DRD 1983.
- (6) C. FEAU : Etude pédologique des périmètres de LOSSA et SONA  
ACC - DGRST  
IRAT - INRAN - GERDAT - 1976.
- (7) F. FOREST : Influence du régime d'alimentation en eau sur la production du riz pluvial  
J.M. KALMS Simulation du bilan hydrique.  
IRAT - GERDAT - IDESSA - 1982.
- (8) P. BROCHET : L'évapotranspiration, aspect agrométéorologique, évaluation pratique de l'évapotranspiration potentielle.  
N. GERBIER SMM - Climatologie Paris - Décembre 1975.
- (9) J. CHAROY : - évapotranspiration, besoins en eau des cultures ;  
F. FOREST - estimation fréquentielle des conditions d'alimentations hydriques en culture pluviale et irriguée.  
J.C. LEGOUPIL bilan hydrique  
IRAT - Avril 1978.

- (10) F. FOREST : Agroclimatologie dans la zone de  
G. VALLEE DJENNE (Mali)  
Convention RIZ MOPTI  
IRAT - Juin 1982
- (11) F. FOREST : Influence du régime pluviométrique  
et la production de la canne à sucre  
zone des hauts de Saint-Paul.  
IRAT - REUNION - Février 1982.
- (12) F. FOREST : Analyse fréquentielle des facteurs  
pédoclimatiques influençant la culture  
pluviale de la canne à sucre  
Projet sucrier de BANIAN (R. de Guinée)  
IRAT - Décembre 1979.
- (13) M. FRERE : Surveillance agrométéorologique pour  
G.F. POPOV la prévision des récoltes.  
Division de la production végétale  
et de la protection des plantes  
FAO - ROME - 1979.
- (14) M. N'DIAYE : Etude climatique et petits périmètres  
irrigués de la zone de MATAM (Sénégal)  
Rapport de stage.  
IRAT - DRD - Octobre 1982.
- (15) Hydrologie : Potentialités du milieu naturel Moyen-  
Agricole Ouest Malgache  
- régime pluviométrique  
- bilan hydrique des cultures  
IRAT - Montpellier, Janvier 1982.
- (16) S. VALET : Cartes pédologiques et d'aptitudes  
hydro-agricoles des périmètres sucriers  
de TILLABERY et TILLAKEINA (Terrasse  
du Niger).  
IRAT - INRAN, Décembre 1981
- (17) J. IMBERNON : Caractérisation hydrodynamique de deux  
sols de la Réunion (mission)  
IRAT, Mai 1982.
- (18) J. CHAROY : Evaluation fréquentielle des besoins  
F. FOREST d'irrigation pour l'optimisation d'un  
J.C. LEGOUPIL projet d'aménagement hydro-agricole  
(périmètre de SONA, Niger).  
IRAT - INRAN, Août 1978.

- (19) C. DANCETTE : Besoins en eau du Mil au Sénégal.  
Adaptation en zone semi-aride tropi-  
cale - 1982.
- (20) J.P. FRETEAUD : Principaux résultats obtenus en 1982  
M. HAMMOUTENE sur le niébé par la Division de Bio-  
climatologie.  
IRAT - ISRA - CNRA, Janvier 1983
- (21) C. DANCETTE : Niébé et valorisation des ressources  
pluviales dans certains systèmes agri-  
coles sénégalais.  
SAFGRAD - DAKAR, Janvier 1981.
- (22) C. DANCETTE : Principaux résultats obtenus en 1981  
sur le niébé par la Division de Bio-  
climatologie, Sénégal, 1982.
- (23) F. FOREST : Simulation du bilan hydrique de l'ara-  
C. DANCETTE chide en vue d'une meilleure adaptation  
de cette culture aux conditions tropi-  
cales.  
IRAT - ISRA, Avril 1982.
- (24) C. DANCETTE : L'agrométéorologie du sorgho et du mil-  
M. HAMMOUTENE let dans les zones tropicales semi-  
arides (colloque).  
HYDERABAD, 15-19 Novembre 1982.
- (25) Ministère de : Bilan hydrique efficace et prospective  
la Coopération décadaire des besoins en eau des cul-  
tures pluviales en zone soudano-  
sahélienne - 1974.
- (26) DSGCNM : Rapport de l'enquête agricole  
(mécanographie) 1970 - 1971 Août 1973.
- (27) Ministère de : Mémento de l'agronomie  
la Coopération P 25 à 61  
Française 1980.
- (28) Météorologie : Evapotranspiration et bilan hydrique  
Française (numéro spécial)  
VIème série - n° 11 - BUDAPEST  
Décembre 1977.
- (29) C. PIERI : Agronomie Tropicale 1979, N° 1, Janv.-Mars.

A N N E X E I

LA STATION PLUVIO OLSHILL LT 4614600

```

*****
* BILAN HYDRIQUE GLOBAL DE L'ANNÉE *
* 3 JUNE ROTATION CULTURALE *
* LA CONDITIONNEMENTS VARIABLES DE RESERVE *
*****

