



**ÉTUDE MÉTHODOLOGIQUE  
POUR L'UTILISATION DES DONNÉES CLIMATOLOGIQUES  
DE L'AFRIQUE TROPICALE**

**LIVRE III**

**LIVRE DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION ET DES DÉFICITS HYDRICIQUES**

par

**Georges GIRARD**  
Directeur de Recherches de l'ORSTOM

et

**Marcel ROCHE**  
Ingénieur en Chef à l'E.D.F.  
Chef du Département de la Recherche  
Fondamentale du Service Hydrologique de l'ORSTOM

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
MINISTÈRE DE LA COOPÉRATION

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE OUTRE-MER  
SERVICE HYDROLOGIQUE

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES

- - -

ETUDE METHODOLOGIQUE POUR L'UTILISATION DES DONNEES  
CLIMATOLOGIQUES DE L'AFRIQUE TROPICALE

L I V R E    I I I

LIVRE DE L'EVAPOTRANSPIRATION ET DES DEFICITS  
HYDRIQUES

par

Georges GIRARD

Directeur de Recherches de l'ORSTOM

et

Marcel ROCHE

Ingénieur en Chef à l'E.D.F.

Chef du Département de la Recherche  
Fondamentale du Service Hydrologique de l'ORSTOM

République Française

- - -

Ministère de la Coopération

Office de la Recherche Scientifique  
et Technique Outre-Mer

- -

Service Hydrologique

## L I V R E    I I I

### T A B L E   D E S   M A T I E R E S

	Pages
<u>CHAPITRE 1 - L'INSOLATION DANS LES PAYS DU CIEH (AFRIQUE DE L'OUEST ET AFRIQUE CENTRALE)</u>	
1.1 - Recherche de l'information et mise sur cartes	
1.2 - Traitement de contrôle des données	3
1.3 - Traitement statistique des données contrôlées	10
1.4 - Les cartes mensuelles des durées moyennes d'insolation	13
<u>CHAPITRE 2 - PROGRAMME DE CALCUL POUR L'EVAPOTRANSPIRATION</u>	27
2.1 - Les phénomènes et les variables qu'ils définissent	28
2.2 - La détermination de l'ETP	33
2.3 - Programme général pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle	41
2.4 - Programmes divers	57
2.5 - Application du programme général de l'ETP aux données climatiques de CÔTE D'IVOIRE	59
<u>CHAPITRE 3 - TRAITEMENT DES DEFICITS HYDRIQUES</u>	65
3.1 - Concepts et définitions	66
3.2 - Programme de calcul	72
- <u>ANNEXES</u> -	
<u>ANNEXE 1 - CARTES DES DUREES D'INSOLATIONS MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES POUR LES PAYS DU CIEH</u>	
<u>ANNEXE 2 - LISTE FORTRAN DU PROGRAMME GENERAL POUR LE CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE</u>	
<u>ANNEXE 3 - LISTE FORTRAN DU PROGRAMME DE CALCUL, A UN PAS DE TEMPS JOURNALIER, DE L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE PAR LA METHODE DE PENMAN</u>	

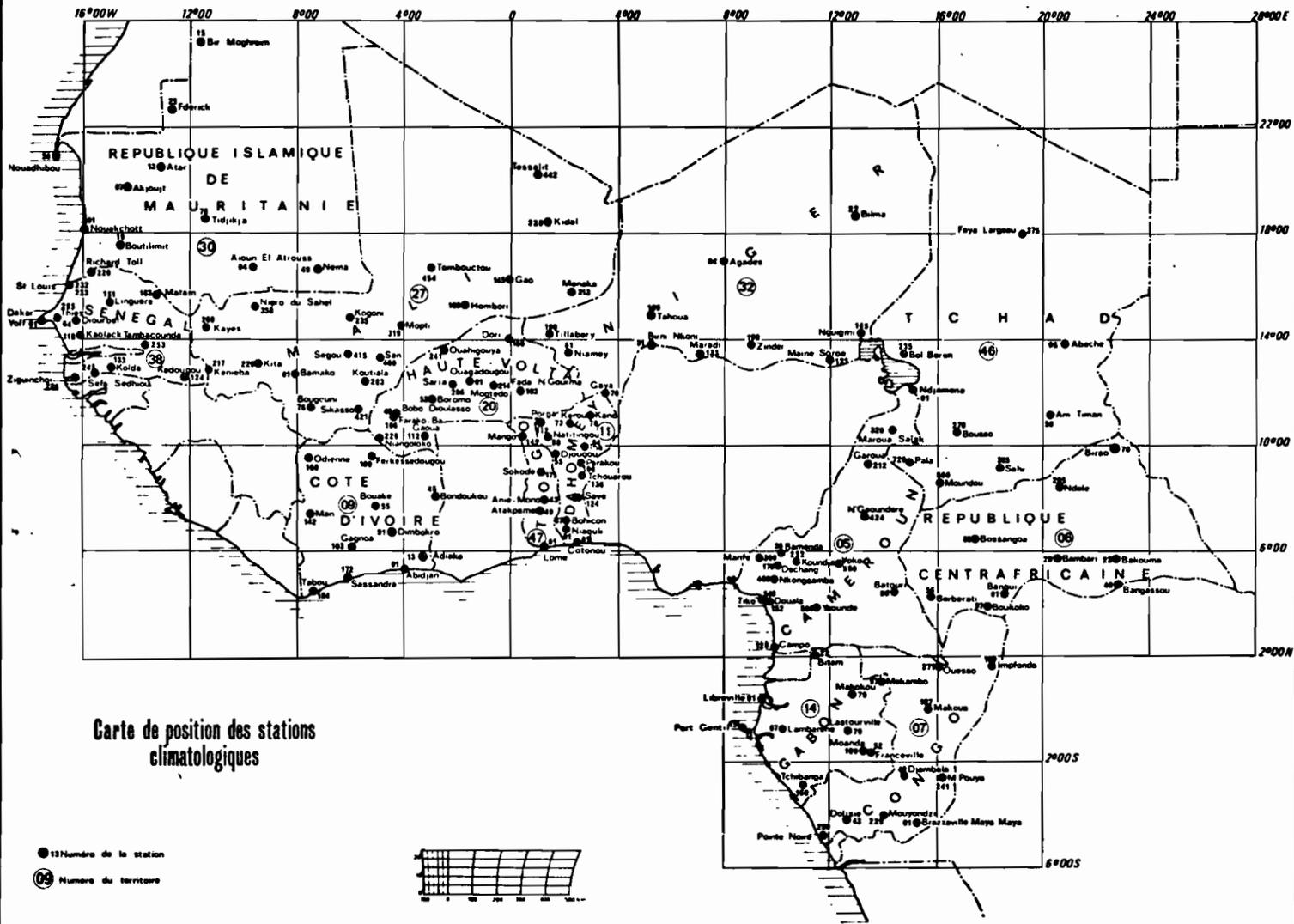
ANNEXE 4 - EXEMPLE D'APPLICATION DU PROGRAMME GENERAL DE CALCUL DE  
L'ETP

RESULTATS OBTENUS POUR FERKESSEDOUGOU, STATION DE CÔTE  
D'IVOIRE

ANNEXE 5 - LISTE FORTRAN DU PROGRAMME POUR LE CALCUL DES DIFFERENTS  
DEFICITS HYDRIQUES

ANNEXE 6 - EXEMPLE DE SORTIE DU PROGRAMME POH 212 (ANNEXE 5)

\* \* \*  
\*



## CHAPITRE 1

### L'INSOLATION DANS LES PAYS DU C I E H (AFRIQUE DE L'OUEST et AFRIQUE CENTRALE)

L'étude de l'insolation à l'échelle mensuelle comporte un ensemble d'opérations préliminaires indispensables avant tout traitement par ordinateur. L'analyse statistique et l'élaboration des cartes mensuelles des durées moyennes d'insolation constituent le dernier stade de ces opérations.

Outre celles des pays du C I E H, les données d'autres pays voisins d'expression française ont été également traitées.

#### 1.1. Recherche de l'information et mise sur cartes :

L'ensemble de l'information à l'échelle mensuelle sur l'insolation a été tirée des documents suivants :

- Extraits des annales des Services Météorologiques de la France d'Outre-Mer publiés par la Direction de la Météorologie Nationale sous l'égide du Ministère de la France d'Outre-Mer et du Ministère des Travaux Publics, des Transports et du Tourisme.

(Territoires de l'Afrique Occidentale Française et Territoire du Togo)

1er volume - Côte d'Ivoire

Dahomey

Haute-Volta

Mali

Mauritanie

Niger

Sénégal

Togo

A1 à A182

2ème volume - Gabon

Moyen Congo

République Centre Afrique

Tchad

B3 à B120

3ème volume - Cameroun

B123 à B163

pour les années 1951 à 1960 inclus.

- Relevés mensuels du temps dans les Républiques :

Centrafricaine  
du Congo  
du Gabon  
du Tchad

publiés par l'A S E C N A pour les années 1961 à 1964.

- Bulletin climatologique mensuel publié par l'A S E C N A dans les Etats :

de Côte d'Ivoire  
du Dahomey  
de Haute-Volta  
du Mali  
de Mauritanie  
du Niger  
du Sénégal  
du Togo

pour les années 1961 à 1972.

L'ensemble de l'information recueillie concerne la période 1951-1972.

Lorsque, pour un mois donné de N jours, le bulletin climatologique mensuel donne un total IM et porte la mention : X jours non observés, si  $X \leq 6$ , on a fait comme si le mois était complet et adopté, comme durée totale d'insolation pour le mois, la valeur IM ( $N/(N - X)$ ), si  $X > 6$ , on considère le total mensuel comme non observé.

Certaines valeurs mensuelles, d'ailleurs assez rares, paraissant anormales au moment de la préparation du tableau, ont été identifiées comme non observées, ou remplacées par la valeur trouvée dans une autre source d'information, ou bien corrigées si l'erreur provenait de l'impression.

Ce premier travail de préparation du tableau de présentation des données fait ressortir combien il serait utile d'indiquer, pour chacune des valeurs, l'origine de la donnée transcrite et éventuellement un commentaire indiquant si une correction a été apportée à l'information brute pour la rendre homogène. Ces indications concernant l'origine du document et une appréciation sur la valeur des données peuvent être introduites dans le fichier sous forme de commentaires de qualité.

La mise sur cartes des données contenues dans le tableau de présentation est réalisée pour chaque station. Le groupe de données pour cette station est précédé d'une carte de définition de la station et est suivi d'une carte blanche fin de fichier.

La carte de définition contient :

- le numéro de la station,
- le type de donnée,
- le nom de l'Etat,
- le nom de la station,
- la latitude en degré, minutes, secondes,
- la longitude en degré, minutes, secondes,
- l'altitude de la station en m,

et éventuellement l'année de mise en service et le mois.

L'ensemble des cartes perforées est contrôlé à la "vérificatrice".

#### 1.2. Traitement de contrôle des données :

Le traitement de contrôle des données consiste à présenter un tableau des données mensuelles et annuelles obtenues directement à partir de l'information contenue sur les cartes CØH 202, puis à tester l'homogénéité de ces données et enfin à déterminer :

- la moyenne des valeurs mensuelles et annuelles,
- l'écart-type,
- le coefficient de variation,
- le coefficient d'assymétrie.

