

O R S T O M

Département F

URF4

CONTRIBUTION A L'ETUDE ET A LA  
REFONTE DE DEUX MODELES  
HYDRO-PLUVIOMETRIQUES  
AU PAS DE TEMPS JOURNALIER

Modèle GIRARD

Modèle IBIZA

Juillet-Aout 1986

DEZETTER ALAIN

Institut des Sciences de l'Ingénieur de Montpellier

Filière Sciences et Techniques de l'Eau

## REMERCIEMENTS

Je remercie Monsieur F. MONIOD, Directeur de Recherches, de m'avoir accueilli au sein du Laboratoire d'hydrologie de Montpellier.

Mes remerciements vont également à Monsieur E. SERVAT, Chargé de Recherches, pour l'aide qu'il m'a apporté et pour l'attention dont il a fait preuve tout au long de ce stage.

Les conseils prodigués par T. LEBEL m'ont été très utiles, notamment pour la réalisation de la partie informatique.

Je tiens également à remercier tout le personnel pour l'accueil qui m'a été réservé.

# SOMMAIRE

## Introduction

p 1

## I Partie informatique

### I.1 Modèle GIRARD

p 4

### I.2 Modèle IBIZA

p 12

### I.3 Remarques Générales

p 21

## II Calage - Analyse de sensibilité

### II.1 Calage

p 28

### II.2 Analyse de sensibilité

p 38

### II.3 Remarques

p 41

## Conclusion

p 42

## Bibliographie sommaire

p 44

## Annexes

p 45

## INTRODUCTION

## INTRODUCTION

Ce stage intervient dans la scolarité de l'Institut des Sciences de l'Ingénieur de Montpellier (ISIM), filière Sciences et Techniques de l'eau, comme stage de fin de deuxième année. Il a été effectué à l'ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération) au laboratoire d'hydrologie de Montpellier, dans le cadre de l'UFR4 et sous la responsabilité de Monsieur F. MONIOD, Directeur de Recherches, et de Monsieur E. SERVAT, Chargé de Recherches.

Le travail effectué durant ce stage s'inscrit dans un ensemble d'opérations ayant pour but l'étude et la refonte de modèles hydrologiques, l'analyse des modules qui les composent, leur insertion dans une "bibliothèque de programmes" (Généralisation d'emploi). On peut y distinguer deux parties différentes :

- Une première partie purement informatique, dans laquelle deux modèles globaux ont été repris et mis au point en langage FORTRAN sur micro-ordinateur (IBM AT).

- Une deuxième partie portant uniquement sur un des deux modèles précédemment mis au point, a consisté en un calage du modèle sur un bassin versant dont les données étaient disponibles à l'ORSTOM. L'objectif était alors de se livrer à une première analyse de sensibilité du modèle.

## I PARTIE INFORMATIQUE

Matériel utilisé : IBM AT

Langage : FORTRAN

Un des objectifs essentiels de cette partie du travail était de rendre les modèles choisis facilement modifiables et compréhensibles, mais aussi facilement utilisables.

Un des impératifs était l'utilisation du langage FORTRAN afin d'assurer la "portabilité" la meilleure (transfert éventuel des programmes sur d'autres machines).

Le travail a porté sur deux modèles globaux fonctionnant au pas de temps journalier: le modèle GIRARD type "ORSTOM 1974" et le modèle au pas de temps journalier de D. IBIZA (Cah. ORSTOM, série hydrologie, Vol XXI n°3, 1984-1985).

Si l'objectif à atteindre était le même, le travail à fournir pour ces deux modèles était sensiblement différent. En effet, pour le modèle GIRARD, l'ORSTOM possédait une version fonctionnant déjà sur micro-ordinateur, alors que pour le modèle IBIZA on ne disposait que d'une version adaptée au système IBM 3270 dont on n'a finalement repris que la fonction de production et de transfert (le reste du programme consistant en entrées-sorties, impression de graphiques, ...etc inadaptés au micro-ordinateur).

Afin de répondre aux objectifs fixés, la programmation a été faite avec une structure modulaire (utilisation de

subroutines) ce qui permet de distinguer clairement les actions effectuées à chaque étape du programme. De plus, dans un souci d'homogénéisation des modèles, certaines subroutines sont communes aux deux programmes (lecture des pluies (SUBROUTINE LECPLUIE), des débits (SUBROUTINE LECDEBIT), calcul des lames mensuelles et annuelles à partir des valeurs journalières (SUBROUTINE TOTAUX)).

### I.1. Modèle GIRARD

(MODGLO. FOR)

Les listing du programme avant et après "refonte" ainsi que la liste des variables sont fournis en annexe.

Dans sa programmation initiale, ce modèle était d'un usage peu aisé. En effet, pour effectuer le calage du modèle, à chaque fois que la valeur d'un paramètre devait être modifié, il était nécessaire d'éditer le fichier de données (paramètres + évaporations + pluies + débits), de repérer le paramètres à corriger parmi les lignes de chiffres et de le corriger. Comme on procède à un calage manuel, cela représentait un grand nombre de manipulations.

La logiciel actuel comprend une subroutine de lecture-écriture-correction des paramètres du modèle qui sont regroupés dans un seul fichier (fichier .PAG). Cette subroutine (LECPARAM) permet donc :

- de faire apparaitre clairement tous les paramètres du



modèle à l'écran ainsi que leur signification

- de corriger directement un ou plusieurs de ces paramètres en donnant leur valeur au clavier.

Il est donc beaucoup plus facile de modifier un paramètre et donc de procéder au calage.

A la sortie de la sous-routine, le fichier paramètres est réécrit entièrement. Il comporte également des options pour la sortie des tableaux de résultats (sortie ou non des tableaux des valeurs journalières).

#### Données nécessaires au fonctionnement du programme MODGLO.FOR

Il convient de disposer de données journalières de pluies et de débits. En outre des données d'évaporation potentielle calculées ou mesurées sont nécessaires : on utilise ici une moyenne mensuelle journalière.

Fichiers d'entrée :

---

Le programme utilise quatre fichiers d'entrée : un fichier pluies journalières, un fichier débits journaliers, un fichier évaporations et un fichier paramètres. Ces quatre fichiers ont un nom ayant une même racine (8 lettres maxi) qui est le plus souvent le nom du bassin, avec une extension en 3 lettres propre à chaque fichier: .PAG pour le fichier paramètres, .DEG pour le fichier débits, .PLG pour le fichier pluies, .EVG pour le fichier évaporations.

### ..Fichier pluies

La structure du fichier est la suivante :

1ère ligne : I6,1X,I4 identificateur des pluies en I6, année en I4

2ème à 32ème ligne :

format : I6,I4,I2,12I4

identificateur en I6, année en I4, jour en I2 puis 12 données de pluie correspondant au même jour de chaque mois de l'année, données exprimées en 1/10e mm.

On répète la ligne en I6,1X,I4 à chaque changement d'année.

### ..Fichier débits

Ce fichier est utilisé pour la période de calage.

On peut lire le fichier débits sous deux formats différents:

a) format I8,I4,I2,1X,12(I3,2I1)

b) format I8,I4,I2,1X,12F6.2

1ère ligne : I8,1X,I4 identificateur des débits en I8, année en I4

31 lignes selon le format a) ou b)

I8,I4,I2 : identificateur, année, jour

puis 12 données de débit : -en notation exponentielle pour le

format a)(3 chiffres + 1 pour  
l'exposant)  
- en m3/s pour le format b)

### ..Fichier évaporations

La structure est la suivante :

1ère ligne : 1X,I1      IEVAP en I1 : si IEVAP=0 une seule  
ligne au fichier (moyennes mensuelles interannuelles)

si IEVAP=1 données an-  
nuelles

x lignes : 1X,I4,12F5.1

année, puis 12 données d'évaporation moyenne journalière en  
mm/j

### ..Fichier paramètres

Extrait du programme de lecture du fichier

READ( NUMFPAG, 200) ITAB, JAN1, JAN2

READ( NUMFPAG, 210) SURFBV, CPJ, BB, XIN, AXIN, AA, SH, CRT, DCRT, CET

READ( NUMFPAG, 210) CQ7, CQ9, COEFQ7, COEFQ8, COEFQ9, COEFQ10,

ET9, ET10, SH7, SH8, SH9, SH10

200    FORMAT( 1X, I1, 2( 1X, I4) )

210    FORMAT( 12F8. 3)

Pour la signification des variables, se reporter à la liste alphabétique des variables (annexe ).