```

464

LE PAS DE TEMPS EST DE 5 JOURS

LA PONDÉRATION DE L'EAU DISPONIBLE EST DE 30.00

ANNÉE 1973

RESERVE MAXIMALE UTILISABLE : 60.00

COEFFICIENT DE RUISSELEMENT : 120

\*somme 140\*

\*\*\*\*\*

PERIODES : P HR K ETR ETR RES R/I/S OR SATIS DEFI RESS FRONT

\*\*\*\*\*

MAI \*\* 2EME 13.4 0.00 0.00 0.0 -4.0 10.4 0.0 0.0 0.00 0.0 .5 1.0

MAI \*\* 3EME 0.0 .13 0.00 0.0 -3.3 7.1 0.0 0.0 0.00 0.0 0.0 1.0

MAI \*\* 4EME 27.6 .43 0.00 0.0 -3.3 31.4 0.0 0.0 0.00 0.0 1.0 1.0

MAI \*\* 5EME 31.7 1.00 .40 6.7 7.4 55.7 0.0 0.0 1.00 2.7 1.0 63.0

MAI \*\* 6EME 16.0 1.00 .54 10.1 17.7 54.9 0.0 0.0 .97 .5 .5 73.0

JUIN \*\* 1ERE 0.0 .16 .60 13.8 8.4 46.4 0.0 0.0 .61 5.4 0.0 73.0

JUIN \*\* 2EME 4.1 .10 .65 14.9 6.7 43.8 0.0 0.0 .45 0.2 0.0 73.0

JUIN \*\* 3EME 0.7 .72 .75 16.5 15.6 36.8 0.0 0.0 .95 .9 0.0 73.0

JUIN \*\* 4EME 8.7 .63 .80 17.6 16.1 29.5 0.0 0.0 .92 1.5 0.0 73.0

JUIN \*\* 5EME 5.4 .40 .84 18.9 15.7 19.2 0.0 0.0 .83 3.2 0.0 73.0

JUIN \*\* 6EME 2.1 0.00 .70 20.2 2.6 18.7 0.0 0.0 .13 17.6 0.0 73.0

JUIL \*\* 1ERE 23.0 .59 .86 20.2 17.4 25.1 0.0 0.0 .86 2.8 .5 73.0

JUIL \*\* 2EME 5.3 .42 1.00 21.0 15.5 14.9 0.0 0.0 .74 5.5 0.0 73.0

JUIL \*\* 3EME 1.7 0.00 1.06 21.2 2.6 14.0 0.0 0.0 .12 10.6 0.0 73.0

JUIL \*\* 4EME 35.6 .68 1.15 23.0 20.1 29.2 0.0 0.0 .87 2.9 1.0 73.0

JUIL \*\* 5EME 99.3 1.00 1.26 26.5 25.0 55.0 9.9 30.6 .94 1.5 3.5 80.0

JUIL \*\* 6EME 36.9 1.00 1.26 31.8 29.9 50.1 0.0 11.9 .94 1.8 1.0 80.0

AOÛT \*\* 1ERE 53.5 1.00 1.15 23.0 21.9 58.1 5.3 10.2 .95 1.1 2.0 80.0

AOÛT \*\* 2EME 54.6 1.00 1.15 23.0 21.9 58.1 5.5 27.3 .95 1.1 1.0 80.0

AOÛT \*\* 3EME 55.7 1.00 1.00 19.0 18.4 61.6 5.6 20.3 .97 .6 2.0 80.0

AOÛT \*\* 4EME 82.4 1.00 1.00 19.0 18.4 61.6 8.2 55.8 .97 .6 3.0 80.0

AOÛT \*\* 5EME 45.6 1.00 .96 17.3 16.9 63.1 0.0 27.2 .98 .3 1.5 80.0

AOÛT \*\* 6EME 32.5 1.00 .70 19.4 18.0 61.2 0.0 15.6 .97 .7 1.0 80.0

SEPT \*\* 1ERE .9 .78 .85 14.9 14.5 47.7 0.0 0.0 .97 .4 0.0 80.0

SEPT \*\* 2EME 6.2 .67 .67 12.1 12.1 41.8 0.0 0.0 1.00 0.0 0.0 80.0

SEPT \*\* 3EME 13.6 .69 .65 13.3 13.3 42.1 0.0 0.0 1.00 .0 .5 80.0

SEPT \*\* 4EME 5.8 .60 .60 12.3 12.3 35.6 0.0 0.0 1.00 0.0 0.0 80.0

SEPT \*\* 5EME 33.8 .87 .54 11.1 11.1 50.3 0.0 0.0 1.00 0.0 1.0 80.0

SEPT \*\* 6EME 9.0 .84 .48 9.8 9.8 57.5 0.0 0.0 1.00 0.0 0.0 80.0

OCTO \*\* 1ERE 2.9 .76 .42 9.0 9.0 51.4 0.0 0.0 1.00 0.0 0.0 80.0

OCTO \*\* 2EME 0.0 .64 .35 7.5 7.5 43.8 0.0 0.0 1.00 0.0 0.0 80.0

\*\*\*\*\*

TOTAUX : 676.50NETP 1575.481.515.35.223.78.22.

\*\*\*\*\*

\*\*\*INDICE DE SATISFACTION ETR/ETM \*\*\*\*\*

\*\*\*TALLAGE\*\*\*IP\*\*\*REPRO\*\*\*MATUR\*\*\*CYCLE\*\*\*\*\*

.70 .75 .77 1.00 .84

\*\*\*\*\*

ANNEE : 1974

RESERVE MAXIMALE UTILISABLE : 80. MM

COEFFICIENT DE RUISSELEMENT : .20

\*geordho 140\*

```

*****
PERIODES :  P   NR   K   ETA  ETR  RES R/I/R  DR  SATIS DEFI RESS FRONT
*****
MAI ** 2EME 0.0 0.00 0.00 0.0 -1.0 0.0 0.0 0.0 0.00 0.0 0.0 1.3
MAI ** 3EME 0.0 0.00 0.00 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.00 0.0 0.0 1.3
MAI ** 4EME 27.3 .07 0.00 0.0 -3.3 26.0 0.0 0.0 0.00 0.0 1.0 1.3
MAI ** 5EME .6 .33 0.00 0.0 -3.7 22.9 0.0 0.0 0.00 0.0 0.0 1.3
MAI ** 6EME 2.9 .40 .40 8.1 9.3 13.5 0.0 0.0 1.00 3.2 0.0 28.3
JUN ** 1ERE 16.8 1.00 .54 12.4 12.4 26.9 0.0 0.0 1.00 0.0 .5 33.3
JUN ** 2EME 17.0 1.00 .60 13.3 13.0 26.9 0.0 0.0 1.00 0.0 .5 41.3
JUN ** 3EME 29.1 1.00 .65 14.3 14.3 41.7 0.0 0.0 1.00 0.0 .5 56.3
JUN ** 4EME 23.1 1.00 .75 16.5 16.3 40.5 0.0 0.0 .99 .2 1.0 65.3
JUN ** 5EME 19.2 1.00 .80 18.0 17.5 50.2 0.0 0.0 .97 .5 .5 68.3
JUN ** 6EME 47.6 1.00 .84 18.9 18.3 61.7 0.0 17.8 .97 .6 1.5 80.3
JUL ** 1ERE 45.4 1.00 .90 18.9 18.3 61.7 0.0 27.1 .97 .6 1.5 80.3
JUL ** 2EME 27.1 1.00 .96 20.2 19.4 60.8 0.0 0.0 .96 .8 1.0 80.3
JUL ** 3EME 55.4 1.00 1.00 20.0 19.2 60.0 5.5 30.5 .96 .8 2.5 80.3
JUL ** 4EME 41.0 1.00 1.06 21.2 20.3 59.7 0.0 22.6 .96 .9 1.0 80.3
JUL ** 5EME 19.3 .99 1.15 24.1 22.9 56.1 0.0 0.0 .95 1.3 .5 80.3
JUL ** 6EME 109.0 1.00 1.26 31.0 29.9 50.1 10.9 74.2 .94 1.8 4.0 80.3
AOUT ** 1ERE 15.4 .82 1.26 25.2 23.2 42.3 0.0 0.0 .92 2.0 0.0 80.3
AOUT ** 2EME 3.7 .58 1.15 23.0 18.8 27.2 0.0 0.0 .82 4.2 0.0 80.3
AOUT ** 3EME 11.1 .40 1.15 21.9 16.8 21.5 0.0 0.0 .77 5.0 0.0 80.3
AOUT ** 4EME 108.7 1.00 1.00 19.0 18.4 61.6 0.0 50.2 .97 .6 4.0 80.3
AOUT ** 5EME 119.9 1.00 1.00 18.0 17.5 62.5 12.0 89.5 .97 .5 3.0 80.3
AOUT ** 6EME 43.2 1.00 .96 20.7 19.9 60.1 0.0 25.7 .96 .9 1.5 80.3
SEPT ** 1ERE 3.6 .80 .90 15.7 15.2 40.6 0.0 0.0 .96 .6 0.0 80.3
SEPT ** 2EME 40.3 1.00 .85 14.9 14.9 65.1 0.0 8.9 1.00 0.0 1.0 80.3
SEPT ** 3EME 14.6 1.00 .69 14.1 14.1 65.6 0.0 0.0 1.00 0.0 .5 80.3
SEPT ** 4EME 72.0 1.00 .65 13.3 13.3 66.7 7.2 50.4 1.00 0.0 2.5 80.3
SEPT ** 5EME 10.8 .97 .60 12.3 12.3 65.2 0.0 0.0 1.00 0.0 .5 80.3
SEPT ** 6EME 13.2 .98 .54 11.1 11.1 67.3 0.0 0.0 1.00 0.0 0.0 80.3
OCTO ** 1ERE 20.8 1.00 .48 10.3 10.3 69.7 0.0 16.1 1.00 0.0 1.0 80.3
OCTO ** 2EME 27.1 1.00 .42 9.0 9.0 71.0 0.0 16.8 1.00 0.0 .5 80.3
*****
TOTAUX : 972. 50METP 1575. 474. 565. 36. 430. 24. 32.
*****
***INDICE DE SATISFACTION ETR/ETA *****
***TALLAGE***IP**REPRO**MATUR**CYCLE*****
.98 .90 .99 1.00 .95
*****