1.2.1. Le tableau des données permet un premier contrôle des données sur le fichier, mais surtout de trouver une valeur douteuse pour un mois ou une année donnée.

De plus, il facilite les travaux de critique des données.

1.2.2. Le test d'homogénéité des données se compose de deux parties :

- porter sur un graphique les valeurs successives de la variable réduite représentant la valeur annuelle de la donnée,
- porter sur le même graphique, en superposition, la somme cumulée de ces valeurs.

Le but de ce test est de détecter visuellement les années pour lesquelles la variable réduite prend une valeur excessive et de vérifier si la variation de la somme ~~annulée~~<sup>cumulée</sup> présente une certaine constance.

La variable réduite  $x_i$  s'écrit :

$$x_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}$$

formule dans laquelle  $\bar{X}$  représente la moyenne des valeurs annuelles de l'insolation  $X_i$  et leur écart-type. Cette valeur  $x_i$  correspond à l'écart, exprimé en écarts-types, entre la valeur de la variable et sa moyenne.

Si la courbe représentative de la somme cumulée de la variable réduite est située dans la zone représentée par les deux bandes distantes de  $\pm 4$  par rapport à l'axe, on doit considérer que les données présentent une certaine homogénéité. Au-delà de cet intervalle, les données présentent une non-homogénéité marquée. Dans ce cas, les groupements, de part et d'autre de l'axe, des points représentatifs de la variable réduite elle-même sont également significatifs.

Le traitement de contrôle des données est réalisé par le programme PØH 211. Il est valable pour toutes les données météorologiques mensuelles et annuelles. Appliqué aux données sur l'insolation mensuelle, ce traitement permet de rejeter certaines d'entre elles. Les résultats de cette étude sont indiqués ci-après :

Côte d'Ivoire :

- ABIDJAN AERO : changement de dépouillement dès septembre 1957  
090001 ou bien mauvais enregistrement de l'insolation.  
Les années 1951 à 1954 sont à exclure.
- BOUAKE : données douteuses de 1951 à 1959  
090055 Acceptables de 1955 à 1972  
Excellentes de 1960 à 1972.
- MAN : en décembre 1966, au lieu de 881 ce serait plutôt  
090142 1881.
- TABOU : valeur exceptionnellement faible en août 1969 -  
090184 28,4 à retenir.

Mali :

BAMAKO : anomalies marquées de 1951 à 1954.  
270001 La valeur mensuelle d'août 1971 est relativement très faible.

GAO : valeur anormale en août 1965  
270145

HOMBORI : valeur anormale en janvier 1959  
270169

MOPTI AERO : anomalies marquées de 1951 à janvier 1955.  
270319

MENAKA : valeur anormale en avril 1963  
270313

SAN : valeur anormale en décembre 1966  
270400

SEGOU : anomalies marquées en 1953 et 1954.  
270415

Haute-Volta :

OUAGADOUGOU : anomalies marquées de 1951 à 1955  
AERO Valeur anormale en avril 1970  
200001

BOBO-DIOULASSO : anomalies marquées de 1951 à janvier 1956  
200040

DORI : existence de deux périodes avec moyenne différente  
200100 de 1956 à 1963 : 8 années 3547 h/an,  
1964 à 1971 : 8 années 3307 h/an.  
Observations non homogènes.

Niger :

NIAMEY AERO : anomalies marquées en 1951 et 1952  
320001 Valeur anormale en avril 1970.

AGADES : valeurs anormales en décembre 1967, janvier 1961,  
320004 mars 1953.

MAÏNE-SOROA : valeurs anormales en mars 1959, mars 1965,  
320121 août 1967.

MARADI : valeur anormale en mai 1969.  
320133

NGUIGMI : valeurs anormales en février 1961, juin 1971.  
320145

TAHOUA : valeur anormale en avril 1970.  
320169

ZINDER : existence d'anomalies marquées de 1951 à 1954,  
320199 particulièrement en janvier et décembre 1952  
et en février 1953.

Tchad :

FORT-LAMY : valeurs anormales en mars 1955, décembre 1956.  
460001

ABECHER : valeur anormale en mars 1961  
460005

BOUSSO : valeur anormale en février 1961.  
460270

Mauritanie :

NOUAKCHOTT : valeurs anormales en janvier 1962, juin et  
300001 juillet 1962, octobre 1957.

AIOUN EL ATROUSS : valeurs anormales en décembre 1968, janvier  
300004 1970, mars 1970.

AKJOUJT : valeur anormale en février 1966.  
300007

ATAR : pour les années incomplètes 1951 à 1956, il  
300013 existe de nombreuses anomalies en novembre 1961,  
janvier-février 1953, septembre 1953, juin,  
décembre 1956.

BIR MOGHREIN : valeur anormale en novembre 1960.  
300015

BOUTILIMIT : valeur anormale en décembre 1962.  
300019

F'DERICK : valeur anormale en juillet 1964.  
300025

NEMA : valeur anormale en juin et novembre 1954  
300049 décembre 1958, 1959, 1963, 1964.

TIDJIKJA : notons qu'il n'existe aucune correspondance  
300070 avec les postes 300004 et 300013.  
Données très dispersées.

Sénégal :

SAINT-LOUIS : Anomalies de 1951 à 1954.  
380232 Valeurs anormales en décembre 1958, janvier  
1959.

DJOURBEL : valeur anormale en juin 1966.  
380064

TAMBACOUNDA : anomalies de 1951 à 1954.  
380253

ZIGUINCHOR : existence de deux périodes avec des moyennes  
380286 non comparables :  
1951 à 1961, soit 11 années : 2399 heures/an;  
1962 à 1971, soit 10 années : 2981 heures/an.

Seule la seconde période présente des données homogènes avec les autres stations.

Togo :

LOME AERO : faiblesse relative des données de 1952 à 1955.  
470001

ANIE-MONO : valeurs exceptionnellement faibles en juin 1963  
470043 et juillet, décembre 1968.

ATAKPAME : valeurs exceptionnellement faibles en janvier  
470049 1963 et novembre 1969.  
Valeur exceptionnellement forte en avril 1960.

Dahomey :

COTONOU : erreur en octobre 1969.  
110001  
DJOUGOU : erreur en juin 1970.  
110055  
NIAOULI : valeur faible en juin 1971.  
110091

Cameroun :

DOUALA : anomalies très marquées de 1951 à 1956.  
50152  
BATOURI : la séquence juin-novembre 1954 semble très  
50080 faible.  
CAMPO : erreurs : novembre et septembre 1951,  
50128 octobre 1953 et juillet 1956.  
GAROUA : erreur en octobre 1966.  
50212

R.C.A. :

BANGASSOU : faiblesse des mesures en 1960 et 1961  
60040 particulièrement décembre 1960 et janvier 1961.  
BANGUI : erreur en janvier 1963.  
60001  
BOSSANGOA : erreurs en mars-avril 1961, juin 1962, mai 1963.  
60085

CONGO-BRAZZA :

IMPFONDO : faiblesse des mesures en 1960 et 1961,  
70100 particulièrement en février et avril 1961.  
MAKOUA : erreur en juillet 1965.  
70187  
BRAZZAVILLE : deux périodes distinctes,  
70001 1956-1961 6 ans : 1652 heures/an,  
1962-1971 10 ans : 1915 heures/an.

Gabon :

FRANCEVILLE : erreur en avril 1967.  
140052

LASTOURVILLE : erreur en juin 1967.  
140070

MEKAMBO : erreur en juillet 1971.  
140097

MOANDA : erreur en mai 1965.  
140109

PORT-GENTIL : erreur en mai 1965.  
140151

Dans cette liste, nous avons porté également les erreurs détectées par la méthode graphique exposée plus loin au paragraphe 1.3.1. Les noms soulignés sont ceux des stations pour lesquelles un manque d'homogénéité est détecté par ce traitement.

1.2.3. La statistique des données brutes :

Pour chaque station, l'ensemble des données mensuelles et annuelles brutes, c'est-à-dire ni corrigées ni sélectionnées, est traité directement.

La moyenne, l'écart-type, le coefficient de variation et le coefficient d'assymétrie des données mensuelles et annuelles permettent, avant tout traitement définitif, de juger de la forme des lois de variation de chacune de ces données et des fluctuations saisonnières de ces déterminations.

Par ailleurs, il est aussi possible d'effectuer visuellement des comparaisons inter-postes à des fins de contrôle.

L'ensemble des valeurs peut servir de base pour présenter les caractéristiques de la donnée météorologique étudiée. Dans le cas de l'étude de l'insolation mensuelle, les cartes de variation spatiale de ces valeurs pourraient être dressées. Cependant, un contrôle inter-stations des données brutes nous semble nécessaire avant la présentation de ces cartes.

### 1.3. Traitement statistique des données contrôlées :

Le traitement statistique particulier des valeurs mensuelles des durées moyennes d'insolation pour l'ensemble des postes climatologiques, autre que les statistiques ponctuelles faites à chacun des postes, demande que ces valeurs présentent entre elles une certaine homogénéité. A deux stations situées sous des latitudes différentes, les durées théoriques d'ensoleillement sont variables ; en l'absence de couverture nuageuse, les durées d'insolation mesurées seront également variables.

Pour éliminer cette variation des durées mensuelles théoriques d'insolation, et bien entendu des données mesurées, il convient de rendre ces valeurs et mesures indépendantes du lieu de mesure, et d'utiliser comme variable l'insolation relative  $n/N$  rapport de la durée d'insolation mesurée à la durée d'insolation théorique. L'insolation relative  $n/N$ , appelée aussi taux d'ensoleillement, sera représentée par la variable  $\tau$  dans la suite de l'exposé.

Pour un mois donné d'une année donnée, les variables  $\tau$  à deux postes voisins ou peu éloignés sont identiques en absence de couverture nuageuse. Pour les autres mois, les comparaisons des valeurs doivent permettre de dégager certaines caractéristiques.

La comparaison inter-stations des variables  $\tau$  apporte donc un contrôle des données spatiales en même temps que la mise en évidence des liaisons possibles entre elles.

Comme la période d'observation mensuelle de la durée d'insolation est relativement courte pour certaines stations, il s'agit de savoir si les corrélations inter-stations sont très fortes et permettent d'effectuer des transpositions des caractéristiques des stations longue durée aux stations à courte durée d'observation.

1.3.1. Le programme PØH 215 réalise un certain nombre d'opérations sur la variable  $\tau$  (taux d'ensoleillement) :

- moyenne ,  $\bar{\tau}$
- variance ,  $\sigma^2$
- asymétrie,
- variables  $\tau$  standardisées mensuellement,
- auto-corrélation des variables standardisées du mois  $MØ$  au mois  $MØ + N$ ,

- liaison inter-stations de toutes les stations étudiées avec leur plus proche voisine,
- corrélation entre données de chaque station avec les NJ stations les plus proches.

### 1.3.2. Résultats obtenus :

Taux d'ensoleillement mensuel - Les taux d'ensoleillement moyens mensuels présentent une variation saisonnière à chacune des stations et, pour l'ensemble des stations, une variation selon la latitude du lieu, la proximité du bord de mer ou de chaînes montagneuses. Ils varient de 0,1 à 0,90 dans cette étude.