. Sorties :

---

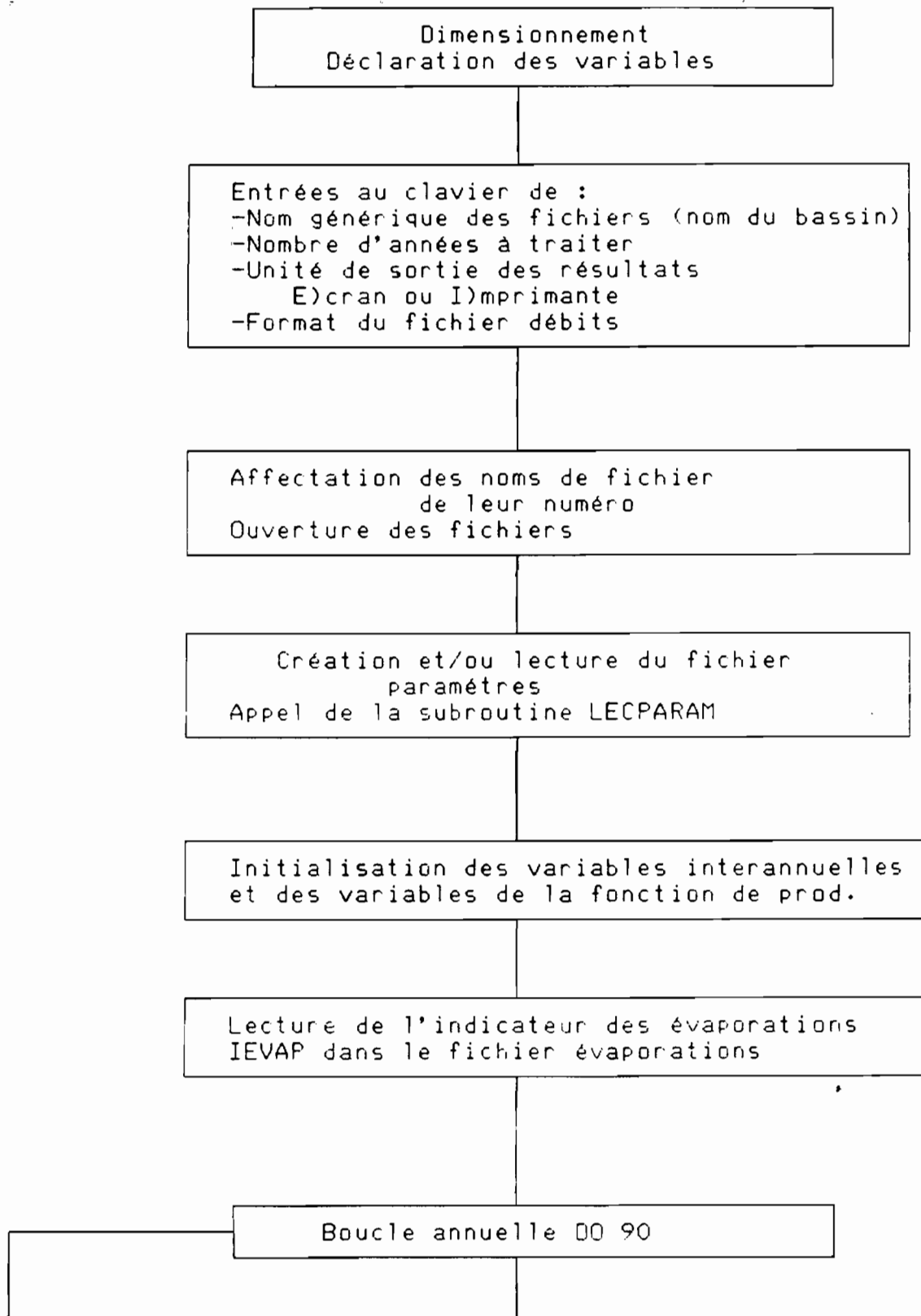
On obtient pour chaque année le tableau des lames mensuelles et annuelles écoulées (observées et calculées) et précipitées, ainsi que les niveaux dans les différents réservoirs.

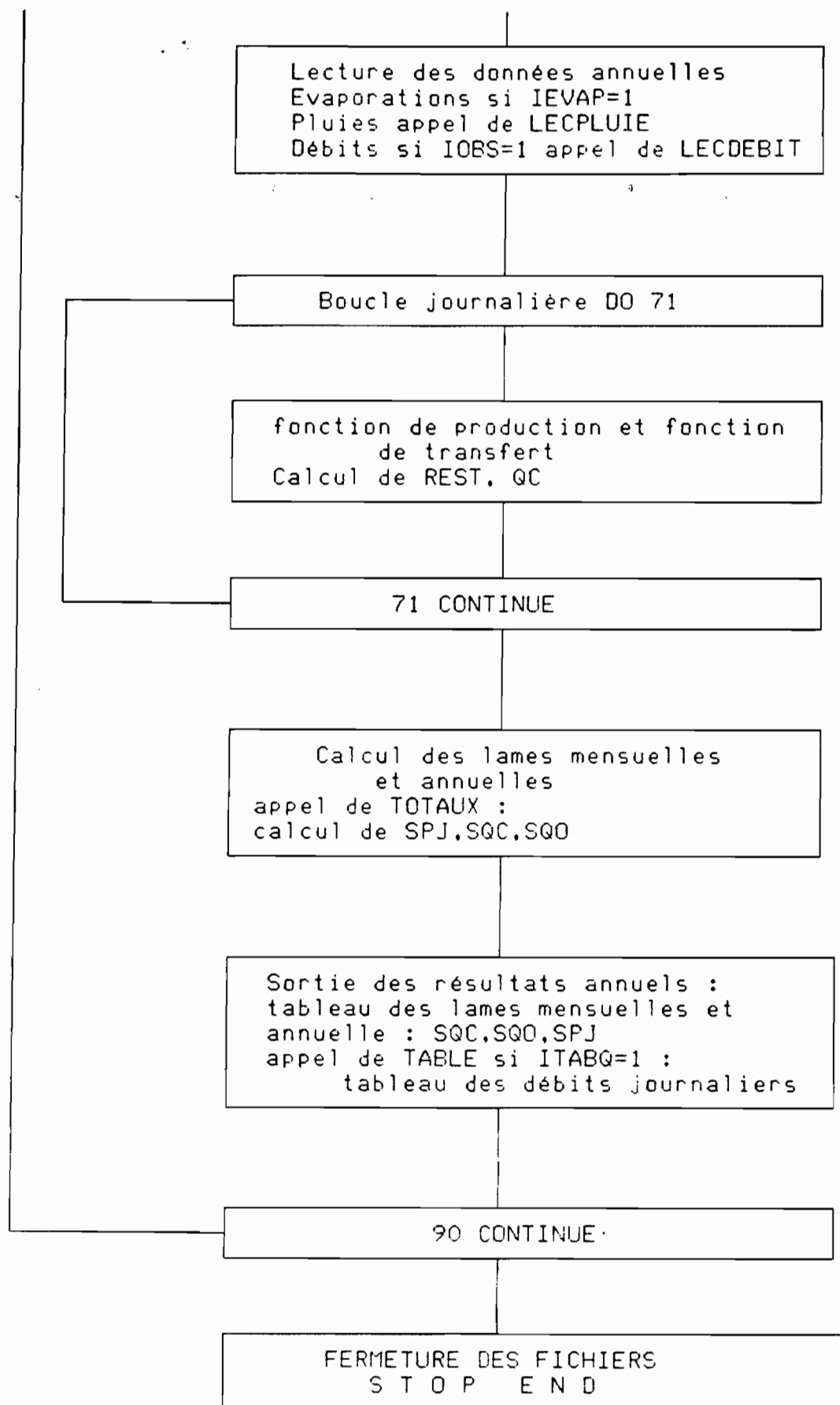
Il est possible d'obtenir également le tableau des débits journaliers observés et calculés.

Les pages suivantes présentent l'organigramme général de calcul et le schéma général de la fonction de production et de la fonction de transfert.