```

ANNEE 1975

RESERVE MAXIMALE UTILISABLE : 80. MM

COEFFICIENT DE GLISSIEMENT : .20

\*Program 140\*

\*\*\*\*\*

PERIODES : P HR K ETN ETR RES K/I/R OR SATIS DEFI MESO FRONT

\*\*\*\*\*

MAY \*\* 2EME 40.1 .70 .40 3.1 7.0 34.1 0.0 0.0 1.00 2.4 1.0 41.8

MAY \*\* 3EME 19.3 1.00 .54 13.5 13.5 39.7 0.0 0.0 1.00 0.0 .5 53.8

MAY \*\* 4EME 31.4 1.00 .60 15.0 15.0 50.3 0.0 0.0 1.00 0.0 1.0 71.8

MAY \*\* 5EME 2.5 .22 .65 16.2 10.0 47.7 0.0 0.0 .59 7.4 0.0 71.8

MAY \*\* 6EME 14.7 .83 .75 25.2 23.6 37.1 0.0 0.0 .73 1.6 .5 71.8

JUN \*\* 1ERE 25.0 .90 .80 18.4 17.6 46.5 0.0 0.0 .95 .0 1.0 71.8

JUN \*\* 2EME 41.6 1.00 .84 19.3 10.7 61.3 0.0 0.1 .77 .7 1.5 80.8

JUN \*\* 3EME 19.6 1.00 .90 19.0 19.1 60.9 0.0 .9 .96 .7 .5 80.8

JUN \*\* 4EME 38.0 1.00 .96 21.1 20.2 57.8 3.2 42.1 .96 .9 2.5 90.8

JUN \*\* 5EME 23.2 1.00 1.00 22.5 21.4 50.6 0.0 5.0 .95 1.1 1.0 80.8

JUN \*\* 6EME 7.7 .85 1.06 23.7 22.2 46.1 0.0 0.0 .93 1.7 0.0 80.8

JUL \*\* 1ERE 43.6 1.00 1.15 24.1 22.9 57.1 0.0 9.7 .95 1.3 1.5 80.8

JUL \*\* 2EME 34.7 1.00 1.26 26.5 25.0 55.0 0.0 11.8 .94 1.5 1.0 80.8

JUL \*\* 3EME 27.4 1.00 1.26 25.2 23.8 56.2 0.0 2.4 .95 1.4 .5 80.8

JUL \*\* 4EME 8.1 .80 1.15 23.0 21.1 43.1 0.0 0.0 .92 1.7 0.0 80.8

JUL \*\* 5EME 58.6 1.00 1.15 24.1 22.9 57.1 5.9 15.9 .95 1.3 1.5 80.8

JUL \*\* 6EME 75.9 1.00 1.00 25.2 23.8 56.2 7.8 45.4 .95 1.4 2.5 80.8

AOUT \*\* 1ERE 9.7 .82 1.00 20.0 18.7 47.2 0.0 0.0 .93 1.3 0.0 80.8

AOUT \*\* 2EME 22.5 .87 .96 19.2 18.2 51.5 0.0 0.0 .95 1.0 .5 80.8

AOUT \*\* 3EME 73.4 1.00 .90 17.1 16.8 63.2 7.3 37.6 .98 .3 2.0 80.8

AOUT \*\* 4EME 25.7 1.00 .85 16.1 16.0 64.0 0.0 9.1 .97 .2 .5 80.8

AOUT \*\* 5EME 23.4 1.00 .69 12.4 12.4 67.6 0.0 7.4 1.00 0.0 1.0 80.8

AOUT \*\* 6EME 40.7 1.00 .65 14.0 14.0 66.0 0.0 28.5 1.00 0.0 1.0 80.8

SEPT \*\* 1ERE 77.9 1.00 .60 10.5 10.5 69.5 7.8 56.1 1.00 0.0 2.5 80.8

SEPT \*\* 2EME 95.4 1.00 .54 9.5 9.5 70.6 9.5 75.4 1.00 0.0 4.0 80.8

SEPT \*\* 3EME 11.7 1.00 .48 9.8 9.8 70.2 0.0 2.2 1.00 0.0 .5 80.8

SEPT \*\* 4EME 63.9 1.00 .42 8.6 8.6 71.4 6.4 47.7 1.00 0.0 2.5 80.8

SEPT \*\* 5EME 59.1 1.00 .35 7.2 7.2 72.8 5.9 44.6 1.00 0.0 2.0 80.8

SEPT \*\* 6EME 32.5 1.00 0.00 0.0 -2.7 77.3 0.0 25.3 0.00 0.0 1.0 1.8

OCTO \*\* 1ERE 29.0 1.00 0.00 0.0 -3.4 76.6 0.0 26.3 0.00 0.0 1.0 1.8

OCTO \*\* 2EME 1.8 .98 0.00 0.0 -2.8 75.6 0.0 0.0 0.00 0.0 0.0 1.8

\*\*\*\*\*

TOTAUX : 1047. 30METP 1575. 476. 577. 57. 561. 27. 38.