La variance des taux d'ensoleillement mensuels à chacune des stations présente une variation saisonnière relativement faible, avec quelques valeurs plus fortes en saison des pluies.

Les valeurs fortes isolées de la variance indiquent toujours la présence d'anomalies dans les données d'entrée.

La variance des taux d'ensoleillement mensuels présente une relative constance dans le temps et dans l'espace pour l'ensemble des stations. Certes, il existe bien des valeurs s'écartant de cette tendance, mais si les nombreuses données anormales étaient retirées de l'ensemble de l'information brute, on obtiendrait certainement confirmation de la constance de cette valeur. Toutes les variables mensuelles  $x = \tau - \bar{\tau}$  suivraient alors une même loi de distribution ( $\tau$  = taux d'ensoleillement mensuel ;  $\bar{\tau}$  = taux d'ensoleillement moyen mensuel).

Pour les mois de janvier, juin et octobre, 70 % des valeurs de la variance du taux d'ensoleillement sont inclus dans l'intervalle 0,04 - 0,07, tandis que 80 % des valeurs ont une variance inférieure à 0,07.

Le coefficient d'assymétrie des taux d'ensoleillement mensuels présente généralement un champ de variation relativement restreint. Dans 70 % des cas bruts, il est compris dans l'intervalle de variation  $\pm 0,5$ . La distribution de la variable  $x$  précédemment définie peut être ainsi valablement représentée par une loi du type gaussique.

Pour chaque station, nous avons recherché si la variable  $y = \frac{x}{\sigma}$ , ou taux d'ensoleillement mensuel standardisé, définie pour chacun des mois  $m$ ,

présentait une corrélation avec cette même variable du mois  $m + J$  ou  $m + J - 12$  de l'année suivante, lorsque  $m + J$  est supérieure à 12. Les résultats montrent que le vecteur d'auto-corrélation présente une homogénéité notable pour les valeurs  $J$  de 1 à 13.

Si cette autocorrélation est faible pour les stations d'ABIDJAN, SASSANDRA, FERKESSEDOUGOU ( $r < 0,15$ ) ; elle reste élevée pour les stations de BOUAKE, ODIENNE, BONDOUKOU ( $0,30 < r < 0,60$ ).

Ces résultats bruts sont difficiles à exploiter actuellement, étant obtenus avec les données d'observations partiellement homogènes. Dans 75 % des cas, la valeur de l'autocorrélation est inférieure à 0,35. Ils permettent de mettre à jour certaines structures des taux d'ensoleillement mensuels, en particulier pour les stations protégées par des écrans montagneux.

Hors du cadre de cette étude, les quelques résultats actuels offrent un choix pour l'orientation des futures investigations concernant l'étude de l'insolation.

#### Liaisons inter-stations des taux d'ensoleillement -

Les taux d'ensoleillement à un poste sont comparés aux taux d'ensoleillement du poste d'observation le plus près de ce dernier. Cette comparaison graphique offre l'avantage de visualiser la liaison entre ces deux postes en ce qui concerne le taux d'ensoleillement, et de mettre en évidence les anomalies sur les valeurs mensuelles. Dans une première étape, on établit ces liaisons pour l'ensemble des stations et dans une seconde étape, on établit ces liaisons pour les seules stations de longue durée.

Pour certains couples de stations, il n'existe, d'après les données, aucune liaison des valeurs mensuelles.

#### Corrélations inter-stations -

Il ne s'agit pas de traiter la corrélation de l'ensemble de tous les postes entre eux, mais, pour chacune des stations, de traiter la corrélation de celle-ci avec les sept plus proches stations seulement.

Par exemple : BOUAKE - ODIENNE  
FERKE - ODIENNE  
BOBODIOULASSO - BOUAKE.

Au Congo et au Gabon, les corrélations inter-stations sont nulles. Dans 80 % des cas, la corrélation inter-postes est comprise entre 0,35 et 0,70 lorsque les distances sont inférieures à 400 km.

#### 1.4. Les cartes mensuelles des durées moyennes d'insolation :

Par souci d'homogénéité de l'information à porter sur les cartes, il conviendrait de procéder de la manière suivante :

- extraction, des données de base, de toutes celles qui présentent des anomalies décelées par les divers tests et considérées comme telles par un ingénieur météorologue,
- extraction de l'information complète pour l'ensemble des données homogènes,
- compléter pour une période donnée, 1951-1972 par exemple, tous les mois sans observations ou à données éliminées à partir de l'information complète,
- établir les moyennes sur cette période.

La critique et le rejet des données par un spécialiste météorologue n'étant pas faite actuellement il est, pour cette première étude, préférable d'éliminer les plus grosses anomalies et de prendre, comme estimation de la valeur moyenne de la période 1951-1972, la valeur moyenne mensuelle de l'insolation sur la période d'observation réelle.

Comme le nombre d'années d'observation est toujours supérieur à 12, l'erreur maximale faite sur la valeur de la moyenne ne dépasse pas 3 %.

Sur les cartes, établies pour les 12 mois de l'année et pour l'année civile, on a tracé les courbes d'iso-enseulement mensuel. Le tableau (1) donne les valeurs moyennes brutes et corrigées, obtenues pour la période d'observation totale mais limitée à 1951-1972. Le tableau (2) donne les valeurs moyennes, obtenues pour la période d'observation 1957-1972, des insolation mensuelles corrigées. Les 2 tableaux présentent l'ensemble des données qui ont permis de tracer les familles de courbes, d'une manière approchée certes, mais sans toutefois présenter des écarts supérieurs à 5 % dans la plus grande majorité des cas.

Les cartes constituent l'annexe 1.

TABLEAU I

INSOLATION MENSUELLE MOYENNE BRUTE SUR LA PERIODE D'OBSERVATION TOTALE  
MAIS TOUTEFOIS LIMITEE A 1951-1972

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
90001	ABIDJAN	223	223	239	214	205	128	137	125	139	215	224	224	2296
90046	BONDOUKOU	249	223	225	214	218	174	121	86	113	101	210	224	2248
90055	BOUAKE	242	224	219	194	208	145	104	82	115	170	191	198	2092
90100	FERKE	279	249	253	229	251	221	183	151	173	245	261	262	2757
90103	GAGNOA	183	180	196	188	181	118	97	80	110	155	171	164	1823
90142	MAN	224	201	201	174	175	118	87	77	125	177	177	190	1926
90160	ODIENNE	268	236	237	216	236	223	179	155	179	237	251	262	2679
90172	SASSANDRA	222	214	229	214	198	116	136	126	147	212	216	218	2248
90184	TABOU	216	217	222	197	165	82	98	86	87	171	200	202	1943
300001	NOUAKCHOTT	(271)	(255)	302	315	319	286	265	269	261	(267)	263	(263)	3336
300004	AIOUN-EL-ATROUS	(268)	(265)	(302)	311	294	273	281	265	258	266	269	(261)	3313
300007	AKJOUJT	270	(266)	317	320	334	310	311	299	266	266	268	272	3499
300013	ATAR	268*	259	313	319	334	312	311	294	251	263	263	256*	3343
300015	BIR-MOGHREIN	257	255	309	320	346	334	319	306	275	272	250	253*	3496
300019	BOUTILIMIT	270	260	310	321	324	302	302	276	265	268	267	251*	3416
300025	FDERICK	261	254*	307	316	334	306	291	290	254	268	255	249	3385
300049	NEMA	283	267	307	301	294	(283)	285	266	267	276	277*	242*	3348
300050	NOUADHIBOU	(270)	251	299	298	322	305	272	283	257	257	251	255	3320
300070	TIDJIKJA	273	264	310	322	314	(266)	301	298	270	280	265	252*	3415

\*: valeurs très faibles - ( ): corrections faites

**TABLEAU I**  
**INSOLATION MENSUELLE MOYENNE BRUTE SUR LA PERIODE D'OBSERVATION TOTALE**  
**MAIS TOUTEFOIS LIMITEE A 1951-1972**  
 (suite 1)

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
380001	DAKAR-YOFF	252	246*	300	301	298	259	229	201	218	248	253	243	3048
380064	DIOURBEL *	281	292	312	305	314	223	252	212	202	268	251	267	3179
380118	KAOLACK	293	279	325	324	326	286	268	225	231	273	(282)	273	3385
380124	KEDOUGOU *	287	264	308	286	272	247	202	185	194	234	259	272	3010
380133	KOLDA *	259	247	282	277	274	227	202	165	178	209	234	238	2792
380151	LINGUERE *	250	257	288	270	247	218	197	188	193	234	230	231	2803
380163	MATAM	279	261	312	311	305	282	273	236	246	274	271	270	3320
380220	RICHARD TOLL *	301	241	274	283	302	268	268	255	267	250	265	276	3250
380232	St. LOUIS o	263	255	305	306	311	257	257	247	231	260	266	254	3212
380245	SEFA SEDHIOU													
380253	TAMBACOUNDA	232*	239*	296	280	264	199	174	154	183	219	238*	202*	2680*
380265	THIES	267	260	325	332	324	276	226	188	221	267	271	257	3214
1951-1961	ZIGUINCHOR	187	208	280	281	272	188	126	110	148	209	226	164	2399 A
380286	ZIGUINCHOR	285	264	311	305	301	242	196	153	170	225	260	270	2982 B
1962-1971	ZIGUINCHOR	236	234	294	293	286	198	160	130	158	217	244	215	2745 A+B

Moyennes établies sur

o : 12 ans - \* : moins de 5 années

\* : valeurs très faibles - ( ) : corrections faites

TABLEAU I

INSOLATION MENSUELLE MOYENNE BRUTE SUR LA PERIODE D'OBSERVATION TOTALE  
MAIS TOUTEFOIS LIMITEE A 1951-1972  
(suite 2)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
CAMEROUN													
050152 DOUALA	(184)	(179)	(170)	(174)	(168)	(107)	(55)	(46)	(79)	(120)	(160)	(175)	(1617)
050056 BAMENDA *	287	242	192	188	205	139	87	87	118	164	277	290	2276
050080 BATOURI	165	174	168	183	198	146	(111)	(100)	(124)	(143)	189	187	(1888)
050128 CAMPO *	186	174	159	167	170	122	110	98	111	97	149	178	1721
050176 DSCHANG *	239	202	173	169	179	134	83	81	112	139	219	255	1985
050212 GAROUA	281	269	265	239	252	220	190	171	194	259	285	297	≡ 2922
050252 KOUNDIA	254	240	209	199	205	173	125	122	133	173	238	268	≡ 2339
050300 MANFE *	206	190	153	167	179	117	82	67	96	133	186	186	≡ 1762
050302 MAROUA SALEK	288	277	265	228	239	214	182	166	192	254	289	301	≡ 2895
050424 N'GAOUNDERE	280	257	220	180	183	149	118	114	129	170	255	289	≡ 2344
050540 TIKO *	170	156	153	175	201	129	62	29	112	120	176	204	≡ 1687
050564 YAOUNDE	177	172	149	153	158	112	85	83	97	120	159	179	≡ 1644
050580 YOKO	243	222	197	191	206	171	109	109	131	174	246	259	≡ 2258