## ORGANIGRAMME GENERAL DU PROGRAMME MODGLO.FOR

---





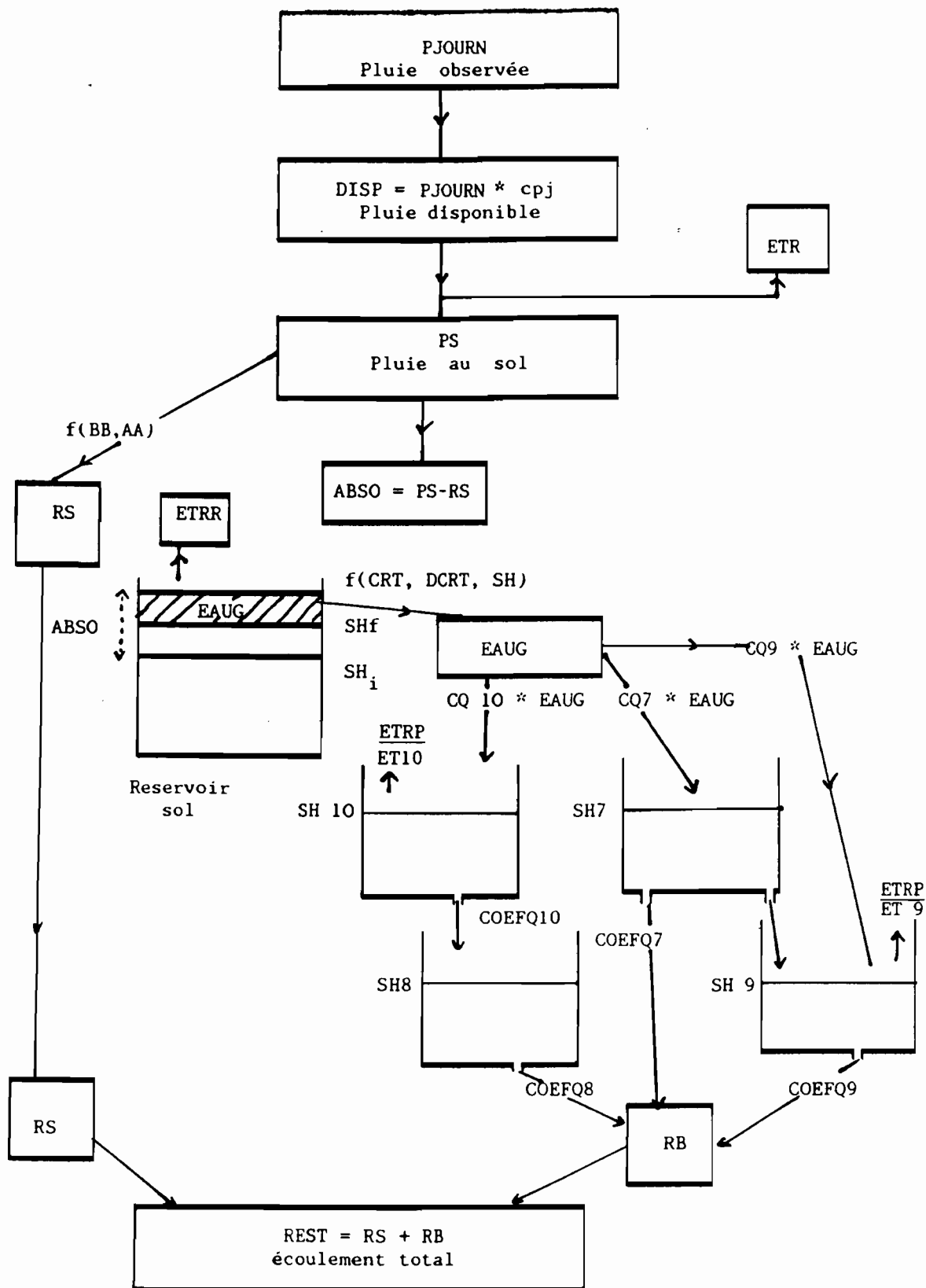


Schéma général des fonctions de production et de transfert.

(MODGLO.FOR)

## I.2. Modèle IBIZA

(MODIBI.FOR)

Les listing du programme avant et après "refonte" ainsi que la liste des variables sont fournis en annexe.

Les notions de base utilisées pour ce modèle, mis au point par D. IBIZA (ORSTOM - UR B12) sont exposées dans un article intitulé "Etude de l'infiltration au pas de temps journalier sur des petits bassins versants. Refus à l'infiltration par saturation des réserves souterraines." publié dans les Cahiers de l'ORSTOM, série hydrologie, Vol XXI n°3 1984-1985. Le listing disponible du programme était adapté au système IBM 3270 et comportait de nombreux calculs destinés à l'étude de l'infiltration. Après quelques essais d'adaptation de ce programme, dans le but de pouvoir l'utiliser sur un micro-ordinateur, il a été décidé de n'en conserver que la sous-routine DEF (fonction de production et fonction de transfert) et de reprogrammer tout ce qui était "entrées-sorties".

La programmation a été réalisée selon le même schéma que dans le cas du modèle GIRARD.

On dispose donc d'une sous-routine de lecture-écriture-correction des paramètres qui permet une modification rapide des paramètres lors du calage. Le programme permet également de calculer le coefficient de corrélation entre lames mensuelles observées et calculées sur les années de calage, ainsi que le calcul



du coefficient d'autocorrélation (d'ordre IORD, choisi au début dans la subroutine LECPARAM) sur les séries de débits journaliers observés et calculés. Ce dernier coefficient peut constituer un indicateur supplémentaire de bon ou de mauvais calage, notamment en ce qui concerne l'aspect dynamique des hydrogrammes.

#### Données nécessaires au fonctionnement du programme MODIBI.FOR

Il convient de disposer de données journalières de pluies et de débits. En outre des données d'évaporation potentielle calculées ou mesurées sont nécessaires : on utilise ici une moyenne mensuelle journalière.

#### . Fichiers d'entrée :

---

Le programme utilise quatre fichiers d'entrée : un fichier pluies journalières, un fichier débits journaliers, un fichier évaporations et un fichier paramètres. Ces quatre fichiers ont un nom ayant une même racine (8 lettres maxi) qui est le plus souvent le nom du bassin, avec une extension en 3 lettres propre à chaque fichier: .PAI pour le fichier paramètres, .DEI pour le fichier débits, .PLI pour le fichier pluies, .EVI pour le fichier évaporations.

#### ..Fichier pluies

La structure du fichier est la suivante :

1ère ligne : I6,1X,I4      identificateur des pluies en I6,  
année en I4

2ème à 32ème ligne :

format : I6, I4, I2, 12I4

identificateur en I6, année en I4, jour en I2 puis 12 données de pluie correspondant au même jour de chaque mois de l'année, données exprimées en 1/10e mm.

Les 31 lignes de données sont répétées autant de fois qu'il y a de postes pluviométriques.

On répète la ligne en I6, 1X, I4 à chaque changement d'année.

#### .. Fichier débits

Ce fichier est utilisé pour la période de calage.

On peut lire le fichier débits sous deux formats différents:

a) format I8, I4, I2, 1X, 12(I3, 2I1)

b) format I8, I4, I2, 1X, 12F6.2

1ère ligne : I8, 1X, I4 identificateur des débits en I8, année en I4

31 lignes selon le format a) ou b)

I8, I4, I2 : identificateur, année, jour

puis 12 données de débit : - en notation exponentielle pour le

format a) (3 chiffres + 1 pour l'exposant)

- en m3/s pour le format b)

### ..Fichier évaporations

La structure est la suivante

1ère ligne : 1X,I1 IEVAP en I1 : si IEVAP=0 une seule  
ligne au fichier (moyennes mensuelles interannuelles)

si IEVAP=1 données an-  
nuelles

x lignes : 1X,I4,12F5.1

année, puis 12 données d'évaporation moyenne journalière en  
mm/j

### ..Fichier paramètres

Extrait du programme de lecture du fichier

```
READ( NUMFPAG, 200) ITABQ, ITABP, JAN1, JAN2, IORD, JDEB, JFIN
```

```
READ( NUMFPAG, 205) IPOSTE
```

```
READ( NUMFPAG, 206) ( CTHIES( I), I=1, IPOSTE)
```

```
READ( NUMFPAG, 210) SURFBV, HNAPO, DEFDEB, DEFCE, HNO1, HO, HNO, A, COEF
```

```
READ( NUMFPAG, 210) Q, XT, X, P1, P2, FN, AL, R2
```

```
200 FORMAT( 1X, 2I1, 2( 1X, I4), 3( 1X, I3) )
```

```
205 FORMAT( I29)
```

```
206 FORMAT( 10F5. 3)
```

```
210 FORMAT( 9F8. 3)
```

Pour la signification des variables, se reporter à la liste alphabétique des variables.

Ce fichier comporte donc 4 lignes de données. La 2ème étant constituée de l'indicateur du nombre de postes pluviométriques à prendre en compte, suivi des coefficients affectés à chaque poste (10 au maximum).

. Sorties :