\*\*\*\*\*

\*\*\*INDICE DE SATISFACTION ETR/ETN \*\*\*\*\*

\*\*\*TALLAGE\*\*\*IP\*\*\*REPRO\*\*\*MATUR\*\*\*CYCLE\*\*\*\*\*

.93 .94 .97 1.00 .94

\*\*\*\*\*

Année 1976

Niveau Maximal Utilisable : 00. 00

Coefficient de Mûsselement : 1.20

SOMME 140

\*\*\*\*\*

PERIODES : P HR K ETR EIR RES R/I/R DR SATIS DEFI RELO FROM

\*\*\*\*\*

|              |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |
|--------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| MAI ** 2EME  | 17.0  | .70  | .40  | 6.1  | 7.0  | 37.8 | 0.0  | 0.0  | 1.00 | 2.4  | .5  | 45.3 |
| MAI ** 3EME  | 34.0  | 1.00 | .54  | 13.5 | 13.5 | 50.3 | 0.0  | 0.0  | 1.00 | 0.0  | 1.0 | 72.3 |
| MAI ** 4EME  | 2.2   | .24  | .60  | 15.0 | 10.7 | 49.8 | 0.0  | 0.0  | .71  | 4.3  | 0.0 | 72.3 |
| MAI ** 5EME  | 7.0   | .00  | .65  | 10.2 | 17.1 | 40.4 | 0.0  | 0.0  | .94  | 1.1  | 0.0 | 72.3 |
| MAI ** 6EME  | 25.3  | .91  | .75  | 25.2 | 23.7 | 41.7 | 0.0  | 0.0  | .94  | 1.5  | 1.0 | 72.3 |
| JUIN ** 1ERE | 29.5  | 1.00 | .00  | 10.4 | 17.9 | 53.3 | 0.0  | 0.0  | .97  | .5   | 1.0 | 72.3 |
| JUIN ** 2EME | 0.0   | .15  | .84  | 17.3 | 0.5  | 45.0 | 0.0  | 0.0  | .44  | 10.0 | 0.0 | 72.3 |
| JUIN ** 3EME | 26.7  | 1.00 | .90  | 19.0 | 19.1 | 52.6 | 0.0  | 0.0  | .96  | .7   | 1.0 | 72.3 |
| JUIN ** 4EME | 10.4  | .38  | .76  | 21.1 | 17.9 | 43.2 | 0.0  | 0.0  | .94  | 1.3  | 0.0 | 72.3 |
| JUIN ** 5EME | 0.0   | 0.00 | 1.00 | 22.5 | 2.5  | 40.7 | 0.0  | 0.0  | .11  | 20.0 | 0.0 | 72.3 |
| JUIN ** 6EME | 20.7  | .77  | 1.03 | 23.7 | 22.8 | 47.0 | 0.0  | 0.0  | .95  | 1.3  | 1.0 | 72.3 |
| JUIL ** 1ERE | 33.1  | 1.00 | 1.15 | 24.1 | 22.9 | 57.1 | 0.0  | .1   | .95  | 1.3  | 1.0 | 80.3 |
| JUIL ** 2EME | 24.2  | 1.00 | 1.26 | 26.5 | 25.0 | 55.0 | 0.0  | 1.3  | .94  | 1.5  | 1.0 | 80.3 |
| JUIL ** 3EME | 57.2  | 1.00 | 1.26 | 25.2 | 23.0 | 56.2 | 5.7  | 26.5 | .95  | 1.4  | 2.5 | 80.3 |
| JUIL ** 4EME | 77.2  | 1.00 | 1.15 | 23.0 | 21.7 | 58.1 | 7.7  | 45.6 | .95  | 1.1  | 2.5 | 80.3 |
| JUIL ** 5EME | 133.4 | 1.00 | 1.15 | 24.1 | 22.9 | 57.1 | 26.7 | 84.9 | .95  | 1.3  | 4.0 | 80.3 |
| JUIL ** 6EME | 43.1  | 1.00 | 1.00 | 25.2 | 23.0 | 56.2 | 0.0  | 20.2 | .95  | 1.4  | 1.5 | 80.3 |
| AOUT ** 1ERE | 17.1  | .92  | 1.00 | 20.0 | 19.0 | 54.3 | 0.0  | 0.0  | .95  | 1.0  | .5  | 80.3 |
| AOUT ** 2EME | 111.2 | 1.00 | .76  | 17.2 | 18.6 | 61.4 | 11.1 | 74.4 | .97  | .6   | 3.0 | 80.3 |
| AOUT ** 3EME | 57.0  | 1.00 | .90  | 17.1 | 16.0 | 63.2 | 5.0  | 33.5 | .98  | .3   | 2.0 | 80.3 |
| AOUT ** 4EME | 108.6 | 1.00 | .85  | 16.1 | 16.0 | 64.0 | 10.7 | 81.0 | .99  | .2   | 3.5 | 80.3 |
| AOUT ** 5EME | 41.1  | 1.00 | .69  | 12.4 | 12.4 | 67.6 | 6.1  | 39.0 | 1.00 | 0.0  | 1.5 | 80.3 |
| AOUT ** 6EME | 22.4  | 1.00 | .65  | 14.0 | 14.0 | 66.0 | 0.0  | 10.0 | 1.00 | 0.0  | 1.0 | 80.3 |
| SEPT ** 1ERE | .9    | .84  | .60  | 10.5 | 10.5 | 56.4 | 0.0  | 0.0  | 1.00 | 0.0  | 0.0 | 80.3 |
| SEPT ** 2EME | 63.6  | 1.00 | .54  | 9.5  | 9.5  | 70.6 | 6.4  | 33.6 | 1.00 | 0.0  | 2.0 | 80.3 |
| SEPT ** 3EME | 64.9  | 1.00 | .48  | 9.0  | 9.0  | 70.2 | 6.5  | 49.0 | 1.00 | 0.0  | 2.0 | 80.3 |
| SEPT ** 4EME | 15.9  | 1.00 | .42  | 8.6  | 8.6  | 71.4 | 0.0  | 6.1  | 1.00 | 0.0  | .5  | 80.3 |
| SEPT ** 5EME | 30.7  | 1.00 | .35  | 7.2  | 7.2  | 72.0 | 0.0  | 30.1 | 1.00 | 0.0  | 1.5 | 80.3 |
| SEPT ** 6EME | 23.0  | 1.00 | 0.00 | 0.0  | -2.7 | 77.3 | 0.0  | 15.8 | 0.00 | 0.0  | 1.0 | 1.3  |
| OCTO ** 1ERE | 31.0  | 1.00 | 0.00 | 0.0  | -2.0 | 77.2 | 0.0  | 28.3 | 0.00 | 0.0  | 1.0 | 1.3  |
| OCTO ** 2EME | 20.3  | 1.00 | 0.00 | 0.0  | -2.6 | 77.4 | 0.0  | 17.5 | 0.00 | 0.0  | .5  | 1.3  |

\*\*\*\*\*

TOTAUX : 1113. 50METP 1575. 476. 571. 113. 324. 54. 47.

\*\*\*\*\*

\*\*\*INDICE DE SATISFACTION ETR/ETA \*\*\*\*\*

\*\*\*TALLAGE\*\*\*IP\*\*\*REPRO\*\*\*MATUR\*\*\*CYCLE\*\*\*\*\*

.93 .95 .97 1.00 .99

\*\*\*\*\*

ANNEE :1977

RESERVE MAXIMALE UTILISABLE : 60. mm

COEFFICIENT DE RUISSellement : 1.20

Xsordho 140\*

\*\*\*\*\*

PERIODES : P HR K ETM ETR RES R/I/R DR SATIS DEFI RESS FRONT

\*\*\*\*\*

MAI \*\* 1ERE 1.0 0.00 0.00 0.0 -2.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0

MAI \*\* 3EME 0.0 0.00 0.00 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0

MAI \*\* 4EME 47.0 .70 .40 6.0 6.7 40.1 0.0 0.0 1.00 2.4 2.0 47.0

MAI \*\* 5EME 31.1 1.00 .54 15.1 15.1 56.1 0.0 0.0 1.00 0.0 1.0 71.0

MAI \*\* 6EME 13.6 1.00 .60 20.2 19.4 55.3 0.0 0.0 .95 .3 .5 45.0

JUIN \*\* 1ERE 0.0 .14 .65 14.9 8.1 47.2 0.0 0.0 .54 6.6 0.0 75.0

JUIN \*\* 2EME 57.5 1.00 .75 17.2 16.7 63.1 5.7 13.7 .98 .3 2.5 80.0

JUIN \*\* 3EME 27.4 1.00 .80 17.6 17.2 62.8 0.0 10.5 .98 .4 1.0 80.0

JUIN \*\* 4EME 1.6 .20 .84 18.5 10.3 54.1 0.0 0.0 .58 0.2 0.0 80.0

JUIN \*\* 5EME 59.1 1.00 .90 20.2 19.5 60.5 5.9 27.3 .96 .6 2.0 89.0

JUIN \*\* 6EME 11.0 .70 .76 21.6 20.4 52.0 0.0 0.0 .74 1.2 .5 80.0

JUIL \*\* 1ERE 44.9 1.00 1.00 21.0 20.1 57.9 0.0 16.9 .96 .9 2.0 80.0

JUIL \*\* 2EME 36.7 1.00 1.06 22.3 21.2 58.8 0.0 16.6 .95 1.0 1.0 80.0

JUIL \*\* 3EME 39.0 1.00 1.15 23.0 21.9 50.1 0.0 17.0 .95 1.1 1.5 80.0

JUIL \*\* 4EME 21.0 .97 1.26 25.2 23.8 55.3 0.0 0.0 .75 1.4 .5 80.0

JUIL \*\* 5EME 59.5 1.00 1.26 26.5 25.0 55.0 5.9 20.8 .94 1.5 2.0 80.0

JUIL \*\* 6EME 54.3 1.00 1.15 29.0 27.3 52.7 5.4 23.7 .94 1.7 2.0 80.0

AOUT \*\* 1ERE 0.0 .66 1.15 23.0 19.9 32.8 0.0 0.0 .86 3.1 0.0 80.0

AOUT \*\* 2EME 77.7 1.00 1.00 20.0 19.2 60.8 7.8 22.8 .96 .8 3.0 90.0

AOUT \*\* 3EME 9.8 .88 1.00 19.0 18.0 52.5 0.0 0.0 .95 1.0 0.0 80.0

AOUT \*\* 4EME 50.2 1.00 .76 18.2 17.7 62.3 5.0 17.7 .97 .5 1.5 80.0

AOUT \*\* 5EME 12.3 .93 .90 16.2 15.8 50.8 0.0 0.0 .97 .4 0.0 80.0

AOUT \*\* 6EME 136.0 1.00 .85 18.4 17.7 62.1 27.2 57.6 .97 .5 3.5 90.0

SEPT \*\* 1ERE 70.3 1.00 .69 12.1 12.1 67.7 7.0 45.4 1.00 0.0 3.0 80.0

SEPT \*\* 2EME 22.1 1.00 .65 11.4 11.4 68.6 0.0 10.0 1.00 0.0 .5 80.0

SEPT \*\* 3EME 46.0 1.00 .60 12.3 12.3 67.7 0.0 34.6 1.00 0.0 .5 80.0

SEPT \*\* 4EME 13.0 1.00 .54 11.1 11.1 68.7 0.0 .7 1.00 0.0 0.0 80.0

SEPT \*\* 5EME 47.2 1.00 .48 9.8 9.8 70.2 0.0 36.1 1.00 0.0 1.0 80.0

SEPT \*\* 6EME 43.2 1.00 .42 8.6 8.6 71.4 0.0 33.4 1.00 0.0 1.0 80.0

OCTO \*\* 1ERE 32.0 1.00 .35 7.5 7.5 72.5 0.0 24.2 1.00 0.0 1.0 80.0

OCTO \*\* 2EME 1.5 .72 0.00 0.0 -2.0 71.1 0.0 0.0 0.00 0.0 0.0 1.0

\*\*\*\*\*

TOTAUX : 1070. 50METP 1575. 486. 577. 70. 623. 35. 42.