Moyennes établies sur

\* : moins de 5 années

( ) : corrections faites

≡ : très bonne station

TABLEAU I

INSOLATION MENSUELLE MOYENNE BRUTE SUR LA PERIODE D'OBSERVATION TOTALE  
MAIS TOUTEFOIS LIMITEE A 1951-1972  
(suite 3)

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
	RCA													
060001	BANGUI	209	206	197	193	196	165	138	142	147	158	180	221	2152
060022	BAKOUMA *	292	265	286	269	232	216	186	171	200	240	281	321	2959
060028	BAMBARI	260	244	224	218	222	182	159	160	170	186	232	260	2517
060040	BANGASSOU	230*	227	219	203	210	181	157	166	175	184	203	227	(2382)
060055	BERBERETI	208	198	183	193	212	177	139	128	142	158	192	220	2150
060070	BIRAO	289	269	275	256	268	214	191	182	208	263	287	298	3010
060085	BOSSANGO	265	242	211	211	227	188	165	155	172	198	248	266	2548
060097	BOUKOKO *	163	147	153	153	136	123	85	89	71	99	155	183	1557
060205	NDELE	279	263	250	209	222	189	160	151	157	201	277	268	2626
	CONGO													
070001	BRAZZAVILLE	168	152	194	185	188	153	127	149	145	150	157	147	1915
070040	DJAMBALA	147	153	153	154	163	174	159	147	131	137	123	137	1778
070043	DOLISIE	153	164	159	152	151	136	119	105	91	116	128	133	1607
070100	IMPFOMDO	194	179	176	167	182	156	146	145	136	147	160	189	1977
070187	MAKOUA	174	180	189	182	188	170	115	137	132	164	148	192	1971
070229	MOUYONDZI	144	158	175	165	147	100	81	79	78	101	118	122	1468
070271	MPOUYA *	213	185	231	209	210	240	238	205	186	196	164	184	2461
070271	OUESSO	153	158	169	163	178	143	131	123	121	140	146	159	1784
070280	POINTE-NOIRE	157	156	164	160	150	132	119	106	70	93	123	144	1574

Moyennes établies sur

\* : moins de 5 années

\* : valeurs très faibles - ( ) : corrections faites

TABLEAU I

INSOLATION MENSUELLE MOYENNE BRUTE SUR LA PERIODE D'OBSERVATION TOTALE  
MAIS TOUTEFOIS LIMITEE A 1951-1972  
(suite 4)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
GABON													
140001 : LIBREVILLE	173	176	171	166	155	125	121	103	94	109	129	170	1692
140022 : BITAM	110	115	118	131	133	103	78	66	88	109	118	127	1296
140052 : FRANCEVILLE	151	154	164	159	140	104	99	108	116	138	136	139	1608
140067 : LAMBARENE	140	138	150	145	133	71	69	61	55	107	119	132	1320
140070 : LASTOURVILLE	154	155	174	158	153	113	79	75	101	134	130	140	1566
140079 : MAKOKOU	138	145	157	156	156	99	56	49	88	139	136	128	1447
140097 : MEKAMBO *	132	143	150	150	144	89	58	73	86	119	116	125	1385
140109 : MOANDA *	126	154	159	160	165	107	97	76	89	131	134	149	1547
140151 : PORT-GENTIL	143	138	134	131	126	144	155	135	113	106	103	140	1568
140160 : TCHIBANGA	131	137	133	131	111	72	75	65	46	90	110	116	1217
200001 : OUAGADOUGOU	(279)	244	271	(247)	263	(251)	224	184	212	272	275	(270)	(2992)*
200040 : BOBO-DIOU	256	243	257	220	239	220	192	151	187	245	247	246	2701*
200052 : BOROMO	297	247	255	226	258	228	224	187	210	266	268	270	2336
200100 : DORI	302	277	300	270	301	284	273	256	265	304	301	297	3430
200103 : FADA NGOURMA	299	275	286	252	286	259	233	195	216	292	294	291	3178*
200106 : FARAKO-BA *	314	261	273	233	255	267	224	166	198	271	274	278	3014*
200112 : GAOUA	300	255	259	238	259	228	196	154	181	267	279	280	2896*
200214 : MOGTEDO *	314	265	280	214	259	268	240	201	224	187	298	289	3138*
200226 : NIANGOLOKO *	315	254	278	240	262	250	212	171	199	277	273	277	3008
200241 : OUAHIGOUYA	300	277	289	262	285	264	258	236	249	291	293	293	3297
200286 : SARIA *	319	261	291	243	281	279	259	211	232	291	297	280	3244

Moyennes établies sur

\* : moins de 5 années

\* : valeurs très faibles - ( ) : corrections faites

TABLEAU I

INSOLATION MENSUELLE MOYENNE BRUTE SUR LA PERIODE D'OBSERVATION TOTALE  
MAIS TOUTEFOIS LIMITEE A 1951-1972  
(suite 5)

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
: 320001	: NIAMEY	: 284	: 263	: 271	: 248	: 270	: 256	: 246	: 211	: 232	: 286	: 286	: 279	: (3132)
: 320004	: AGADES	: 297	: 279	: 294	: 275	: 300	: 285	: 300	: 282	: 281	: 311	: 299	: 285	: 3488
: 320022	: BILMA	: 296	: 280	: 302	: 292	: 327	: 323	: 338	: 322	: 305	: 320	: 308	: 295	: 3708
: 320031	: BIRNI NKONNI	: 292	: 270	: 280	: 263	: 287	: 282	: 258	: 214	: 255	: 299	: 297	: 292	: 3289
: 320070	: GAYA *	: 299	: 234	: 269	: 276	: 271	: 270	: 232	: 178	: 215	: 276	: 289	: 275	: 3084
: 320121	: MAÏNE-SOROA	: 282	: 272	: (267)	: 263	: 290	: 274	: 250	: 201	: 247	: 299	: 292	: 294	: 3231
: 320133	: MARADI	: 283	: 262	: 268	: 247	: 281	: 286	: 262	: 220	: 249	: 291	: 281	: 272	: 3202
: 320145	: NGUIGMI	: 288	: 269	: 284	: 265	: 299	: 277	: 263	: 237	: 261	: 305	: 296	: 302	: 3346
: 320169	: TAHOUA	: 284	: 257	: 259	: 228	: 277	: 264	: 284	: 248	: 254	: 291	: 285	: 284	: 3215
: 320190	: TILLABERY(5)	: 297	: 259	: 277	: 250	: 292	: 263	: 260	: 237	: 246	: 288	: 283	: 284	: 3236
: 320199	: ZINDER	: 276	: 258	: 269	: 258	: 284	: 266	: 251	: 223	: 257	: 291	: 283	: 280	: (3196)
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
: 460005	: ABECHER	: 312	: 291	: 289	: 297	: 304	: 287	: 243	: 205	: 257	: 307	: 311	: 316	: 3419
: 460050	: AM-TIMAN *	: 316	: 294	: 302	: 275	: 293	: 264	: 184	: 184	: 221	: 301	: 316	: 327	: 3277
: 460235	: BOL BERIM *	: 314	: 270	: 314	: 282	: 307	: 315	: 261	: 220	: 247	: 297	: 310	: 310	: 3444
: 460270	: BOUSSO	: 290	: 270	: 269	: 245	: 265	: 222	: 193	: 171	: 188	: 255	: 284	: 291	: 2943
: 460375	: FAYA-LARGEAU*	: 300	: 267	: 315	: 315	: 341	: 341	: 351	: 328	: 316	: 327	: 314	: 306	: 3821
: 460385	: SARH-Ft. ARCH.	: 272	: 255	: 240	: 227	: 237	: 200	: 167	: 158	: 174	: 222	: 267	: 274	: 2693
: 460660	: MOUNDOU	: 278	: 261	: 250	: 220	: 243	: 200	: 172	: 162	: 179	: 233	: 283	: 299	: 2780
: 460720	: PALA	: 299	: 279	: 278	: 244	: 261	: 204	: 193	: 170	: 194	: 254	: 293	: 310	: 2979
: 460001	: NDJAMENA	: 301	: 284	: 275	: 269	: 275	: 247	: 210	: 185	: 219	: 285	: 299	: 310	: 3159

Moyennes établies sur

\* : moins de 5 années

( ) : corrections faites

TABLEAU I

INSOLATION MENSUELLE MOYENNE BRUTE SUR LA PERIODE D'OBSERVATION TOTALE  
MAIS TOUTEFOIS LIMITEE A 1951-1972  
(suite 6)

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
270001	BAMAKO AERO	266	250	274	239	232	230	204	169	202	240	252	242	(2800)
270076	BOUGOUNI *	286	249	266	240	256	242	213	177	204	256	254	269	2912
270145	GAO	290	270	292	282	297	270	285	268	275	294	292	273	3389
270169	HOMBORI	272	273	294	274	276	254	256	253	268	296	287	273	3276
270208	KAYES	262	241	298	288	269	235	209	189	221	249	257	236	(2954)
270217	KENIEBA	272	260	295	286	270	241	186	160	190	244	260	269	2933
270220	KIDAL	297	271	308	298	314	278	309	294	279	304	293	276	3521
270229	KITA	281	269	292	274	264	248	213	181	204	257	269	278	3033
270235	KOGONI *	294	267	301	248	285	289	260	274	257	299	272	259	3305
270283	KOUTIALA *	305	269	284	249	274	269	250	212	237	281	283	299	3212
270313	MENAKA	286	270	286	268	279	268	272	263	265	298	286	283	3324
270319	MOPTI AERO	260*	253*	276*	247*	251*	244*	234*	218*	238*	272*	266*	232*	(2990)*
270358	NIORO DU SAHEL	285	257	297	278	283	267	248	236	253	267	259	262	3192
270400	SAN	305	264	278	259	281	270	254	233	243	289	278	258	3212
270415	SEGOU	292	274	295	267	269	266	250	221	241	284	282	281	3222
270421	SIKASSO	272	241	241	220	244	233	209	173	183	242	254	263	2775
270442	TESSALIT	294	(277)	304	297	307	267	283	280	264	285	275	262	(3396)
270454	TOMBOUCTOU	284	271	299	291	304	283	297	281	278	294	286	277	3445

Moyennes établies sur

\* : moins de 5 années

\* : valeurs très faibles - ( ) : corrections faites

TABLEAU I

INSOLATION MENSUELLE MOYENNE BRUTE SUR LA PERIODE D'OBSERVATION TOTALE  
MAIS TOUTEFOIS LIMITEE A 1951-1972  
(suite 7)

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
470001	(LOME AERO)	216	218	229	210	208	140	127	142	160	210	240	236	(2336)
470043	ANIE-MONO	214	207	212	188	205	152	102	95	126	197	223	200	2121
470049	ATAKPAME	249	222	229	208	222	169	108	92	116	208	245	259	2327
470145	MANGO	285	254	270	241	261	219	168	131	161	273	284	279	2826
470175	SOKODE	270	250	242	215	221	170	116	103	131	220	250	267	2455
110001	COTONOU	213	216	225	210	211	138	122	147	157	199	238	232	2308
110037	BOHICON	215	204	216	198	224	158	99	78	101	187	226	223	2129
110055	DJOUGOU *	274	225	254	(210)	211	157	130	97	149	251	261	249	2468
110064	INA *	256	228	236	269	226	209	142	127	147	236	256	253	2585
110070	KANDI	281	259	267	244	262	239	206	165	195	278	283	282	2961
110073	KEROU *	269	221	263	263	259	217	151	132	161	251	278	262	2727
110083	NATITINGOU	281	250	250	232	241	195	153	111	141	227	265	263	2609
110091	NIAOULI *	184	171	214	164	186	164	109	72	94	151	186	193	1890
110106	PARAKOU	261	243	252	230	239	193	133	104	129	217	252	248	2501
110112	PORGA *	266	240	247	279	244	251	187	148	173	246	247	230	2758
110124	SAVE	227	227	239	222	236	183	110	89	120	193	230	234	2310
110136	TCHAOUROU	240	235	240	218	214	170	111	91	120	194	226	241	2300