---

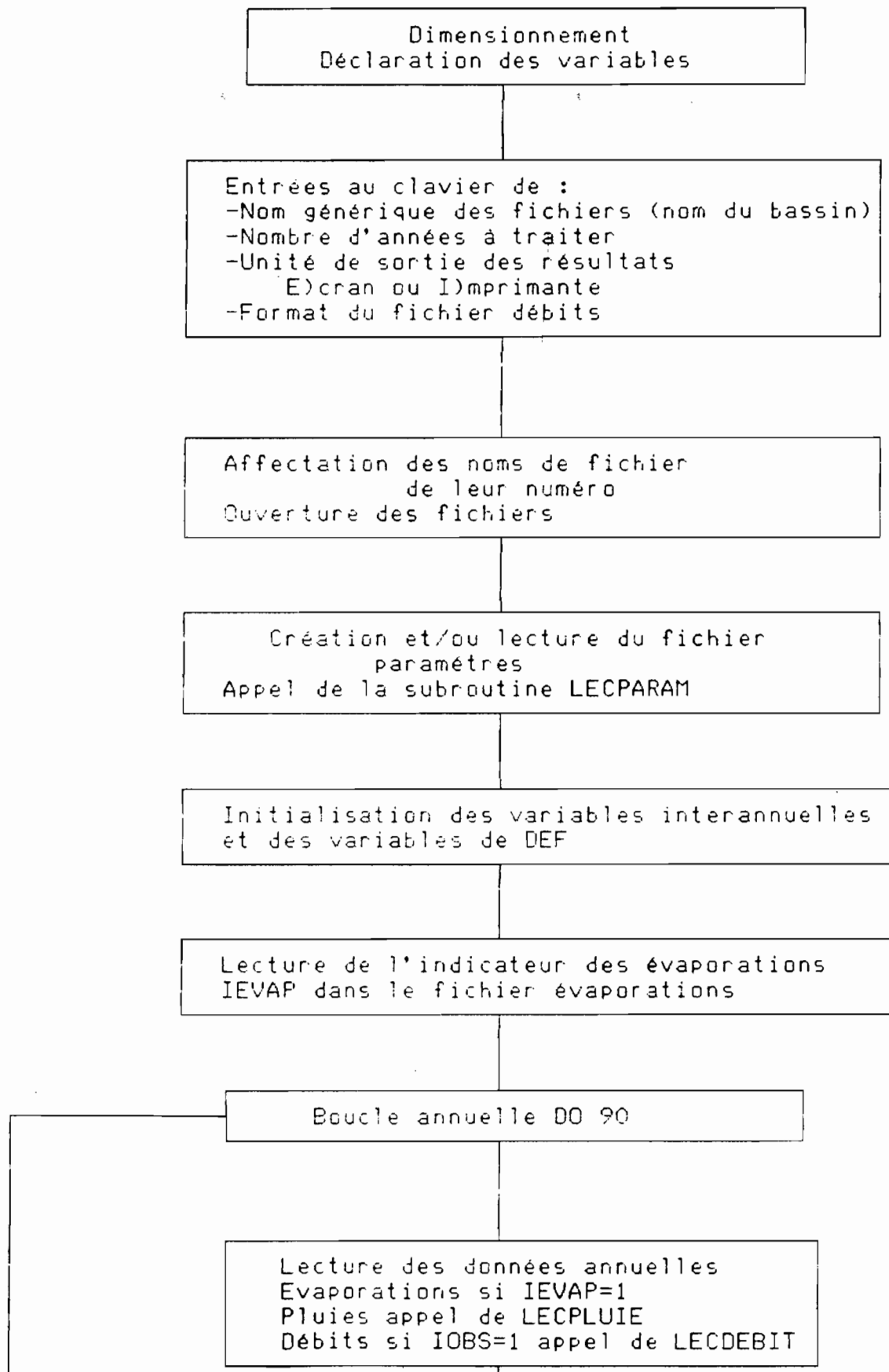
On obtient pour chaque année le tableau des différentes lames mensuelles et annuelles :

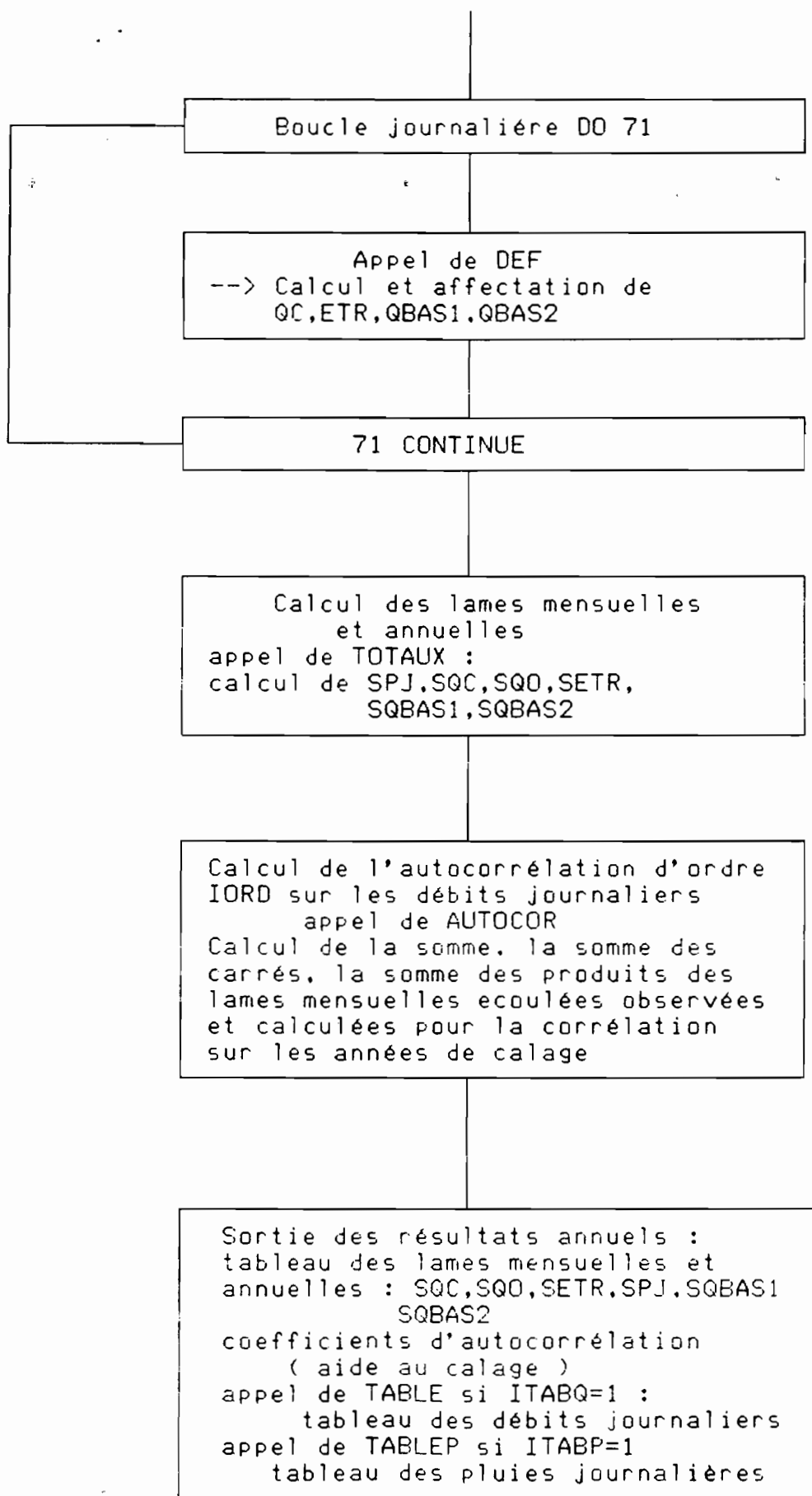
pluie, écoulement observé, écoulement calculé, évaporation réelle (ER1 sur le schéma général) et différents écoulements intermédiaires permettant de mieux connaître le cheminement de l'eau (aide au calage) : EBAS1, EBAS2, EC, RS (voir schéma général).

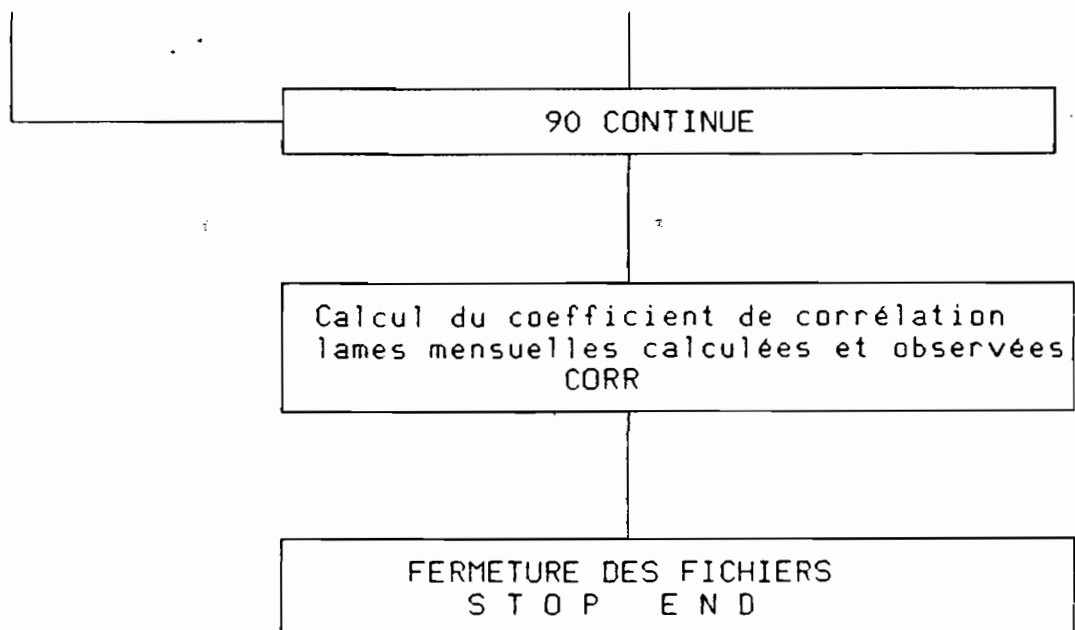
Il est possible d'obtenir également le tableau de pluies journalières et/ou le tableau des débits journaliers observés et calculés.