\*\*\*\*\*

\*\*\*INDICE DE SATISFACTION ETR/ETM \*\*\*\*\*

\*\*\*TALLAGE\*\*\*IP\*\*REPRO\*\*MATUR\*\*CYCLE\*\*\*\*\*

.70 .73 .77 1.00 .73

\*\*\*\*\*

ANNEE : 1970

RUCERVE MAXIMALE UTILISABLE : 60. 70

SOLÉILILUMI DE RUCOCELLÉLUMI : 1.29

SOPREHO 14.0%

\*\*\*\*\*

PERIODES : P JN K ETR ETR RES R/I/R DR SATIS DEFI RES FRONT

\*\*\*\*\*

MAI \*\* 2EME 37.6 1.00 .40 6.1 7.0 61.6 0.0 0.0 1.00 2.4 3.0 89.8

MAI \*\* 3EME 32.9 1.00 .54 13.5 13.5 66.5 0.0 14.5 1.00 0.0 1.0 80.4

MAI \*\* 4EME 7.8 .73 .60 15.0 14.8 57.5 0.0 0.0 .78 .2 0.0 80.8

MAI \*\* 5EME 26.5 1.00 .65 10.2 17.7 62.6 0.0 4.0 .77 .5 1.0 80.4

MAI \*\* 6EME 7.2 .87 .75 25.2 23.5 46.0 0.0 0.0 .73 1.7 0.0 80.7

JUIN \*\* 1ERE 20.3 .83 .60 10.4 17.4 40.9 0.0 0.0 .74 1.0 .5 80.8

JUIN \*\* 2EME 20.0 .86 .84 19.3 10.2 50.7 0.0 0.0 .74 1.1 .5 80.8

JUIN \*\* 3EME 21.9 .91 .90 19.8 10.0 53.8 0.0 0.0 .95 1.0 .5 80.4

JUIN \*\* 4EME 46.8 1.00 .76 21.1 20.2 57.8 0.0 20.6 .76 .7 1.5 80.8

JUIN \*\* 5EME 24.4 1.00 1.00 22.5 21.4 58.6 0.0 4.2 .95 1.1 .5 80.4

JUIN \*\* 6EME 13.6 .70 1.06 23.7 22.4 49.8 0.0 0.0 .74 1.4 0.0 80.8

JUIL \*\* 1ERE 2.5 .85 1.15 24.1 4.7 47.6 0.0 0.0 .17 19.5 0.0 80.4

JUIL \*\* 2EME 37.2 1.00 1.26 26.5 25.0 55.0 0.0 4.8 .74 1.5 1.5 80.8

JUIL \*\* 3EME 41.6 1.00 1.26 25.2 23.0 56.2 0.0 16.6 .95 1.4 1.5 80.8

JUIL \*\* 4EME 22.7 .77 1.15 23.0 21.8 57.0 0.0 0.0 .75 1.2 .5 80.8

JUIL \*\* 5EME 61.2 1.00 1.15 24.1 22.9 57.1 6.1 32.1 .95 1.6 2.5 80.4

JUIL \*\* 6EME 33.0 1.00 1.00 25.2 23.8 56.2 0.0 10.1 .75 1.4 1.0 80.8

AOUT \*\* 1ERE 15.4 .89 1.00 20.0 10.9 52.6 0.0 0.0 .95 1.1 0.0 80.8

AOUT \*\* 2EME 39.6 1.00 .76 19.2 10.6 61.4 0.0 12.2 .77 .6 1.5 80.8

AOUT \*\* 3EME 25.2 1.00 .90 17.1 16.0 63.2 0.0 6.6 .98 .3 .5 80.8

AOUT \*\* 4EME 60.5 1.00 .85 16.1 16.0 64.0 6.1 37.7 .77 .2 2.0 80.8

AOUT \*\* 5EME 29.0 1.00 .69 12.4 12.4 67.6 0.0 13.0 1.00 0.0 .5 80.8

AOUT \*\* 6EME 115.0 1.00 .65 14.0 14.0 66.0 11.6 71.8 1.00 0.0 3.5 80.8

SEPT \*\* 1ERE 30.6 1.00 .60 10.5 10.5 69.5 0.0 16.6 1.00 0.0 1.0 80.8

SEPT \*\* 2EME 23.4 1.00 .54 9.5 7.5 70.6 0.0 12.9 1.00 0.0 .5 80.8

SEPT \*\* 3EME 40.7 1.00 .40 9.0 9.0 70.2 0.0 31.3 1.00 0.0 1.5 80.8

SEPT \*\* 4EME 14.5 1.00 .42 8.6 8.6 71.4 0.0 4.7 1.00 0.0 0.0 80.8

SEPT \*\* 5EME 33.2 1.00 .35 7.2 7.2 72.8 0.0 24.6 1.00 0.0 1.5 80.8

SEPT \*\* 6EME 17.0 1.00 0.00 0.0 -2.7 77.3 0.0 11.8 0.00 0.0 .5 1.8

OCTO \*\* 1ERE 7.6 1.00 0.00 0.0 -2.8 77.2 0.0 4.9 0.00 0.0 0.0 1.8

OCTO \*\* 2EME 11.1 1.00 0.00 0.0 -2.8 77.2 0.0 8.3 0.00 0.0 .5 1.8

\*\*\*\*\*

TOTAUX : 915. 50NETP 1575. 496. 573. 34. 500. 40. 34.

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*INDICE DE SATISFACTION ETR/ETN \*\*\*\*\*