Moyennes établies sur

\* : moins de 5 années

( ) : corrections faites

≡ très bonne station

TABLEAU II

INSOLATION MENSUELLE MOYENNE SUR LA PERIODE  
D'OBSERVATION LIMITEE A 1957-1972

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
: 270001	: 273	: 256	: 279	: 245	: 246	: 240	: 219	: 173	: 211	: 249	: 261	: 264	: 2916
: 270145	: 293	: 273	: 294	: 279	: 303	: 271	: 291	: 270	: 280	: 302	: 293	: 278	: 3425
: 270169	: 288	: 273	: 294	: 274	: 276	: 253	: 255	: 254	: 266	: 295	: 286	: 273	: 3288
: 270208	: 268	: 245	: 297	: 292	: 278	: 243	: 222	: 191	: 230	: 256	: 263	: 262	: 3049
: 270217	: 272	: 260	: 295	: 286	: 271	: 272	: 187	: 160	: 190	: 244	: 260	: 269	: 2936
: 270220	: 297	: 272	: 306	: 296	: 317	: 276	: 310	: 294	: 282	: 304	: 293	: 277	: 3523
: 270229	: 281	: 270	: 292	: 274	: 264	: 249	: 214	: 181	: 204	: 258	: 269	: 278	: 3033
: 270313	: 287	: 271	: 286	: 268	: 279	: 268	: 272	: 262	: 266	: 297	: 285	: 283	: 3323
: 270319	: 282	: 267	: 287	: 257	: 265	: 251	: 245	: 227	: 247	: 283	: 279	: 269	: 3157
: 270415	: 289	: 275	: 297	: 268	: 272	: 272	: 258	: 222	: 246	: 287	: 285	: 289	: 3250
: 270421	: 273	: 241	: 241	: 220	: 244	: 233	: 210	: 172	: 184	: 243	: 253	: 263	: 2778
: 270442	: 292	: 274	: 300	: 295	: 312	: 266	: 279	: 287	: 265	: 284	: 279	: 268	: 3401
: 270454	: 284	: 271	: 299	: 291	: 304	: 283	: 297	: 281	: 279	: 296	: 285	: 280	: 3449
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
: 200001	: 288	: 258	: 278	: 247	: 274	: 258	: 235	: 192	: 218	: 282	: 283	: 282	: 3094
: 200040	: 286	: 253	: 259	: 217	: 248	: 230	: 199	: 147	: 188	: 252	: 259	: 270	: 2807
: 200100	: 302	: 276	: 297	: 268	: 299	: 283	: 271	: 253	: 262	: 301	: 298	: 295	: 3407
: 200103	: 299	: 276	: 286	: 248	: 285	: 257	: 232	: 195	: 217	: 291	: 294	: 292	: 3170
: 200241	: 301	: 277	: 289	: 262	: 285	: 264	: 258	: 236	: 249	: 291	: 293	: 292	: 3297

TABLEAU II  
 INSOLATION MENSUELLE MOYENNE SUR LA PERIODE  
 D'OBSERVATION LIMITEE A 1957-1972  
 (suite 1)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
: 320001	: 289	: 269	: 283	: 248	: 283	: 262	: 256	: 218	: 242	: 292	: 291	: 286	: 3220
: 320004	: 294	: 281	: 299	: 272	: 310	: 287	: 305	: 284	: 282	: 311	: 300	: 284	: 3510
: 320022	: 298	: 280	: 310	: 292	: 336	: 324	: 342	: 328	: 314	: 321	: 309	: 296	: 3750
: 320031	: 288	: 271	: 285	: 260	: 291	: 284	: 267	: 221	: 258	: 301	: 297	: 293	: 3316
: 320121	: 276	: 274	: 280	: 260	: 293	: 281	: 258	: 223	: 252	: 300	: 294	: 295	: 3288
: 320145	: 288	: 277	: 284	: 265	: 299	: 281	: 264	: 238	: 263	: 305	: 297	: 301	: 3363
: 320199	: 291	: 278	: 289	: 265	: 306	: 293	: 271	: 235	: 269	: 300	: 295	: 295	: 3388
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
: 460001	: 302	: 290	: 290	: 270	: 280	: 252	: 217	: 189	: 225	: 290	: 303	: 311	: 3218
: 460005	: 314	: 292	: 288	: 296	: 313	: 294	: 250	: 210	: 260	: 310	: 310	: 320	: 3459
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
: 380001	: 253	: 249	: 303	: 301	: 299	: 259	: 233	: 204	: 219	: 254	: 256	: 249	: 3078
: 380118	: 291	: 275	: 323	: 320	: 323	: 283	: 267	: 226	: 232	: 272	: 283	: 276	: 3372
: 380163	: 279	: 261	: 312	: 309	: 310	: 281	: 272	: 239	: 250	: 272	: 272	: 270	: 3327
: 380232	: 253	: 253	: 304	: 305	: 310	: 256	: 257	: 242	: 236	: 261	: 263	: 246	: 3186
: 380253	: 256	: 242	: 299	: 277	: 265	: 209	: 181	: 155	: 188	: 221	: 245	: 226	: 2765
: 380265	: 271	: 261	: 328	: 334	: 331	: 281	: 228	: 185	: 226	: 271	: 278	: 271	: 3268
: 380286	: 258	: 243	: 304	: 301	: 296	: 216	: 177	: 140	: 167	: 228	: 255	: 248	: 2829

TABLEAU II

INSOLATION MENSUELLE MOYENNE SUR LA PERIODE  
D'OBSERVATION LIMITEE A 1957-1972  
(suite 2)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
: 300001 :	267	250	302	311	320	284	271	265	266	263	268	267	3333
: 300004 :	267	263	304	309	292	273	282	265	259	263	266	262	3306
: 300007 :	271	265	318	218	336	310	312	300	267	263	267	276	3504
: 300013 :	276	264	322	325	341	325	317	303	264	265	273	267	3541
: 300019 :	270	260	310	321	324	303	300	276	264	268	268	256	3420
: 300025 :	260	256	308	315	334	310	306	288	253	268	264	258	3419
: 300049 :	286	271	310	305	300	288	292	270	269	279	283	246	3397
: 300050 :	271	248	300	295	315	303	275	281	261	260	257	264	3332
: :	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
: 90001 :	226	223	241	213	208	129	138	124	141	211	225	224	2302
: 90055 :	234	219	217	190	202	139	101	81	113	170	187	198	2052
: 90100 :	280	248	255	228	255	226	196	153	174	248	259	261	2782
: 90103 :	182	181	199	187	181	118	100	80	107	157	168	161	1822
: 90142 :	220	200	197	168	175	117	90	73	124	177	175	181	1898
: 90160 :	246	220	238	209	239	218	176	152	174	228	241	242	2583
: 90172 :	222	214	230	212	203	116	140	126	148	217	219	222	2268
: 90184 :	216	217	220	195	169	84	104	89	88	178	203	204	1968

**TABLEAU II**  
**INSOLATION MENSUELLE MOYENNE SUR LA PERIODE**  
**D'OBSERVATION LIMITEE A 1957-1972**  
 (suite 3)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
: 50152	: 184	: 179	: 170	: 174	: 169	: 107	: 55	: 46	: 79	: 120	: 160	: 175	: 1618
: 50080	: 166	: 178	: 175	: 187	: 206	: 150	: 106	: 96	: 120	: 139	: 191	: 184	: 1898
: 50212	: 283	: 273	: 275	: 239	: 256	: 219	: 192	: 174	: 196	: 269	: 289	: 299	: 2965
: 50252	: 260	: 245	: 217	: 198	: 208	: 179	: 125	: 117	: 132	: 172	: 243	: 269	: 2364
: 50320	: 288	: 277	: 270	: 228	: 241	: 213	: 183	: 168	: 194	: 254	: 289	: 302	: 2907
: 50424	: 288	: 264	: 235	: 180	: 189	: 153	: 120	: 112	: 131	: 170	: 264	: 294	: 2401
: 50564	: 178	: 175	: 158	: 154	: 158	: 114	: 84	: 82	: 96	: 122	: 168	: 178	: 1665
: 50580	: 245	: 226	: 204	: 188	: 207	: 172	: 110	: 106	: 130	: 177	: 251	: 256	: 2272
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
: 140001	: 170	: 178	: 174	: 164	: 155	: 124	: 120	: 91	: 96	: 111	: 129	: 170	: 1682
: 140067	: 142	: 146	: 156	: 143	: 131	: 77	: 72	: 57	: 55	: 111	: 123	: 139	: 1351
: 140070	: 153	: 155	: 174	: 158	: 153	: 113	: 79	: 75	: 101	: 134	: 130	: 140	: 1565
: 140079	: 138	: 145	: 157	: 156	: 156	: 99	: 56	: 49	: 88	: 139	: 136	: 128	: 1447
: 140052	: 147	: 158	: 175	: 165	: 140	: 99	: 101	: 103	: 111	: 144	: 135	: 140	: 1618
: 140151	: 142	: 138	: 138	: 132	: 125	: 143	: 156	: 130	: 116	: 109	: 104	: 141	: 1574
: 140160	: 131	: 137	: 133	: 131	: 111	: 72	: 75	: 65	: 46	: 90	: 110	: 116	: 1217

TABLEAU II

INSOLATION MENSUELLE MOYENNE SUR LA PERIODE  
D'OBSERVATION LIMITEE A 1957-1972  
(suite 4)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
60001	211	209	204	194	197	171	139	146	146	158	182	222	2180
60040	230	227	219	203	210	181	157	166	176	185	205	229	2387
60055	211	198	188	193	213	176	136	130	144	158	192	222	2159
60085	266	241	215	210	227	188	163	155	173	199	247	263	2546
470001	228	226	240	213	221	132	126	143	164	219	244	243	2399
470043	214	208	212	188	206	159	108	95	126	197	223	200	2136
470049	248	232	230	200	223	167	108	94	117	211	244	259	2333
470145	233	252	270	238	261	218	167	129	160	276	284	277	2814
470175	271	250	243	211	216	165	115	103	131	227	251	266	2451
110001	216	220	230	207	213	130	121	147	157	211	237	232	2320
110070	279	259	268	241	265	242	216	169	193	280	283	283	2976
110136	241	246	247	216	213	163	117	100	115	206	232	240	2337
70001	160	158	186	179	169	141	130	143	138	144	152	141	1841
70010	193	178	176	164	180	160	144	147	135	145	155	189	1965
70280	161	156	170	161	156	136	123	103	72	95	124	150	1607

## CHAPITRE 2

### PROGRAMMES DE CALCUL POUR L'EVAPOTRANSPIRATION

La mesure de l'ETP, et plus récemment celle de l'ETR tendent à se généraliser, soit dans les stations agroclimatologiques, soit dans les rares stations spécialisées de bioclimatologie. Elles sont, de plus, très souvent incluses dans les programmes des bassins représentatifs ou expérimentaux, ou dans les programmes d'exploitation des parcelles expérimentales.