# ORGANIGRAMME GENERAL DU PROGRAMME MODIBI.FOR

---







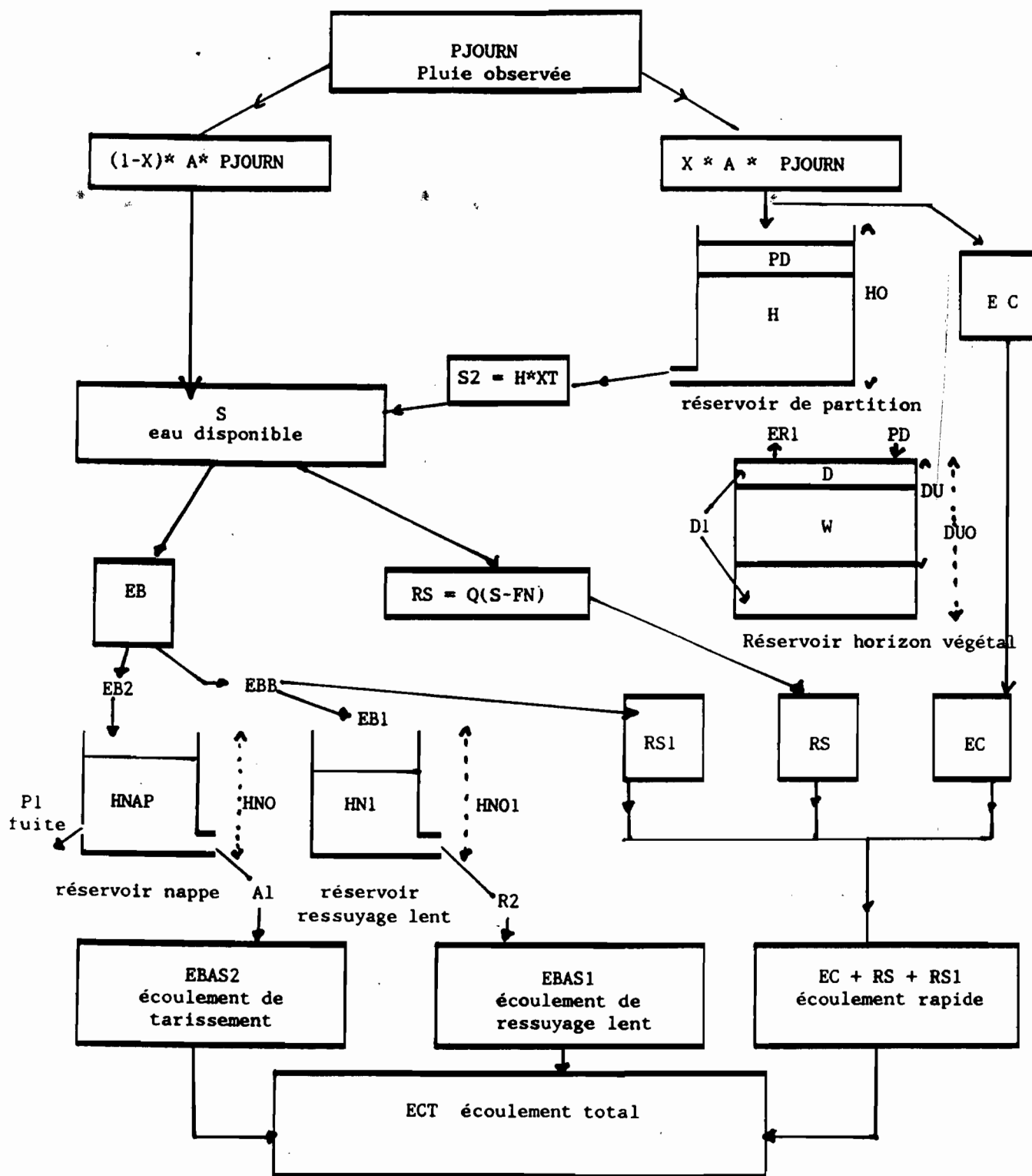


Schéma général des fonctions de production et de transfert

(MODIBI.FOR)



### I.3. Remarques générales

En ce qui concerne la facilité d'utilisation et de modification des programmes, les points suivants sont à noter :

- la subroutine LECPARAM permet une modification et une visualisation rapide de tous les paramètres. La programmation d'une gestion d'écran (affichage, saisie) en FORTRAN nécessite beaucoup de lignes de programme. Il serait bon, pour la convivialité du programme, d'envisager la programmation de cette partie dans un langage plus "gestionnaire" (type PASCAL), tout en disposant des deux versions afin de pouvoir assurer une bonne "portabilité" du programme. Il est tout à fait possible de faire écrire le fichier paramètres par un programme pascal, puis de le relire par un programme fortran sans avoir besoin de relier les subroutines à l'intérieur du programme (liaison du type compilation-édition de liens).

- pour chaque subroutine de lecture (LECPLUIE, LECDEBIT, LECPARAM), le numéro d'unité logique est passé en paramètre de la subroutine. Il est donc possible d'envisager l'utilisation de fichiers fusionnés de pluies et de débits, il suffit pour cela d'indiquer le numéro du fichier à chaque subroutine en prenant soin de vérifier que le pointeur du fichier se trouve bien au début des données de pluies à chaque appel de LECPLUIE et au début des données de débit à chaque appel de LECDEBIT.

- Il est aussi possible d'utiliser des fichiers sous d'autres formats que ceux prévus. Il suffira d'écrire les

subroutines de lecture annuelle et de retourner les données sous la forme d'un tableau à un indice et 366 valeurs (PJOURN, QOBS), forme utilisée pour le calcul.

Les pages suivantes présentent les copies d'écran des menus des subroutines LECPARAM ainsi qu'un exemple du tableau de sortie annuelle pour les deux modèles.

Nom générique des fichiers ? AVAL

Nombre d années de pluie ? 3

Unité de sortie des tableaux de résultats ?

E)cran

I)mprimante

Choix : E

Quel est le format du fichier débits ?

I8,I4,I2,I1X,I2(I3,2I1),I1 : 1

I8,I4,I2,I1X,I2(F6.2) : 2

Entrez 1 ou 2 : 1

Le fichier de paramètres AVAL.PAG existe-t-il ? O/N O

#### PARAMETRES DE CALAGE DU MODELE

##### PARAMETRES DE LA FONCTION DE PRODUCTION :

Surface du bassin versant km2 SURFBV : 13.900

Coefficient de passage pluie brute-pluie au sol CPJ : 1.000

Hétérogénéité des pluies sur le BV (BB) .900

Paramètres de l'infiltration XIN : 50.000 AXIN : .270

Hétérogénéité AA : .200

Hauteur d'eau dans le reservoir sol au départ SH : 85.000

Capacité de rétention en eau du sol CRT : 130.000

Hétérogénéité DCRT : 80.000

Coefficient de pondération de l'évaporation mesurée(EVAS) CET : 1.000

##### PARAMETRES DE LA FONCTION DE TRANSFERT :

Coefficients de répartition de EAUG dans les réservoirs :

CQ7 : .300 CQ9 : .350 CQ10: .350

Coefficients de débit des réservoirs d'étalement :

COEFQ7: .500 COEFQ8: .600 COEFQ9: .400 COEFQ10: .400

Coefficients de reprise de l'évaporation réservoirs 9 et 10

ET9 :1000.000 ET10: 1000.000

Niveau d'eau dans les reservoirs d'étalement au départ :

SH7 : .000 SH8: .000 SH9: .000 SH10: .000

Voulez-vous corriger un ou plusieurs de ces paramètres ? O/N N

#### AUTRES PARAMETRES

Année de début des débits observés : 1974

Année de fin des débits observés : 1977

Impression du tableau des débits journaliers (0=NON , 1=OUI): 0

Voulez-vous corriger un ou plusieurs de ces paramètres ? O/N N

(MODGLO.FOR)

Tableau des lames mensuelles et annuelles

Année : 1974

Station : 48359021

Unités : mm

| LAME   | JANVIER | FEVRIER | MARS | AVRIL | MAI  | JUIN | JUILLET | AOUT | SEPTEMBRE | OCTOBRE | NOVEMBRE | DECEMBRE | T AN  |
|--------|---------|---------|------|-------|------|------|---------|------|-----------|---------|----------|----------|-------|
| Pluie  | 42.7    | 188.6   | 85.0 | 86.6  | 22.6 | 3.7  | 1.4     | .0   | 27.0      | 174.8   | 128.5    | 61.3     | 822.2 |
| E Obs  | 2.3     | 87.8    | 21.9 | 10.7  | .6   | .0   | .0      | .0   | .0        | 1.3     | 40.3     | 13.8     | 178.7 |
| E Calc | 2.4     | 56.3    | 24.0 | 11.9  | .1   | .0   | .0      | .0   | .0        | 1.2     | 50.8     | 18.6     | 165.2 |

Evaporations moyennes mensuelles journalières en mm/j

1.8 2.0 2.9 3.5 3.7 4.2 4.8 4.8 3.5 3.1 2.2 1.7

TOTAL PLUIE = 822.20

RUISSELEMENT = .00

EVAPORATION ETR= 642.33

NIVEAU MAXIMUM= 17.77

PLUIE MAXIMALE= 44.80

NOMBRE DE PLUIES INOBSERVEES 0

EAU GRAVITAIRE= 165.22

LAME MAXIMUM CALCULEE= 14.45

TOTAL ECOULEMENT=165.22

Valeurs des hauteurs d'eau dans les reservoirs à la fin de l'année

SH : 99.645 SH7 : .000 SH8 : .001 SH9 : .001 SH10 : .000

TABLEAU ANNUEL (MODGLO.FOR)

Nom générique des fichiers ? KUO

Nombre d années de pluie ? 3

Unité de sortie des tableaux de résultats ?