\*\*\*TALLAGE\*\*\*IP\*\*\*REPRO\*\*\*MATUR\*\*\*CYCLE\*\*\*\*\*

.70 .95 .99 1.00 .92

\*\*\*\*\*

ANNEE :1977

RESERVE MAXIMALE UTILISABLE : 00. MM

COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT : .20

\*sordho 140 \*

\*\*\*\*\*

PERIODES : P NR K ETM ETR RES R/I/R DR SATIS DEFI RESS FRONT

\*\*\*\*\*

MAI \*\* 2EME 20.0 .70 .40 6.1 6.7 40.3 0.0 0.0 1.00 2.4 .5 55.%

MAI \*\* 3EME .2 .20 .54 13.5 11.0 37.4 0.0 0.0 .02 2.5 0.0 55.%

MAI \*\* 4EME 0.0 .00 .60 15.0 6.2 31.3 0.0 0.0 .41 0.0 0.0 55.%

MAI \*\* 5EME 30.6 1.00 .65 10.2 17.7 44.2 0.0 0.0 .97 .5 .5 62.%

MAI \*\* 6EME 45.0 1.00 .75 25.2 23.0 56.2 0.0 10.0 .75 1.4 1.5 80.%

JUIN \*\* 1ERE 33.0 1.00 .00 10.4 17.9 62.1 0.0 10.0 .97 .5 1.0 80.%

JUIN \*\* 2EME 24.2 1.00 .04 19.3 10.7 61.3 0.0 6.3 .97 .7 1.0 80.%

JUIN \*\* 3EME 31.3 1.00 .90 19.0 19.1 60.9 0.0 12.6 .96 .7 1.0 80.%

JUIN \*\* 4EME 44.7 1.00 .96 21.1 20.2 59.8 0.0 25.6 .76 .7 1.5 80.%

JUIN \*\* 5EME 11.2 .09 1.00 22.5 21.1 49.9 0.0 0.0 .94 1.4 0.0 80.%

JUIN \*\* 6EME 35.6 1.00 1.06 23.9 22.6 57.4 0.0 5.5 .95 1.2 1.0 80.%

JUIL \*\* 1ERE 46.0 1.00 1.15 24.1 22.9 57.1 0.0 23.4 .95 1.3 1.0 80.%

JUIL \*\* 2EME 26.4 1.00 1.26 26.5 25.0 55.0 0.0 3.5 .94 1.5 .5 80.%

JUIL \*\* 3EME 4.2 .74 1.26 25.2 22.4 36.8 0.0 0.0 .89 2.0 0.0 80.%

JUIL \*\* 4EME 49.1 1.00 1.15 23.0 21.9 50.1 0.0 5.9 .95 1.1 2.0 80.%

JUIL \*\* 5EME 67.0 1.00 1.15 24.1 22.9 57.1 6.0 39.2 .95 1.3 2.0 80.%

JUIL \*\* 6EME 56.0 1.00 1.00 25.2 23.0 56.2 5.7 28.2 .95 1.4 2.0 80.%

AOUT \*\* 1ERE 12.5 .06 1.00 20.0 10.0 49.9 0.0 0.0 .94 1.2 0.0 80.%

AOUT \*\* 2EME 24.0 .92 .96 19.2 10.3 55.5 0.0 0.0 .95 .9 .5 80.%

AOUT \*\* 3EME 49.3 1.00 .90 17.1 16.0 63.2 0.0 24.0 .90 .3 1.5 80.%

AOUT \*\* 4EME 60.6 1.00 .85 16.1 16.0 64.0 6.1 37.0 .99 .2 1.5 80.%

AOUT \*\* 5EME 105.9 1.00 .67 12.4 12.4 67.6 10.6 79.3 1.00 0.0 4.0 80.%

AOUT \*\* 6EME 43.4 1.00 .65 14.0 14.0 66.0 0.0 31.0 1.00 0.0 1.0 80.%

SEPT \*\* 1ERE 64.0 1.00 .60 10.5 10.5 69.5 6.4 43.6 1.00 0.0 2.5 80.%

SEPT \*\* 2EME 40.0 1.00 .54 9.5 9.5 70.6 0.0 29.5 1.00 0.0 1.5 80.%

SEPT \*\* 3EME 76.0 1.00 .48 9.0 9.0 70.2 7.6 59.0 1.00 0.0 2.5 80.%

SEPT \*\* 4EME 2.0 .90 .42 0.6 0.6 63.6 0.0 0.0 1.00 0.0 0.0 80.%

SEPT \*\* 5EME 35.4 1.00 .35 7.2 7.2 72.8 0.0 19.0 1.00 0.0 1.0 80.%

SEPT \*\* 6EME 17.6 1.00 0.00 0.0 -2.5 77.5 0.0 10.4 0.00 0.0 0.0 1.%

OCTO \*\* 1ERE 57.1 1.00 0.00 0.0 -2.0 77.2 5.7 48.9 0.00 0.0 1.5 1.%

OCTO \*\* 2EME 0.0 .96 0.00 0.0 -2.0 74.3 0.0 0.0 0.00 0.0 0.0 1.%

\*\*\*\*\*

TOTAUX : 1049. 90MCTP 1575. 496. 576. 49. 634. 33. 36.

\*\*\*\*\*

\*\*\*INDICE DE SATISFACTION ETR/ETM \*\*\*\*\*

\*\*\*TALLAGE\*\*\*IP\*\*REPRO\*\*MATUR\*\*CYCLE\*\*\*\*\*

.90 .94 .99 1.00 .93

\*\*\*\*\*

ANNEE :1980

RESERVE MAXIMALE UTILISABLE : 60. MM

COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT : .20

\*sordho 140\*

\*\*\*\*\*

PERIODES : P HR K ETM ETR RES R/I/R DR SATIS DEFI RESS FRONT

\*\*\*\*\*

MAI \*\* 2EME .4 0.00 0.00 0.0 -1.4 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0

MAI \*\* 3EME 2.5 0.00 0.00 0.0 -2.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0

MAI \*\* 4EME 26.2 .03 0.00 0.0 -3.0 23.2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 .5 1.0

MAI \*\* 5EME 100.5 1.00 .40 6.7 7.9 72.1 0.0 51.7 1.00 2.7 5.0 80.0

MAI \*\* 6EME 12.7 1.00 .54 18.1 17.7 62.3 0.0 4.8 .97 .5 .5 80.0

JUIN \*\* 1ERE 105.4 1.00 .60 13.8 13.8 66.2 10.5 77.2 1.00 0.0 4.0 80.0

JUIN \*\* 2EME 17.8 1.00 .65 14.9 14.9 65.1 0.0 6.0 1.00 0.0 .5 80.0

JUIN \*\* 3EME 4.1 .26 .75 16.5 11.5 57.7 0.0 0.0 .70 5.0 0.0 80.0

JUIN \*\* 4EME 24.7 1.00 .80 17.6 17.2 62.8 0.0 2.4 .98 .4 1.0 80.0

JUIN \*\* 5EME 8.5 .89 .84 18.9 18.0 53.3 0.0 0.0 .95 .9 0.0 80.0

JUIN \*\* 6EME 0.0 .07 .90 20.2 5.5 47.8 0.0 0.0 .27 14.7 0.0 80.0

JUIL \*\* 1ERE 12.2 .75 .96 20.2 18.5 41.5 0.0 0.0 .92 1.6 .5 80.0

JUIL \*\* 2EME 32.5 .92 1.00 21.0 17.9 54.1 0.0 0.0 .95 1.1 1.0 80.0

JUIL \*\* 3EME 7.3 .77 1.06 21.2 19.4 41.9 0.0 0.0 .92 1.8 0.0 80.0

JUIL \*\* 4EME 40.4 1.00 1.15 23.0 21.9 58.1 0.0 2.3 .95 1.1 1.5 80.0

JUIL \*\* 5EME 38.0 1.00 1.26 26.5 25.0 55.0 0.0 16.1 .94 1.5 1.0 80.0

JUIL \*\* 6EME 60.2 1.00 1.26 31.8 29.9 50.1 6.0 29.2 .94 1.8 2.0 80.0

AOUT \*\* 1ERE 99.3 1.00 1.15 23.0 21.9 58.1 9.9 59.5 .95 1.1 3.0 80.0

AOUT \*\* 2EME 146.5 1.00 1.15 23.0 21.9 58.1 29.3 95.3 .95 1.1 6.0 80.0

AOUT \*\* 3EME 11.0 .86 1.00 19.0 18.0 51.2 0.0 0.0 .95 1.0 0.0 80.0

AOUT \*\* 4EME 31.7 1.00 1.00 19.0 18.4 61.6 0.0 2.9 .97 .6 1.0 80.0

AOUT \*\* 5EME 38.1 1.00 .96 17.3 16.9 63.1 0.0 19.7 .98 .3 1.5 80.0

AOUT \*\* 6EME 43.1 1.00 .90 19.4 18.8 61.2 0.0 26.2 .97 .7 1.5 80.0

SEPT \*\* 1ERE 80.7 1.00 .85 14.9 14.9 65.1 8.1 53.9 1.00 0.0 3.0 80.0

SEPT \*\* 2EME 53.2 1.00 .69 12.1 12.1 67.9 5.3 33.0 1.00 0.0 2.0 80.0

SEPT \*\* 3EME 21.4 1.00 .65 13.3 13.3 66.7 0.0 9.3 1.00 0.0 1.0 80.0

SEPT \*\* 4EME 0.0 .83 .60 12.3 12.3 54.4 0.0 0.0 1.00 0.0 0.0 80.0

SEPT \*\* 5EME 31.5 1.00 .54 11.1 11.1 68.9 0.0 5.9 1.00 0.0 1.0 80.0

SEPT \*\* 6EME 19.5 1.00 .48 9.8 9.8 70.2 0.0 7.4 1.00 0.0 .5 80.0

OCTO \*\* 1ERE 16.0 1.00 .42 9.0 9.0 71.0 0.0 6.2 1.00 0.0 .5 80.0

OCTO \*\* 2EME 7.8 .98 .35 7.5 7.5 71.2 0.0 0.0 1.00 0.0 0.0 80.0

\*\*\*\*\*

TOTAUX : 1073. 80METP 1575. 481. 571. 69. 514. 38. 40.