Ces données ainsi recueillies sont pourtant encore loin de suffire aux besoins de l'application et il est indispensable de s'appuyer, pour l'estimation d'ETP et ETR, sur des données climatiques plus couramment disponibles et surtout disponibles sur de plus longues périodes. C'est le rôle des calculs basés sur des formules qui mettent en jeu, ou expriment de façon plus ou moins empirique, les relations entre l'évaporation et ses facteurs conditionnels.

Si l'on s'en tient au seul "phénomène physique", c'est-à-dire si on ne tient pas compte, provisoirement, de la qualité des observations et de la précision des méthodes de mesure, ces facteurs n'ont pas tous la même "valeur explicative" du phénomène évaporation. Or l'utilisateur n'a pas le choix des données disponibles, créées par des réseaux de stations sur lesquels il n'intervient pas, au moins pas directement. Son problème pratique va donc se poser de la façon suivante :

- j'ai à déterminer, par exemple, l'évapotranspiration potentielle annuelle et sa répartition mensuelle en un point A,
- je dispose à ce point, ou en un point voisin plus ou moins représentatif du phénomène au point A, des observations sur des phénomènes climatiques FC1, FC2, ... que je sais être, à des titres divers, des facteurs conditionnels de l'ETP. On sait de plus que ces facteurs sont classés par valeur explicative décroissante, autrement dit que FC1 est plus "explicatif" que FC2, FC2 que FC3 etc.,
- il est logique de ma part d'élaborer mes estimations à partir de FC1 lorsque j'en dispose, puis de FC2 etc., en combinant au besoin plusieurs facteurs.

Pour être complet, il faudrait en plus estimer l'influence de la dispersion spatiale de chaque facteur : il peut être plus intéressant d'utiliser FC2 que FC1 si les données disponibles pour FC2 sont tirées d'observations effectuées dans un milieu climatique se rapprochant plus de celui du point A. Dans l'application, ce n'est pas toujours très simple.

Du point de vue de la méthodologie générale du calcul, lorsqu'on a défini la liste et le classement des FCi, il faut se donner une ou des expressions, généralement sous forme de formules mathématiques, des relations entre ETP (ou ETR) et les FCi. Ces expressions peuvent être établies uniquement par des considérations statistiques (régressions simples ou multiples). Elles peuvent aussi être, au moins partiellement, basées sur des considérations déterministes. Le rôle des stations bioclimatologiques est primordial pour l'affinement de ces relations.

Il faut enfin écrire les programmes de calcul. Comme tous les programmes de traitement de données, ceux-ci comportent une partie d'extraction et d'organisation des données qui peut-être commune à toutes les formes de traitements, une partie de choix de la ou des méthodes les mieux adaptées compte tenu des données effectivement disponibles, une partie concernant le calcul à proprement parler et une partie de présentation des résultats.

L'extraction et l'organisation sont déjà traitées, au moins dans leur généralité, dans le livre des traitements systématiques. On n'a pas hésité néanmoins à répéter au besoin des notions déjà exposées, afin d'être aussi clair que possible.

## 2.1. Les phénomènes et les variables qu'ils définissent :

2.1.1. La terminologie de l'évaporation est bien connue. On la rappellera brièvement :

- E : évaporation sur nappe d'eau libre (grande surface) exprimée en mm/jour, en mm ou m par an,
- EBACi : évaporation sur bac (en eau libre) : i spécifie la nature du bac et éventuellement son mode d'exploitation,
- EPEN : évaporation (ou ETP) calculée par la formule de PENMAN classique,
- ETP : évapotranspiration potentielle,
- ETR : évapotranspiration réelle,

- Rg : rayonnement solaire global (en  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{J}^{-1}$  ou en équivalent de lame d'eau évaporée :  $\text{mm}.\text{J}^{-1}$ ),  
RN : rayonnement net,  
T : température de l'air, généralement utilisée sous forme de moyenne journalière ou mensuelle ( $^{\circ}\text{C}$ ),  
e : pression partielle de vapeur d'eau dans l'air (mb),  
V : vitesse du vent généralement exprimée en  $\text{m}.\text{s}^{-1}$ .

Bien d'autres variables interviennent à un stade ou l'autre des calculs. On les verra apparaître au fur et à mesure des besoins.

### 2.1.2. Calculs préparatoires concernant certaines variables :

Nombre de facteurs conditionnels ne sont pas évalués directement, mais par l'intermédiaire de valeurs physiques qui servent de référence. Ou bien ces termes de référence sont utilisés pour réduire les données climatiques réelles et faciliter la transposition géographique. D'autres calculs évoqués sous cette rubrique concernent les constantes physiques qui interviennent dans le phénomène et dans certaines de ses formulations.

#### 2.1.2.1. Valeur théorique de la durée du jour et rayonnement global théorique du soleil en l'absence d'atmosphère :

Les déterminations de ces deux variables seront traitées simultanément, car elles font appel à des notions communes.

##### 2.1.2.1.1. Rayonnement global théorique du soleil en l'absence d'atmosphère :

Pour calculer la valeur journalière du rayonnement global théorique du soleil ( $R_{ga}$ ), on utilisera la formule de base  $\frac{dR_{ga}}{dt} = \frac{J_0}{r^2} \cos Z$  donnant le rayonnement théorique solaire atteignant une surface horizontale en l'absence d'atmosphère, au temps t, heure solaire, où  $J_0$  est la constante solaire égale à  $1,94 \text{ cal. cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$ , soit  $2793,6 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{J}^{-1}$ .

- r (rayon vecteur de la terre) est la distance du centre de la terre au centre du soleil, exprimée par rapport au demi-grand axe de l'orbite terrestre,
- Z est la distance zénithale du soleil.

Des formules empiriques qui donnent r et z avec une précision suffisante en fonction du numéro du jour civil de l'année sont :

$$r = 1 + 0,01674 \sin \left[ \frac{\pi(J - 94)}{184} \right]$$

$$\cos Z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos b$$

dans lesquelles  $\varphi$  = latitude du lieu en radian

$\delta$  = déclinaison du soleil en radian au jour J, déduite de la formule empirique :

$$\delta = 23,45 \sin \left[ \frac{\pi(J - 82)}{184} \right] - \frac{\pi}{180}$$

t (en heures) étant lié à b (en radian) par  $t = 12 \left( 1 + \frac{b}{\pi} \right)$

En intégrant et en simplifiant, on obtient finalement :

$$R_{GA} = \frac{J_0}{\pi r^2} \left[ h \sin \varphi \cdot \sin \delta + \sin h \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \right]$$

avec  $h = \arcsin (-\tan \varphi \cdot \tan \delta)$ .

#### 2.1.2.1.2. Rayonnement global approché du soleil en l'absence d'atmosphère :

En dehors de la formule théorique de calcul développé ci-dessus, il est possible de prendre comme valeur approchée de ce rayonnement global une valeur interpolée linéairement par rapports aux valeurs théoriques calculées pour les latitudes données 0°, 10° N et 20° N.

Les écarts constatés entre les résultats fournis par le calcul théorique et le calcul approché ne sont pas supérieurs à 2 % de la valeur exacte.

De plus, cette formule permet une détermination généralisée de la valeur du rayonnement global en tous points de la latitude donnée.

#### 2.1.2.1.3. Durée théorique d'insolation :

La durée théorique d'insolation  $S_0 = \frac{24}{\pi} h + 0,22$  en heures sera calculée pour chaque jour de l'année dans les calculs de détermination de l'évapotranspiration potentielle journalière. La durée de l'insolation moyenne mensuelle sera prise simplement égale à la durée du quinzième jour du mois. h est défini comme en 2.1.2.1.1.

Les durées calculées ont été comparées à celles qu'on obtient à partir des évaluations faites par interpolation linéaire compte-tenu de la latitude du lieu. Les écarts constatés sont relativement importants (de l'ordre de 10 %).

Cependant, l'avantage de l'application de cette formule est de rendre généralisable la détermination de la durée théorique à l'aide seulement de la latitude de la station météorologique.

2.1.2.2. Tension de vapeur saturante et pente de la courbe de tension de vapeur en fonction de la température :

Il existe des tables qui donnent la valeur de la tension de vapeur d'eau saturante exprimée soit en mb, soit en mm Hg pour diverses températures exprimées en degré centigrade, ROCHE [ 6 ] , RIQUIER [ 7 ] .

Des formules donnent également une valeur approchée de la tension de vapeur saturante :

$$\text{Log } e_{(\text{mb})} = \frac{457 + 20 t_{(\text{°C})}}{252 + t_{(\text{°C})}} \quad (1) \text{ PERRIN DE BRICHAMBAUT [ 4 ]}$$

$$e_{(\text{mb})} = 6,11 \cdot e^{\text{RML} \left( \frac{1}{273} - \frac{1}{T_{(\text{°K})}} \right)} \quad (2) \text{ FORTIN [ 8 ]}$$

$$\text{RML} = 5371$$

Pour des températures de 20°C et 40°C, les valeurs des tensions de vapeur saturante calculées d'après ces tables ou ces formules, exprimées dans les mêmes unités (mb) :

20°	40°
23,4	73,8
22,9	72,4
23,5	75
23,4	76

diffèrent de 2 à 5 %.

Dans le cadre de cette étude et afin de rendre plus générales les déterminations de l'évapotranspiration potentielle, on a adopté la formule (2) qui a l'avantage d'être simple.

En ce qui concerne la pente de la courbe de tension de vapeur saturante en fonction de la température, deux possibilités ont été envisagées :

- utiliser une fonction obtenue par dérivation de la formule (2) qui a l'avantage d'être générale,
- utiliser une table qui donne pour chaque degré centigrade, de 1 à 50°C, la pente exacte de la courbe, les valeurs intermédiaires étant obtenues par une interpolation linéaire classique.

Ces deux méthodes sont utilisées dans les programmes.

2.1.2.3. Fonction  $\lambda$  ( $\theta$ ) :

La formule de BOUCHET [3], dite du "Piche" corrigé, utilise la fonction  $\lambda$  ( $\theta$ ) dont la définition est rappelée ci-dessous.

D'autres formules utilisent cette fonction pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle, aussi il convenait d'en introduire les valeurs pour des températures variant de 1 à 50°C. Les valeurs obtenues par le programme de calcul ont été comparées à celles qu'on trouve dans les tables.

Elle s'écrit :  $\lambda$  ( $\theta$ ) =  $\frac{L.D.F'(\theta)}{K.B}$  avec

- L : chaleur latente de vaporisation de l'eau exprimée en cal. cm<sup>-3</sup>,  
D : coefficient de diffusion moléculaire de la vapeur d'eau dans l'air (vapeur d'eau en concentration tension de vapeur en mb flux en g.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>)  
K : coefficient de conductivité moléculaire de la chaleur pour l'air sec exprimé en cal.cm<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>  
 $\beta$  : coefficient  $\beta = \left(\frac{DC}{K}\right)^{1/3}$  (C.  $\rho$  étant la chaleur spécifique de l'air par unité de volume)  
F'( $\theta$ ) : dérivée de la fonction F( $\theta$ ) qui représente la variation de la tension de vapeur saturante de l'air à la température  $\theta$ , par rapport à la température.