E)cran

I)mpprimante

Choix : E

Quel est le format du fichier débits ?

I8,I4,I2,1X,12(I3,2I1),I1 : 1

I8,I4,I2,1X,12(F6.2) : 2

Entrez 1 ou 2 : 2

Le fichier de paramètres KUO.PAI existe-t-il ? O/N O

#### PARAMETRES DE CALAGE DU MODELE

Surface du bassin versant km2 SURFBV : 67.800  
Niveau initial du réservoir nappe HNAPO : .000  
Déficit initial du réservoir horizon végétal DEFDEB : 1500.000  
Dimension du réservoir horizon végétal DEFDO : 2000.000  
Dimension du réservoir ressuyage lent HNO1 : 70.000  
Dimension du réservoir de partition HO : 1000.000  
Dimension du réservoir nappe HNO : 50.000  
Coefficient de passage pluie observée-pluie réelle A : 1.000  
Coefficient de transformation de l'évaporation COEF : 1.000  
Coefficient d'écoulement rapide Q : .700  
Coefficient de débit du réservoir de partition XT : .150  
Coefficient d'hétérogénéité du couvert végétal X : .960  
Coefficient de fuite du réservoir nappe vers les aquifères profonds P1 : .400  
Part de l'eau infiltrée qui va dans le réservoir nappe P2 : .800  
Quantité maximale journalière d'infiltration (1/10 mm) FN : 10.000  
Coefficient de tarissement (j-1) du réservoir nappe AL : .060  
Coefficient de ressuyage lent (h-1) R2 : .004  
Voulez-vous corriger un ou plusieurs de ces paramètres ? O/N N

#### AUTRES PARAMETRES

Année de début des débits observés : 1981  
Année de fin des débits observés : 1983  
Impression du tableau des débits journaliers (ITABQ 0=NON , 1=OUI) : 0  
Impression du tableau des pluies journalières (ITABP 0=NON , 1=OUI) : 0  
Ordre du coefficient d'autocorrélation IORD : 3  
Jour de début du calcul JDEB : 1  
Jour de fin du calcul JFIN : 365  
Nombre de postes pluviométriques IPOSTE : 1  
Coefficient de chaque poste :  
Poste n° 1 coefficient : 1.000  
Poste n°  
Voulez-vous corriger un ou plusieurs de ces paramètres ? O/N N

(MODIBI.FOR)

=====

Tableau des lames mensuelles et annuelles

Année : 1981

Station : 98765432

=====

Unités : mm

| *LAME  | JANVIER | FEVRIER | MARS | AVRIL | MAI   | JUIN  | JUILLET | AOUT  | SEPTEMBRE | OCTOBRE | NOVEMBRE | DECEMBRE | T AN  |
|--------|---------|---------|------|-------|-------|-------|---------|-------|-----------|---------|----------|----------|-------|
| Pluie  | .0      | .0      | .0   | 10.6  | 111.5 | 102.4 | 272.2   | 201.4 | 120.7     | .0      | .0       | .0       | 818.8 |
| E Obs  | .0      | .0      | .0   | .0    | .2    | .1    | 6.5     | 14.8  | 9.7       | 2.9     | .2       | .0       | 34.3  |
| E Calc | .0      | .0      | .0   | .1    | 1.8   | 3.6   | 6.7     | 14.8  | 7.8       | 1.4     | .2       | .0       | 36.5  |
| E BAS1 | .0      | .0      | .0   | .1    | .6    | 1.5   | 2.3     | 5.8   | 3.1       | .5      | .0       | .0       | 13.9  |
| E BAS2 | .0      | .0      | .0   | .1    | .8    | 1.8   | 2.4     | 4.5   | 3.3       | 1.0     | .1       | .0       | 14.0  |
| Ev ree | .0      | .0      | .0   | 20.3  | 90.3  | 123.7 | 129.5   | 142.8 | 138.3     | 94.9    | 33.3     | 13.1     | 786.1 |
| EC     | .0      | .0      | .0   | .0    | .0    | .0    | .0      | .0    | .0        | .0      | .0       | .0       | .0    |
| RS     | .0      | .0      | .0   | .0    | .4    | .3    | 2.0     | 4.5   | 1.4       | .0      | .0       | .0       | 8.5   |

Evaporations moyennes mensuelles journalières en mm/j

4.8    5.8    6.4    6.4    6.8    6.3    4.8    4.7    4.8    5.5    5.2    5.0

Coefficients d'autocorrélation d'ordre 3

calculé sur les débits journaliers simulés : .6246

calculé sur les débits journaliers observés : .7473

TABLEAU ANNUEL (MODIBI.FOR)

## II CALAGE-ANALYSE DE SENSIBILITE

Afin de réaliser une première analyse de sensibilité, il a été nécessaire d'essayer de caler le modèle d'IBIZA sur un bassin versant dont les données hydrologiques étaient facilement accessibles. On a ensuite étudié les réponses du modèle à des variations des paramètres, pris un à un. Ces variations ont été réalisées à partir des valeurs de calage et dans des intervalles plausibles.

## II.1 Calage

### II.1.1 Données utilisées (voir Annexe II.1)

Les données proviennent de la rivière KUO au sud-ouest du BURKINA FASO, station de jaugeage de DIGOUERA. La surface du bassin versant à cet exutoire est de 67,8 km<sup>2</sup>. Les données journalières de pluies et de débits étaient disponibles sous forme de fichier lisible par l'IBM AT pour les années 1981, 1982 et 1983. Qualité et disponibilité de ces données ont constitué une première raison pour le choix de ce bassin, une deuxième raison étant sa proximité de la zone sahélienne. Il était intéressant d'évaluer le comportement d'un tel modèle global sur ce type de bassin.

On peut noter qu'il n'y a d'écoulement dans cette rivière que de Mai à Novembre (saison des pluies). La sécheresse prononcée de l'année 1983 est également remarquable.



### II.1.2-Calage

Le calage a été effectué sur ces trois années (81-82-83) en comparant les lames écoulées observées et calculées au niveau annuel tout d'abord puis au niveau mensuel. Pour améliorer le calage, on peut également comparer les coefficients d'autocorrélation observés et calculés. En cours de réglage, il est souhaitable de se référer au schéma général des fonctions de production et de transfert qui permet de "visualiser" l'effet obtenu lorsqu'on agit sur un paramètre.

Le résultat du calage est présenté dans les pages suivantes. ( pp 30 à 33 ).

On remarque une bonne concordance des lames annuelles pour les années 1981 et 1982, le mauvais résultat obtenu pour l'année 1983 étant vraisemblablement dû à la sécheresse prononcée qui confère à cette année un caractère assez exceptionnel. Au niveau mensuel, le modèle ne reproduit que de façon approximative les écoulements en début de saison des pluies (Mai-Juin) et ce quelle que soit l'année considérée.

Compte tenu du fait que les données de pluies et de débits existaient pour ce bassin pour les années 1974, 1975 et 1976, il a été procédé à la constitution de fichiers informatiques opérationnels pour ces 3 années. Notre but était alors de confirmer ou d'infirmer la validité de ce premier calage quant à la simulation des débits à partir des données pluviométriques. (voir tableaux de résultats pp 34, 35, 36).

## RESULTAT DU CALAGE

Nom générique des fichiers ? KUO

Nombre d années de pluie ? 3

Unité de sortie des tableaux de résultats ?

E)cran

I)mprimante

Choix : E

Quel est le format du fichier débits ?

I8,I4,I2,1X,12(I3,2I1),I1 : 1

I8,I4,I2,1X,12(F6.2) : 2

Entrez 1 ou 2 : 2

Le fichier de paramètres KUO.PAI existe-t-il ? O/N O

### PARAMETRES DE CALAGE DU MODELE

Surface du bassin versant km2 SURFBV : 67.800  
Niveau initial du réservoir nappe HNAPO : .000  
Déficit initial du réservoir horizon végétal DEFDEB : 1500.000  
Dimension du réservoir horizon végétal DEFDO : 2000.000  
Dimension du réservoir ressuyage lent HNO1 : 70.000  
Dimension du réservoir de partition HO : 1000.000  
Dimension du réservoir nappe HNO : 50.000  
Coefficient de passage pluie observée-pluie réelle A : 1.000  
Coefficient de transformation de l'évaporation COEF : 1.000  
Coefficient d'écoulement rapide Q : .700  
Coefficient de débit du réservoir de partition XT : .150  
Coefficient d'hétérogénéité du couvert végétal X : .960  
Coefficient de fuite du réservoir nappe vers les aquifères profonds P1 : .400  
Part de l'eau infiltrée qui va dans le réservoir nappe P2 : .800  
Quantité maximale journalière d'infiltration (1/10 mm) FN : 10.000  
Coefficient de tarissement (j-1) du réservoir nappe AL : .060  
Coefficient de ressuyage lent (h-1) R2 : .004  
Voulez-vous corriger un ou plusieurs de ces paramètres ? O/N N