\*\*\*\*\*

\*\*\*INDICE DE SATISFACTION ETR/ETM \*\*\*\*\*

\*\*\*TALLAGE\*\*\*IP\*\*\*REPRO\*\*\*MATUR\*\*\*CYCLE\*\*\*\*\*

.88 .95 .97 1.00 .92

\*\*\*\*\*

ANNEE :1981

RESERVE MAXIMALE UTILISABLE : 60. MM

COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT : .20

%somme 110%

\*\*\*\*\*

PERIODES : P HR K ETM ETR RES R/I/R OR SATIS DEFI RESS FRONT

\*\*\*\*\*

MAI \*\* 2EME 52.5 1.00 .40 6.1 7.0 46.5 0.0 0.0 1.00 2.4 2.0 54.8

MAI \*\* 3EME 1.2 .29 .54 13.5 11.2 36.5 0.0 0.0 .03 2.3 0.0 54.8

MAI \*\* 4EME 15.0 .98 .60 15.0 14.9 37.3 0.0 0.0 1.00 .1 .5 54.8

MAI \*\* 5EME 1.0 .13 .65 18.2 8.0 31.1 0.0 0.0 .44 10.2 0.0 54.8

MAI \*\* 6EME 27.2 1.00 .75 25.2 23.8 36.5 0.0 0.0 .75 1.4 1.0 60.8

JUIN \*\* 1ERE 1.0 .03 .80 18.4 4.3 34.0 0.0 0.0 .23 14.1 0.0 60.8

JUIN \*\* 2EME 34.0 1.00 .84 17.3 18.7 47.3 0.0 0.0 .77 .7 1.5 60.8

JUIN \*\* 3EME .3 .13 .90 19.0 0.0 41.7 0.0 0.0 .40 11.0 0.0 60.8

JUIN \*\* 4EME 57.9 1.00 .76 21.1 20.2 59.8 6.0 15.6 .76 .7 2.0 80.8

JUIN \*\* 5EME 23.9 1.00 1.00 22.5 21.4 58.6 0.0 3.7 .95 1.1 1.0 80.8

JUIN \*\* 6EME 31.3 1.00 1.06 23.9 22.6 57.4 0.0 7.7 .75 1.2 1.0 80.8

JUIL \*\* 1ERE 66.1 1.00 1.15 24.1 22.9 57.1 6.6 36.9 .95 1.3 2.0 80.8

JUIL \*\* 2EME 70.0 1.00 1.26 26.5 25.0 55.0 7.0 40.1 .74 1.5 3.0 80.8

JUIL \*\* 3EME 26.8 1.00 1.26 25.2 23.8 56.2 0.0 1.8 .95 1.4 1.0 80.8

JUIL \*\* 4EME 59.1 1.00 1.15 23.0 21.7 58.1 5.9 27.4 .75 1.1 1.5 80.8

JUIL \*\* 5EME 50.4 1.00 1.15 24.1 22.9 57.1 5.0 23.5 .95 1.3 2.0 80.8

JUIL \*\* 6EME 47.2 1.00 1.00 25.2 23.8 56.2 0.0 24.3 .75 1.4 2.0 80.8

AOUT \*\* 1ERE 54.0 1.00 1.00 20.0 19.2 60.8 5.4 24.8 .96 .8 1.5 80.8

AOUT \*\* 2EME 94.9 1.00 .76 19.2 18.6 61.4 7.5 66.2 .77 .6 3.5 80.8

AOUT \*\* 3EME 9.3 .88 .90 17.1 16.4 54.3 0.0 0.0 .96 .7 0.0 80.8

AOUT \*\* 4EME 35.3 1.00 .85 16.1 16.0 64.0 0.0 7.6 .79 .2 1.0 80.8

AOUT \*\* 5EME 48.8 1.00 .69 12.4 12.4 67.6 0.0 32.8 1.00 0.0 2.0 80.8

AOUT \*\* 6EME 115.1 1.00 .65 14.0 14.0 66.0 11.5 91.2 1.00 0.0 4.0 80.8

SEPT \*\* 1ERE 24.0 1.00 .60 10.5 10.5 69.5 0.0 10.0 1.00 0.0 .5 80.8

SEPT \*\* 2EME 25.7 1.00 .54 7.5 7.5 70.6 0.0 15.2 1.00 0.0 .5 80.8

SEPT \*\* 3EME 37.4 1.00 .48 9.8 9.8 70.2 0.0 28.0 1.00 0.0 1.0 80.8

SEPT \*\* 4EME 14.1 1.00 .42 8.6 8.6 71.4 0.0 4.3 1.00 0.0 .5 80.8

SEPT \*\* 5EME 21.2 1.00 .35 7.2 7.2 72.8 0.0 12.6 1.00 0.0 .5 80.8

SEPT \*\* 6EME 20.8 1.00 0.00 0.0 -2.7 77.3 0.0 13.6 0.00 0.0 .5 1.8

OCTO \*\* 1ERE 0.0 .97 0.00 0.0 -2.8 74.5 0.0 0.0 0.00 0.0 0.0 1.8

OCTO \*\* 2EME 12.7 1.00 0.00 0.0 -2.6 77.4 0.0 7.2 0.00 0.0 0.0 1.8

\*\*\*\*\*

TOTAUX : 1051. SOMETP 1575. 496. 570. 57. 581. 56. 41.

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

ANNEXE II

## ANALYSE FREQUENTIELLE : DU DRAINAGE

STATION :SIKASSO

NOMBRE D ANNEES UTILISEES : 58

| PERIODE | MINIMUM | FAIBLE | MEDIANE | FORTE | MAXIMUM |
|---------|---------|--------|---------|-------|---------|
| 2E MAI  | 0.01    | 0.01   | 0.01    | 0.01  | 28.91   |
| 3E MAI  | 0.01    | 0.01   | 0.01    | 0.01  | 6.91    |
| 4E MAI  | 0.01    | 0.01   | 0.01    | 0.01  | 12.91   |
| 5E MAI  | 0.01    | 0.01   | 0.01    | 0.01  | 52.41   |
| 6E MAI  | 0.01    | 0.01   | 0.01    | 0.01  | 103.21  |
| 1E JUIN | 0.01    | 0.01   | 0.01    | 0.01  | 69.61   |
| 2E JUIN | 0.01    | 0.01   | 0.01    | 2.11  | 38.81   |
| 3E JUIN | 0.01    | 0.01   | 0.01    | 2.61  | 44.51   |
| 4E JUIN | 0.01    | 0.01   | 0.01    | 13.41 | 50.41   |
| 5E JUIN | 0.01    | 0.01   | 0.01    | 20.11 | 76.31   |
| 6E JUIN | 0.01    | 0.01   | 0.01    | 12.11 | 84.01   |
| 1E JUI  | 0.01    | 0.01   | 1.81    | 26.21 | 63.71   |
| 2E JUI  | 0.01    | 0.01   | 2.61    | 26.41 | 69.11   |
| 3E JUI  | 0.01    | 0.01   | 5.31    | 30.21 | 84.11   |
| 4E JUI  | 0.01    | 0.01   | 2.31    | 39.91 | 99.01   |
| 5E JUI  | 0.01    | 0.01   | 14.51   | 37.61 | 99.01   |
| 6E JUI  | 0.01    | 6.91   | 27.51   | 54.31 | 117.21  |
| 1E AOUT | 0.01    | 0.01   | 13.31   | 45.71 | 175.91  |
| 2E AOUT | 0.01    | 0.01   | 18.11   | 47.61 | 98.01   |
| 3E AOUT | 0.01    | 2.41   | 21.31   | 50.61 | 153.11  |
| 4E AOUT | 0.01    | 9.51   | 28.31   | 54.21 | 171.61  |
| 5E AOUT | 0.01    | 5.31   | 25.11   | 46.01 | 120.41  |
| 6E AOUT | 0.01    | 15.71  | 37.61   | 88.11 | 126.81  |
| 1E SEP  | 0.01    | 16.91  | 34.71   | 68.31 | 126.71  |
| 2E SEP  | 0.01    | 9.81   | 24.01   | 45.31 | 90.61   |
| 3E SEP  | 0.01    | 6.71   | 24.11   | 46.31 | 84.21   |
| 4E SEP  | 0.01    | 0.01   | 13.21   | 57.21 | 168.31  |
| 5E SEP  | 0.01    | 2.61   | 15.21   | 36.11 | 78.91   |
| 6E SEP  | 0.01    | 0.01   | 12.11   | 30.81 | 92.11   |
| 1E OCT  | 0.01    | 0.01   | 11.61   | 33.31 | 93.31   |