En dehors du terme  $\beta$  qui est pris généralement égal à 1, les termes L, D, K, F ( $\theta$ ) sont variables avec  $\theta$  :

- L = 597,3 - 0,566  $\theta$        $\theta$  en °C    L en cal.cm<sup>-3</sup>  
D =  $\frac{0,622}{760} \cdot 10^{-4} (2,884 + 0,00841.\theta)$     D en g.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>  
K = (0,580 + 0,001682. $\theta$ ) 10<sup>-4</sup>      K en cal.cm<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>  
F'( $\theta$ )  $\neq e^{0,12(3 + 0,4\theta)}$       F' ( $\theta$ ) peut aussi être pris directement sur la courbe de variation de F ( $\theta$ )  
F' ( $\theta$ ) en mb.°C<sup>-1</sup>.

## 2.2. La détermination de l'ETP :

Les méthodes indiquées pour l'estimation de l'ETP font assez largement appel à l'expérience de l'ORSTOM en la matière.

### 2.2.1. Traitements réalisés à partir d'un seul groupe de données :

#### 2.2.1.1. Evaporation sur bac d'eau libre :

Les diverses études réalisées par l'ORSTOM ont montré que l'évapotranspiration potentielle ETP pouvait être obtenue à partir des évaporations mesurées sur bac, en introduisant un coefficient de passage mensuel variable avec la latitude (RIOU [2]).

Pour un environnement identique, la correspondance entre Bac de classe A et Bac ORSTOM enterré est constante quel que soit le lieu.

$$E \text{ Bac "A"} = 1,13 E \text{ Bac ORSTOM enterré.}$$

L'évaporation de PENMAN calculée pour une surface d'eau est égale à l'évaporation d'un bac ORSTOM enterré placé dans une pelouse irriguée de 400 m<sup>2</sup>, sauf en période humide où elle est supérieure.

La correspondance entre l'évaporation d'un bac ORSTOM enterré placé dans une pelouse irriguée et l'évaporation d'un bac ORSTOM enterré placé dans une zone dénudée s'exprime par la relation :

$$E \text{ Bac pelouse} = \alpha \cdot E \text{ Bac sol nu}$$

$\alpha$  varie, selon l'importance de l'évaporation, de 0,70 à 0,96.

Enfin, le tableau récapitulatif des liaisons entre évaporation sur bac Colorado enterré dans une zone dénudée et évapotranspiration potentielle pour toutes les stations étudiées par RIOU [2] permet de relier la variation du coefficient de passage à la latitude.

Les coefficients  $\alpha$  choisis pour les latitudes 5,10 et 15° Nord ont été introduits en mémoire du sous-programme de traitement des données "bac". Chaque fois, une interpolation linéaire est exécutée, sauf à l'extérieur de cet intervalle où seules les valeurs extrêmes sont utilisées.

Selon le type de bac utilisé pour les mesures, les évaporations mesurées sont ramenées à celles qui auraient été observées à l'aide d'un bac ORSTOM enterré placé dans une zone dénudée. On applique alors le coefficient  $\alpha$  interpolé pour obtenir la valeur de l'évapotranspiration potentielle.

Le sous-programme ETP BAC, dont la logique est présentée figure 1, assure la détermination de l'ETP selon les indications fournies ci-dessus.

2.2.1.2. Température maximale :

En partant de la température maximale  $\theta_x$  en °C, enregistrée sous abri météo, RIOU [2] a montré qu'on pouvait obtenir une bonne estimation de l'ETP (en mm).

$$\text{ETP} = 0,30 \theta_x - 5,9 \quad (\text{BAMINGUI - BRAZZAVILLE - BA-ILLI - BEBEDJIA})$$

$$\text{ETP} = 0,30 \theta_x - 5,5 \quad (\text{FORT-LAMY})$$

$$\text{ETP} = 0,30 \theta_x - 4,5 \quad (\text{BOL - MATAFO})$$

Dans le programme de calcul, on rend le terme constant fonction de la latitude XLA, selon l'approximation suivante :

$$\text{terme constant} = 5,9 - 0,05.XLA$$

L'évapotranspiration potentielle sera calculée à l'aide du sous-programme ETPTM dans le cas où la température maximale a été introduite comme donnée.

2.2.2. Traitements réalisés à partir de deux groupes de données :

2.2.2.1. Application de la formule de BOUCHET, dite "du Piche corrigé"

Rappelons la formule de BOUCHET [3] :

$$\text{ETP}_B = \alpha_o \cdot E_p \cdot \frac{1 + \lambda(\theta)}{1 + (1 - \xi) \lambda(\theta)}$$

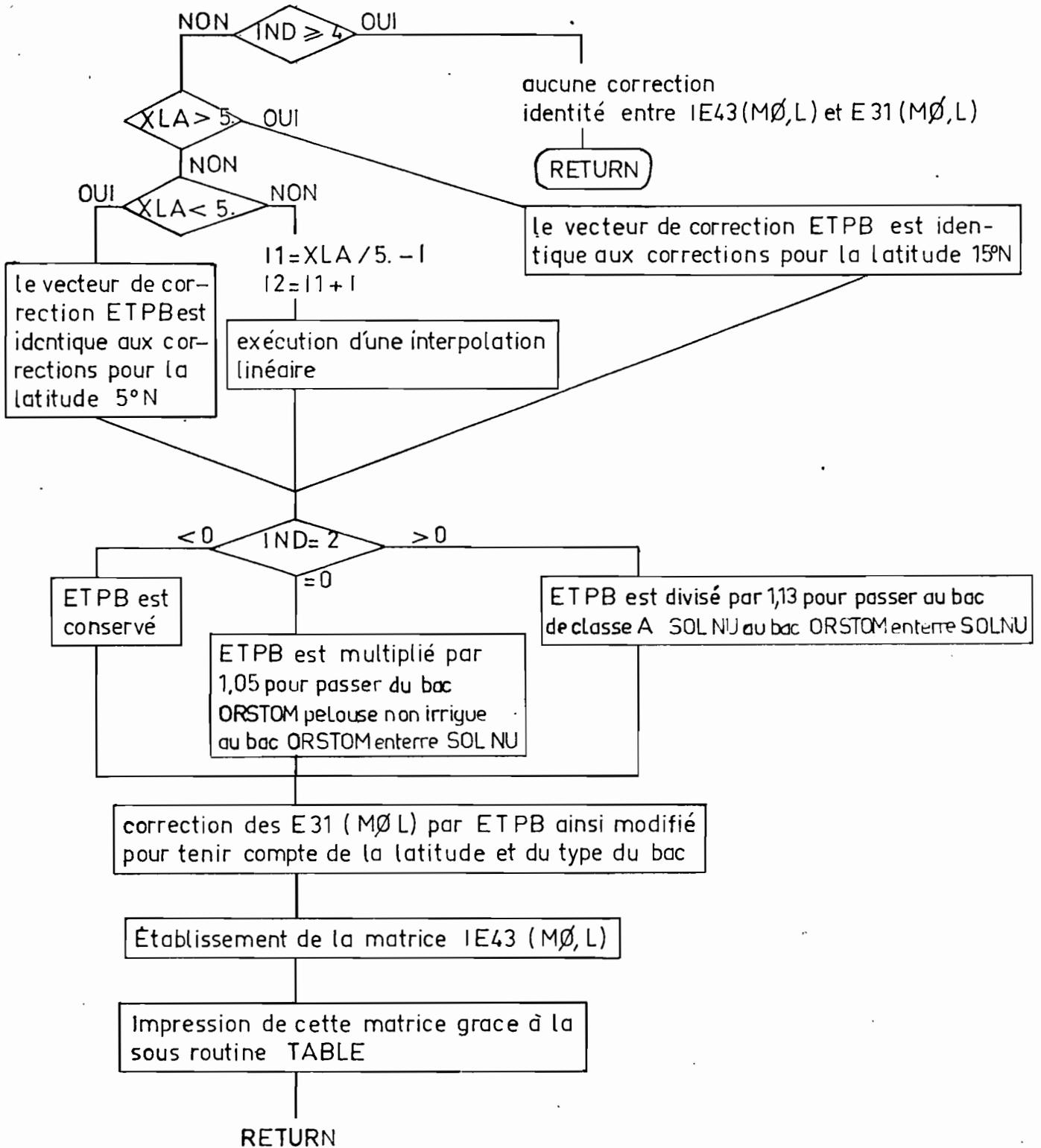
où :

- $\lambda(\theta)$  est définie en 2.1.2.3.,
- $\alpha_o$  est un terme constant lié au type d'abri et d'appareil ; on peut lui donner comme valeur 0,5,
- $\xi$  est un indice d'aridité qui varie de zéro en zone désertique à 1 en zone équatoriale humide ( $\xi = \frac{\text{ETR}}{\text{ETP}}$ ).

$\theta$  est normalement la moyenne entre la température moyenne de l'air et la température du point de rosée. BOUCHET admet que cette dernière température n'est pas trop éloignée de la température minimale journalière ; cette hypothèse nécessite bien entendu que le climat ne soit pas trop sec. On a alors  $\theta = (\theta_M + 3 \theta_m) / 4$ , M désignant le maximum et m le minimum. Dans le programme de calcul, on a encore simplifié et admis que  $\theta$  pouvait être assimilée à la température moyenne.

# SUBROUTINE ET PBAC (XLA, E31, IE43, NBAE, IND) Fig - 1

- Définitions**
- IE43 (MØ,L), évapotranspiration potentielle mensuelle pour un mois MØ de l'année L
  - E31 (MØ,L), évaporation mensuelle du mois MØ mesurée au bac l'année L
  - ETPB (MØ), coefficient de correction du passage bac à ETP
  - IETPB (36), coefficient pour 12 mois avec latitude 5°\_10°\_15°N
  - IND indice du type de bac
  - NBAE nombre d'années d'observations



ξ doit être déterminé en évaluant, par d'autres méthodes, la valeur locale du rapport ETR/ETP, ou en opérant par transposition géographique. De toutes façons, sa valeur est introduite comme donnée dans le programme de calcul.

Le sous-programme ETPBOU calcule alors un coefficient FBT = λ(θ), puis le coefficient de correction :

$$\text{COR} = \frac{\epsilon_0 (1 + \text{FBT})}{1 + (1 - \epsilon) \text{FBT}}$$

2.2.2.2. Application de la formule de MAKKINK :

La formule de MAKKINK 10 s'écrit :

$$\text{ETP}_{\text{mm.J}^{-1}} = 0,61 \cdot \text{Rm} \cdot \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} - 0,12$$

où

Rm = radiation solaire mesurée en mm.J<sup>-1</sup>

Δ = pente de la courbe de pression de vapeur saturante en fonction de la température de l'air

γ = constante psychrométrique = 0,49 mm Hg par °C.