### AUTRES PARAMETRES

Année de début des débits observés : 1981

Année de fin des débits observés : 1983

Impression du tableau des débits journaliers (ITABQ 0=NON , 1=OUI) : 0

Impression du tableau des pluies journalières (ITABP 0=NON , 1=OUI) : 0

Ordre du coefficient d'autocorrélation IORD : 3

Jour de début du calcul JDEB : 1

Jour de fin du calcul JFIN : 365

Nombre de postes pluviométriques IPOSTE : 1

Coefficient de chaque poste :

Poste n° 1 coefficient : 1.000

Poste n°

Voulez-vous corriger un ou plusieurs de ces paramètres ? O/N N

## 3i

3i

3i

3i

```

=====
*                               Tableau des lames mensuelles et annuelles                               *
*                               Année : 1982                                                                *
*                               Station : 98765432                                                            *
=====

```

Unités : mm

| *LAME  | JANVIER | FEVRIER | MARS | AVRIL | MAI  | JUIN  | JUILLET | AOÛT  | SEPTEMBRE | OCTOBRE | NOVEMBRE | DECEMBRE | T AN  |
|--------|---------|---------|------|-------|------|-------|---------|-------|-----------|---------|----------|----------|-------|
| Pluie  | .0      | .0      | .0   | 43.8  | 87.1 | 165.4 | 221.6   | 259.2 | 57.1      | .0      | .0       | .0       | 834.2 |
| E Obs  | .0      | .0      | .0   | .0    | .3   | .1    | 3.1     | 27.5  | 15.4      | 5.3     | .6       | .0       | 52.3  |
| E Calc | .0      | .0      | .0   | .8    | 1.8  | 4.3   | 6.1     | 24.0  | 12.5      | 1.4     | .1       | .0       | 51.0  |
| E BAS1 | .0      | .0      | .0   | .3    | .7   | 1.9   | 2.6     | 6.4   | 7.4       | .5      | .0       | .0       | 19.9  |
| E BAS2 | .0      | .0      | .0   | .4    | 1.0  | 2.3   | 2.9     | 4.3   | 4.3       | .9      | .1       | .0       | 16.3  |
| Ev ree | 5.5     | 2.2     | 1.1  | 54.8  | 89.1 | 123.9 | 138.4   | 129.0 | 125.6     | 74.4    | 27.5     | 13.8     | 785.4 |
| EC     | .0      | .0      | .0   | .0    | .0   | .0    | .0      | .0    | .0        | .0      | .0       | .0       | .0    |
| RS     | .0      | .0      | .0   | .0    | .0   | .1    | .6      | 13.3  | .9        | .0      | .0       | .0       | 14.8  |

Evaporations moyennes mensuelles journalières en mm/j

4.8    5.2    5.8    6.0    6.2    5.1    5.0    4.2    4.5    4.8    4.0    4.0

Coefficients d'autocorrélation d'ordre 3

calculé sur les débits journaliers simulés : .7519

calculé sur les débits journaliers observés : .7170

.....  
 \*                      Tableau des lames mensuelles et annuelles                      \*  
 \*                      Année : 1983                      \*  
 \*                      Station : 98765432                      \*  
 .....

Unités : mm

| *LAME  | JANVIER | FEVRIER | MARS | AVRIL | MAI  | JUIN  | JUILLET | AOUT  | SEPTEMBRE | OCTOBRE | NOVEMBRE | DECEMBRE | T AN  |
|--------|---------|---------|------|-------|------|-------|---------|-------|-----------|---------|----------|----------|-------|
| Pluie  | .0      | .0      | .0   | 34.7  | 60.1 | 162.8 | 124.7   | 150.6 | 145.7     | .0      | .0       | .0       | 678.6 |
| E Obs  | .0      | .0      | .0   | .0    | .0   | .6    | .1      | .1    | 1.4       | .3      | .0       | .0       | 2.5   |
| E Calc | .0      | .0      | .0   | .7    | 1.1  | 4.5   | 3.3     | 4.3   | 4.7       | 1.5     | .2       | .0       | 20.3  |
| E BAS1 | .0      | .0      | .0   | .3    | .5   | 1.7   | 1.2     | 1.9   | 1.9       | .5      | .0       | .0       | 8.0   |
| E BAS2 | .0      | .0      | .0   | .3    | .7   | 1.7   | 1.7     | 2.3   | 2.4       | 1.0     | .1       | .0       | 10.3  |
| Ev ree | 8.3     | 3.3     | 1.5  | 40.5  | 58.9 | 117.0 | 119.0   | 122.8 | 128.5     | 65.1    | 13.7     | 3.5      | 682.0 |
| EC     | .0      | .0      | .0   | .0    | .0   | .0    | .0      | .0    | .0        | .0      | .0       | .0       | .0    |
| RS     | .0      | .0      | .0   | .0    | .0   | 1.1   | .3      | .1    | .4        | .0      | .0       | .0       | 1.9   |

Evaporations moyennes mensuelles journalières en mm/j

4.9    5.4    5.9    5.9    6.0    5.0    4.5    4.6    4.6    4.6    4.2    3.8

Coefficients d'autocorrélation d'ordre 3

calculé sur les débits journaliers simulés : .6405

calculé sur les débits journaliers observés : .2409

Coefficient de corrélation entre lames mensuelles observées et calculées

Calculé sur 36 lames : .9438

```

=====
*                               Tableau des lames mensuelles et annuelles                               *
*                               Année : 1974                                                                *
*                               Station : 98765432                                                            *
=====

```

Unités : mm

| *LAME  | JANVIER | FEVRIER | MARS | AVRIL | MAI  | JUIN  | JUILLET | AOUT  | SEPTEMBRE | OCTOBRE | NOVEMBRE | DECEMBRE | T AN   |
|--------|---------|---------|------|-------|------|-------|---------|-------|-----------|---------|----------|----------|--------|
| Pluie  | .0      | .0      | .0   | .0    | 25.4 | 218.2 | 238.4   | 360.6 | 140.0     | 43.8    | .0       | .0       | 1026.4 |
| E Obs  | .0      | .0      | .0   | .0    | .0   | .0    | 3.2     | 33.1  | 18.6      | 5.7     | 2.2      | .6       | 63.4   |
| E Calc | .0      | .0      | .0   | .0    | .3   | 4.8   | 7.5     | 144.3 | 54.5      | 5.4     | .6       | .1       | 217.4  |
| E BAS1 | .0      | .0      | .0   | .0    | .1   | 1.8   | 3.1     | 14.8  | 14.9      | 2.8     | .1       | .0       | 37.6   |
| E BAS2 | .0      | .0      | .0   | .0    | .2   | 1.7   | 3.0     | 6.6   | 6.6       | 2.5     | .4       | .1       | 21.0   |
| Ev ree | .0      | .0      | .0   | .0    | 36.7 | 142.0 | 141.0   | 145.4 | 142.2     | 141.5   | 50.9     | 13.4     | 813.2  |
| EC     | .0      | .0      | .0   | .0    | .0   | .0    | .0      | .0    | .0        | .0      | .0       | .0       | .0     |
| RS     | .0      | .0      | .0   | .0    | .0   | 1.4   | 1.4     | 92.6  | 25.0      | .1      | .0       | .0       | 120.4  |

Evaporations moyennes mensuelles journalieres en mm/j  
 4.8 5.8 6.4 6.4 6.8 6.3 4.8 4.7 4.8 5.5 5.2 5.0  
 Coefficients d'autocorrélation d'ordre 3  
 calculé sur les débits journaliers simulés : .7041  
 calculé sur les débits journaliers observés : .5850

## 35

35

35

35

```

=====
*                               Tableau des lames mensuelles et annuelles                               *
*                               Année : 1976                                                                *
*                               Station : 98765432                                                            *
=====

```

Unités : mm

| *LAME  | JANVIER | FEVRIER | MARS | AVRIL | MAI   | JUIN | JUILLET | AOUT  | SEPTEMBRE | OCTOBRE | NOVEMBRE | DECEMBRE | T AN  |
|--------|---------|---------|------|-------|-------|------|---------|-------|-----------|---------|----------|----------|-------|
| Pluie  | .0      | .0      | .0   | .0    | 149.5 | 55.5 | 132.5   | 306.9 | 127.5     | 112.7   | .0       | .0       | 884.6 |
| E Obs  | .0      | .0      | .0   | .0    | .0    | .0   | .6      | 21.2  | 12.3      | 7.4     | 4.1      | 1.6      | 47.2  |
| E Calc | .0      | .0      | .0   | .0    | 2.9   | 2.3  | 3.3     | 3.2   | 7.5       | 3.1     | 1.5      | .2       | 28.9  |
| E BAS1 | .0      | .0      | .0   | .0    | 1.2   | .9   | 1.4     | 3.3   | 2.7       | 1.2     | .6       | .0       | 11.3  |
| E BAS2 | .0      | .0      | .0   | .0    | 1.2   | 1.4  | 1.8     | 3.3   | 2.9       | 1.7     | .9       | .1       | 13.3  |
| Ev ree | 4.1     | 1.2     | .3   | .1    | 130.7 | 70.1 | 114.8   | 141.0 | 136.5     | 144.9   | 82.1     | 22.4     | 848.2 |
| EC     | .0      | .0      | .0   | .0    | .0    | .0   | .0      | .0    | .0        | .0      | .0       | .0       | .0    |
| RS     | .0      | .0      | .0   | .0    | .6    | .0   | .1      | 1.5   | 1.9       | .3      | .0       | .0       | 4.3   |

Evaporations moyennes mensuelles journalières en mm/j  
4.8 5.8 6.4 6.4 6.8 6.3 4.8 4.7 4.8 5.5 5.2 5.0

Coefficients d'autocorrélation d'ordre 3  
calculé sur les débits journaliers simulés : .5870  
calculé sur les débits journaliers observés : .7789

Coefficient de corrélation entre lames mensuelles observées et calculées  
Calculé sur 36 lames : .8821



On remarque alors que les lames calculées ne concordent pas avec les lames observées. Il convient de noter également qu'en ce qui concerne les données d'évaporation potentielle, faute de données pour 74-75-76, les données de 81-82-83 ont été reprises. L'incertitude introduite par cette approximation ne suffit cependant pas à expliquer les écarts observés au niveau des lames annuelles.