Rapport-Gratuit.com

ANNEXE III

### L'ENRACINEMENT DE L'ARACHIDE

Le front racinaire (profondeur atteinte par le système racinaire à un moment donné) de la végétation permet de déterminer la quantité potentielle d'eau et d'éléments minéraux à la disposition de la plante.

Le développement du système racinaire de l'arachide se fait plus rapidement pendant les tous premiers jours (6 à 7 jours après le semis, l'extrémité du pivot se trouve à une profondeur de 25 - 30 cm : vitesse 43 mm/jour).

Le travail du sol n'a pas d'effet visible sur la germination et la levée de l'arachide dans de bonnes conditions (pas d'engorgement temporaire ou de formation de croûte).

La vitesse d'avancement du front est constante entre le 7ème et le 50ème jour après le semis dans les deux cas (témoin, labour). Mais elle est beaucoup plus rapide sur sol labouré (de 0 - 20 cm de profondeur) et atteint 150 cm dès le 50ème jour (3,5 cm/jour du 7ème au 5ème jour), presque comparable à celle de LEA, 1951 (Tanzanie).

La colonisation des horizons de surface devenant importante à partir du 7ème jour, le labour paraît nécessaire, favorisant un profond front d'humectation et jouant un certain rôle sur la vitesse d'élongation en début de cycle.

### L'ENRACINEMENT DU MIL

L'apparition de la racine 24 heures après le semis et l'élongation durant les cinq premiers jours donnent une vitesse de 2 cm/jour qui augmente (2,6 cm/jour) à partir du 15ème jour, puis diminue (1,5 cm/jour) à partir du 40ème jour. Par contre, le développement racinaire est plus continu chez le mil que chez l'arachide. Par ailleurs, le labour n'a pratiquement pas d'effet, sauf pour l'augmentation du nombre des apex racinaires.

A la fin de la montaison (besoin hydrique important), les racines prospectent profondément les réserves utiles du sol.

## L'ENRACINEMENT DU SORGHO

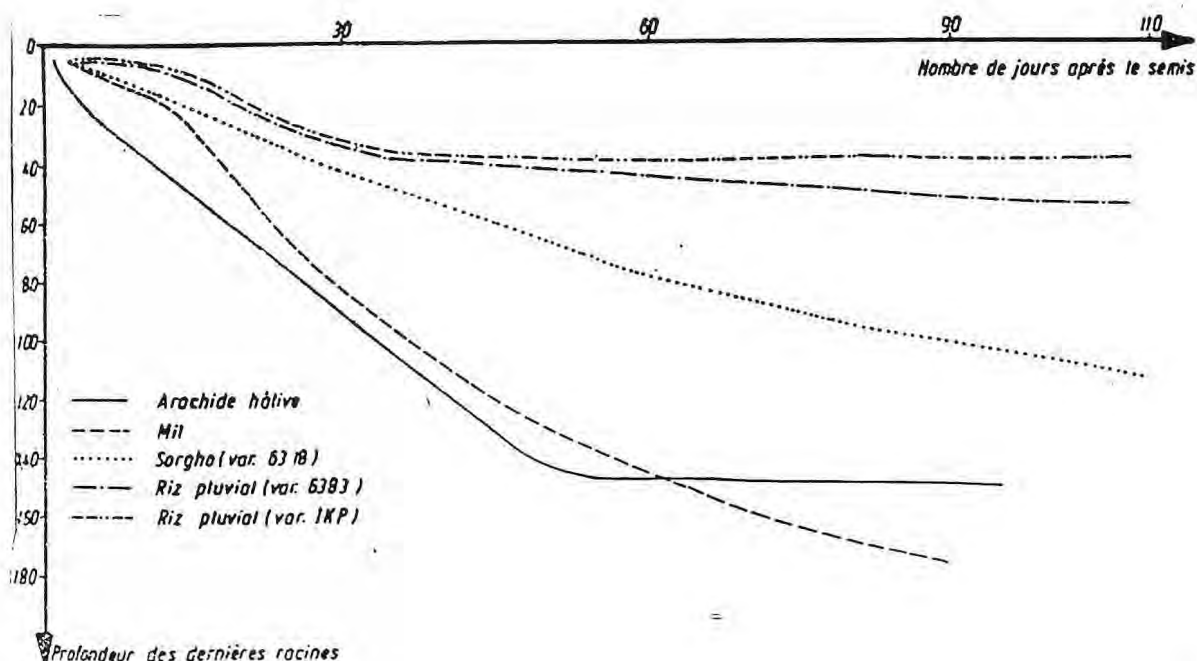
La croissance du sorgho en début de cycle se rapproche de celle du mil. La progression du front racinaire est régulière et continue jusqu'à la fin du cycle ; elle n'est pas linéaire.

La vitesse de progression est d'environ 1,7 cm/jour durant les 6 premiers jours et décroît relativement après (vitesse racinaire : 1 cm/jour).

La valeur élevée au départ est liée à la présence de labour. En fin de cycle, le front varie de 110 cm à 90 cm (respectivement pour le labour et le témoin "non labouré").

La figure ci-dessous représente un profil du front racinaire de quelques cultures principales sur sol labouré au Sénégal.

EVOLUTION DU FRONT RACINAIRE DE L'ARACHIDE, DU MIL, DU SORGHO ET DU RIZ PLUVIAL SUR SOL LABOURE. (CHOPART).



# ETUDE COMPARATIVE DE LA VITESSE D'ENRACINEMENT

La culture du sorgho faite sur un sol un peu plus argileux a une vitesse d'enracinement inférieure aux cultures du mil et de l'arachide. Le mil et le sorgho ont un front racinaire régulier et continu, tandis que la profondeur, pour l'arachide, est fixée, au maximum, à 150 cm.

Le labour, malgré un effet très faible au début du cycle pour le mil et l'arachide, s'est révélé beaucoup plus important (CHOPARD - 1980).

TABEAU : Vitesse moyenne d'enracinement de trois principales cultures pendant les 90 premiers jours sur sol labouré (SL) et non labouré (NL), au Sénégal, en cm/jour (CHOPARD - 1980)

| cultures | ARACHIDE |      | MIL  |      | SORGHO |      |
|----------|----------|------|------|------|--------|------|
| Durée    | NL       | SL   | NL   | SL   | NL     | SL   |
| 30 J     | 2.00     | 2.89 | 2.50 | 2.88 | 1.04   | 1.35 |
| 50 J     | 2.00     | 2.81 | 2.50 | 2.61 | 1.16   | 1.30 |
| 60 J     | 2.00     | 2.41 | 2.24 | 2.46 | 1.09   | 1.61 |
| 90 J     | 1.41     | 1.43 | 1.93 | 1.94 | 0.93   | 1.10 |