Le calage du modèle obtenu sur les années 1981 à 1983 n'est donc pas transposable aux années 1974 à 1976. Faute de temps l'analyse de l'origine de ces différences n'a pu être menée. On peut cependant avancer que les conditions climatiques qui régnaient sur le bassin versant de 1974 à 1976 (une sécheresse moins prononcée que dans les années 80) en expliquent vraisemblablement une bonne partie.

## II.2 Analyse de sensibilité

Cette partie ne constitue qu'une approche de l'analyse de sensibilité du modèle car il paraît évident qu'une partie non négligeable des "réactions" du modèle est due aux données utilisées. Pour réaliser une analyse plus complète, il faudrait utiliser des enregistrements provenant de nombreux bassins ayant des régimes différents afin de pouvoir s'affranchir de l'influence de ces données.

Pourtant, l'analyse des variations systématiques des paramètres un à un autour de leur valeur de calage permet de discerner les plus importants d'entre eux. En outre, elle met en exergue des paramètres agissant plutôt sur la production et d'autres agissant plutôt sur le transfert.

La variation systématique de chaque paramètre a conduit à l'obtention de nombreuses pages de listings de résultats qui ne peuvent pas être reproduites intégralement dans ce rapport et dont l'intérêt est limité. L'essentiel des résultats a été reproduit sous forme de courbes données en annexe II.2.

La description détaillée des opérations effectuées au pas de temps journalier provient de la note interne rédigée par H. DOSSEUR au sujet du modèle IBIZA. Elle est donnée en annexe II.3.

En ce qui concerne les dimensions des réservoirs et leur niveau initial, les points suivants peuvent être avancés:

- H0 dimension du réservoir de partition

Cette valeur joue sur la production de façon assez particulière. Jusqu'à une certaine valeur seuil de H0, le réservoir est capable de contenir toute l'eau qu'il reçoit et EC est nul. En dessous de cette valeur, on obtient des débordements EC qui se retrouvent directement à l'exutoire.

- DU0 dimension du réservoir horizon végétal

L'influence de cette valeur sur la production est évidente puisque l'évaporation est prélevée à ce niveau. Pour les données considérées ici, le déficit initial DEFDEB prend une valeur élevée puisqu'au mois de janvier règne la sécheresse.

- HNO dimension du réservoir nappe

Cette valeur influence un peu la production (présence d'une fuite au réservoir P1) mais elle joue surtout sur l'étalement. Le niveau initial HNAPO permet d'obtenir ou non de l'écoulement en début de simulation.

- HNO1 dimension du réservoir ressuyage lent

Ce paramètre influence uniquement le transfert.

Dans le cas de ce bassin, et tous les autres paramètres étant égaux à leur valeur de calage, le paramètre Q n'a aucune influence sur la lame annuelle. Son influence sur l'étalement est très faible.

Paramètre X : (voir courbe E Calc=f(X) en annexe II.2)

Ce paramètre a une grande importance pour le réglage de la fonction de production (concordance des lames annuelles).

D. IBIZA considère ce paramètre comme représentatif de l'hétérogénéité du couvert végétal. Il correspond en quelque sorte au pourcentage non imperméabilisé de la surface du bassin versant. En effet, avec ce paramètre, on peut détourner  $(1-X)\%$  de la pluie journalière directement vers l'eau disponible S. Cette eau disponible S est ensuite répartie entre RS, ruissellement rapide, et les deux réservoirs participant à l'étalement, le réservoir nappe et le réservoir ressuyage lent.

Paramètre XT : (voir courbe  $E \text{ Calc} = f(XT)$  en annexe II.2)

On note une différence de comportement suivant l'année considérée. Pour l'année 1983, la variation de XT n'a aucune influence sur la lame annuelle. Pour les deux autres années, l'influence sur la production est d'autant plus faible que XT est grand et que le total pluviométrique annuel est petit.

Paramètre FN : (voir courbe  $RS = f(FN)$  en annexe II.2)

L'influence de ce paramètre sur la lame annuelle est faible. On a tracé le ruissellement RS en fonction de FN, puisqu'il lui est lié par la relation  $RS = Q \cdot (S - FN)$ . FN permet donc de "réserver"  $Q \cdot FN\%$  du volume S pour le répartir dans les réservoirs nappe et ressuyage lent. Le rôle joué par FN apparaît comme d'autant plus important, relativement, que la pluviosité est élevée.

Les paramètres A1 et R2 permettent respectivement de régler la vidange des réservoirs nappe et ressuyage lent. Il agissent donc sur le transfert de l'eau.

En conclusion les principaux paramètres permettant de régler la lame annuelle sont les suivants : X, DUO, XT (et bien sûr A et COEF qui agissent directement sur les données brutes, si on considère qu'elles ne sont pas représentatives du bassin).

Les principaux paramètres permettant de régler l'étalement de la lame écoulée sont les suivants : FN, A1, R2 ainsi que P1, fuite du réservoir nappe, et P2 qui permet de répartir l'eau entre le réservoir nappe et le réservoir ressuyage lent.

### II.3 Remarques

Lors du calage sur le bassin de la rivière KUO, le principal problème rencontré, résidait dans l'étalement de la lame écoulée afin d'obtenir une bonne concordance mensuelle. Un calage donné permettait une bonne concordance en début de saison des pluies, un autre la permettait pour la fin de la saison des pluies. Le calage choisi représente un compromis, un optimum entre ces deux extrêmes.

Dans le cas de ce bassin, la valeur de H0, dimension du réservoir de partition, est prise grande de telle sorte que EC soit toujours nul. Il n'en serait peut-être pas de même dans des régions beaucoup plus pluvieuses.

## CONCLUSION

## CONCLUSION

La première partie de ce travail nous a confirmé la nécessité de structurer correctement les programmes et de les commenter suffisamment (notice, organigrammes, etc...). Nous avons essayé de respecter cette nécessité afin que le travail effectué soit "utile" et utilisable. A l'heure où l'outil informatique devient accessible au plus grand nombre, il est du ressort de chaque discipline scientifique de mettre à la disposition des utilisateurs des programmes concernant les méthodes les plus utilisées. Afin que ces programmes puissent être correctement et facilement utilisés, un effort reste à fournir au niveau de leur convivialité. Cet effort ne pourra être réalisé que par l'introduction de langages appropriés (type PASCAL, DBASE, ...).

Au cours de la deuxième partie est apparue l'importance de l'archivage des données hydrologiques, afin d'en tirer le meilleur parti. Il apparaît également qu'il faut distinguer les fichiers d'archivage, où le maximum d'information est stocké (commentaires éventuels), et les fichiers opérationnels dépouillés de tout commentaire inutile. Cela nécessite donc la mise en oeuvre d'une chaîne de traitement des données (dépouillage, vérifications, corrections, ...). Celle-ci permet alors de disposer rapidement de toutes les informations existantes.

Les modèles testés, MODGLO et MODIBI, se montrent satisfaisants à un pas de temps mensuel. Il semble impossible de pousser l'interprétation au pas de temps journalier. Cela peut être dû à la nature des bassins, à leur petite taille mais plus

vraisemblablement aux conditions climatiques. En effet, ce type de modèle réagit très fortement à la pluviométrie. Dans le cas de saisons sèches longues et prononcées, les modèles n'arrivent que difficilement à s'adapter. Il paraît intéressant de tester ces "outils" sur des bassins soumis à des pluies plus nombreuses et plus régulières. Leurs réponses devraient s'améliorer sensiblement.



## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

DOSSEUR H. Mai 1986- Description et utilisation de la version 1 du modèle hydropluviométrique MODJQ - Note interne ORSTOM URF4.

IBIZA D. 1984-1985 - Etude de l'infiltration au pas de temps journalier sur des petits bassins versants. Refus à l'infiltration par saturation des réserves souterraines - Cahiers de l'ORSTOM, série hydrologie, Vol XXI n°3 1984-1985.

LAMACHERE J.M. Septembre 1894 - Etude hydrologique des plaines de NIENA-DIONKELE et FOULASSO-LELASSO - Rapport définitif - Tome 8 - Centre ORSTOM de OUAGADOUGOU Section hydrologie.

SERVAT E. 1986 - Description et utilisation du modèle global type "ORSTOM 1974" - Note interne ORSTOM URF4.