La radiation solaire mesurée R 60 (MØ, M) étant exprimée en cal.cm<sup>-2</sup> pour le mois, et introduite dans le programme dans cette unité, on passe de cette valeur à Rm par :

$$\text{Rm} = \left[ \text{R 60 (MØ, M) / NJM (MØ)} \right] / 58,9$$

avec :

NJM (MØ) nombre de jours du mois

Le coefficient 58.9 correspond à la transformation des calories par cm<sup>2</sup> en mm d'eau, la chaleur de vaporisation de l'eau à 24°C étant de 589 cal par gramme. Pour être plus précis, ce coefficient de passage peut être déterminé, connaissant la température t en °C, par :

$$\frac{L_0 - 0,566 - t}{10}$$

avec L<sub>0</sub> = 597,3 cal.cm<sup>-2</sup> pour une température de 0°C.

La valeur de Δ en mm Hg par °C est donnée par une interpolation linéaire entre les valeurs fournies par le vecteur DELTA pour des degrés entiers.

Les calculs sont effectués par le sous-programme ETPMAK.

2.2.2.3. Application de la formule de PRESCOTT :

La formule de PRESCOTT [10] s'écrit :

$$ETP_{\text{cm.mois}}^{-1} = XK \cdot E_w^{0,75}$$

- $E_w$  = évaporation d'une nappe d'eau libre exprimée en cm d'eau par mois  
XK = coefficient variable suivant la végétation
- 3,1 - pour rizière à très fort rendement
  - 2,4 - pour rizière à rendement normal
  - 2,0 - pour les plantes à grosse évaporation (culture de céréales, pâturages intensifs, engrais vert)
  - 1,5 - pour les plantes d'évaporation moyenne (prairies naturelles, bassin de réception en général)
  - 1,0 - pour le vignoble, culture arbustive ou sol nu
  - 0,5 - limite de survie des plantes.

avec :

$$E_w = A \cdot NJ \cdot s \cdot d$$

- NJ = nombre de jours du mois  
s = tension de vapeur saturante à la température moyenne du mois en mmHg  
d = déficit relatif soit  $\frac{100 - \text{humidité relative moyenne mensuelle}}{100}$   
A = un coefficient variable avec l'aridité du climat
- 0,706 pour les zones tropicales ou humides
  - 0,505 pour les zones désertiques.

Pour tenir compte de la variation de ce coefficient, nous avons admis qu'il était fonction de la latitude XLA et nous avons posé a priori :

$$A = 0,706 - 0,01 \cdot XLA$$

pour les régions comprises entre les latitudes 0° et 20°N.

Les calculs sont effectués par le sous-programme ETPPRE. La détermination de s est obtenue à partir de la formule de PERRIN de BRICHAMBAULT citée au paragraphe 2.1.2.2. mais, pour respecter les unités, le coefficient A a été modifié en conséquence.

2.2.3. Traitements réalisés à partir de plus de deux groupes de données :

2.2.3.1. Application de la formule de TURC :

La formule de TURC [9] s'écrit :

$$ETP_{\text{mm/mois}} = 0,40 \frac{t}{t + 15} \cdot (RG + 50) \cdot \left(1 + \frac{50 - U}{70}\right)$$

en zone sèche si  $U < 50\%$

et

$$ETP_{\text{mm/mois}} = 0,40 \frac{t}{t + 15} (RG + 50) \quad \text{si } U \geq 50 \%$$

avec  $t$  = température moyenne de l'air en degré centigrade<sup>(1)</sup>

$RG$  = rayonnement global sur une surface horizontale du sol en  $\text{cal.cm}^{-2} \cdot \text{J}^{-1}$

$U$  = humidité relative de l'air en %

Si on désigne par  $RA (M\emptyset)$  la radiation globale théorique en dehors de l'atmosphère pour le mois  $M\emptyset$ ,  $RG = RA (M\emptyset) \left( 0,18 + 0,62 \frac{n}{\text{HEURN} (M\emptyset)} \right)$

où  $\text{HEURN} (M\emptyset)$  est l'insolation théorique

et  $n$  l'insolation mesurée.

Le coefficient constant 0,40, valable pour un mois de 30 jours, est corrigé pour tenir compte du nombre de jours exact du mois considéré.

Le calcul est assuré par le sous-programme TURC dans lequel les constantes telles que 0,40, 0,18 et 0,62 sont introduites définitivement.

#### 2.2.3.2. Application de la formule de PENMAN :

On rappelle que cette formule peut s'écrire :

$$ETP = \frac{\Delta \cdot R + \gamma E_a}{\Delta + \gamma}$$

où

$R$  : rayonnement net exprimé en équivalent en eau évaporée (mm/jour),

$\Delta$  : pente de la courbe de tension de vapeur saturante en fonction de la température (généralement exprimée en  $\text{mb}/^\circ\text{C}$ ),

$\gamma$  : constante psychrométrique (qui doit être dans la même unité que  $\Delta$ ),

$E_a$  est une évaporation fictive (en mm/jour) calculée en fonction de l'humidité et du vent par la relation :

$$E_a = a (e_a - e_d) (1 + b V)$$

où

$e_a$ , pression de vapeur saturante à la température de l'air, et  $e_d$ ,

pression de vapeur dans l'air, sont généralement exprimées en mb,

$V$ , vitesse moyenne du vent est en général en m/s.

Pour les besoins du calcul, il est pratique de définir un certain nombre de variables et de préciser les unités, compte tenu des formes sous lesquelles les données sont stockées dans les fichiers.

(1) Des études récentes ont montré qu'on obtenait de meilleurs résultats en utilisant la température à 12 heures à la place de la moyenne journalière (L'Agronomie Tropicale, vol. XXVI, n° 9, p. 985).

2.2.3.2.1. Définitions et unités :

Variables concernant les données de base en entrée :

- T01 : température moyenne journalière de l'air sous abri en °C,
- R66 : total des heures d'insolation des NJMO jours du mois,
- H21 : humidité relative moyenne journalière de l'air sous abri en pourcentage,
- V51 : vent moyen journalier en décimètres par seconde,

Variables utilisées durant les calculs :

- RML : coefficient pour le calcul de la tension de vapeur saturante dans l'air à T01 °C,
- TVP : tension de vapeur saturante dans l'air à T01 °C, exprimée en mb,
- H26 : tension de vapeur d'eau dans l'air à T01 °C, exprimée en mb,
- RM(MO) : radiation moyenne mensuelle théorique du mois MO hors atmosphère exprimée en  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{J}^{-1}$ , calculée à partir de la latitude,
- RAMO : radiation identique à RM(MO) mais exprimée en mm d'eau à la température 10°C, d'où le coefficient 59.2,
- RC : rayonnement net ou bilan radiatif de réception, exprimé en mm d'eau,
- ALBEDO : albedo de l'eau, généralement voisin de 0,05,
- A et B : coefficients ou constantes pour la radiation reçue à l'entrée de l'atmosphère

$$\text{PENMAN adopte } A = 0,29$$

$$B = 0,52$$

$$\text{GLOVER adopte } A = 0,29 \cos (XLA * 3,1416/180)$$

$$XLA = \text{latitude}$$

$$B = 0,52$$

HEURN (MO) : durée théorique d'insolation en heures pour le mois MO,

NJMO : nombre de jours du mois,

RB : chaleur rayonnée par le sol ou bilan radiatif de grande longueur d'onde, exprimé en mm d'eau,

SIGMA : constante de STEFAN BOLTZMAN ( $\sigma$ ) =  $1,98.10^{-9} \text{mm}.\text{°K}^{-4}.\text{J}^{-1}$   
ou ( $\sigma$ ) =  $1,18.10^{-7} \text{cal.cm}^{-2}.\text{°K}^{-4}.\text{J}^{-1}$ ,

UNITI : constante de conversion des  $\text{dm/s}^{-1}$  en  $\text{m.s}^{-1}$

- V515 : vent moyen journalier en  $m.s^{-1}$  rapporté à une hauteur standard de 10 m,
- HVENT : hauteur de l'anémomètre par rapport au sol, en mètres,
- PENTV : rapport entre la pente de la courbe de tension de vapeur saturante (fonction de la température) et la constante psychrométrique,
- PTVSC :  $\frac{PENTV}{PENTV + 1}$
- EAPEN : évaporation d'une surface dont la température serait celle de l'air, mesurée sous abri en absence de rayonnement et exprimée en mm d'eau (évaporation fictive de PENMAN),
- FE43MJ : évapotranspiration potentielle en  $mm.J^{-1}$ .

#### 2.2.3.2.2. Evaluation du rayonnement net ou bilan radiatif :

On rappelle que le rayonnement net, ou bilan radiatif, est égal à la partie du rayonnement global (de courte longueur d'onde) qui n'est pas réfléchi par la surface évaporante, plus le rayonnement thermique de l'atmosphère et des nuages, moins le rayonnement thermique de la surface évaporante.

Le rayonnement global RG peut être mesuré directement ou estimé par une formule dérivée de celle d'ANGSTRÖM, comme en 2.2.3.1.

La partie "grande longueur d'onde" ou "thermique" du bilan radiatif est généralement évaluée par la formule de BRUNT :

$$RB = \sigma T^4 (0,56 - 0,092 \sqrt{e_d}) (0,1 + 0,9 \frac{n}{N})$$

avec 4 coefficients  $a_1$   $a_2$   $a_3$   $a_4$

RB en mm

$$\sigma \text{ en } mm.^{\circ}K^{-4}.J^{-1} = 1,98.10^{-9}$$

T en  $^{\circ}K$  ou T01

$e_d$  en mmHg ou H26, tension de vapeur dans l'air,

n en heure ou R66/NJMO,

N en heure ou HEURN(MØ)

Le coefficient  $a_2$  doit être pris égal à  $0,092 * \sqrt{\frac{760}{1000}}$ , soit 0,08, quand H26 est évalué en mb.

Les coefficients  $a_1$  et  $a_2$  varient selon les auteurs. Selon RIOU, on aurait :

$$a_1 = 0,40$$

$$a_2 = 0,05$$

On conservera, pour l'instant, les valeurs de PENMAN soit :

$$a_1 = 0,56$$

$$a_2 = 0,080, \text{ compte tenu du changement d'unité.}$$

Les coefficients  $a_3$  et  $a_4$  ont pour valeurs 0,1 et 0,9 chez PENMAN, 0,5 et 0,5 chez RIOU. Dans les applications, on utilisera les valeurs de PENMAN puis celles de RIOU, afin de comparer les résultats.

#### 2.2.3.2.3. Evaluation de TVP et PENTV :

La formule employée :

$$TVP = 6,11 \exp \left( RML \left( \frac{1}{273} - \frac{1}{273 + T01} \right) \right)$$

donne la valeur de TVP en mb pour une température T01 en °C .  $RML \simeq 5371$ .

En dérivant par rapport à T01, on obtient la valeur de la pente de la courbe en  $mb \cdot ^\circ C^{-1}$ . Le rapport de cette pente à la constante psychrométrique exprimée également en  $mb \cdot ^\circ C^{-1}$  donne la valeur de PENTV.

#### 2.2.3.2.4. Le terme $E_a$ tiré de la formule de PENMAN (VAN TE CHOW)

s'écrit :

$$E_a = 0,35 (e_a - e_d) (1 + 0,0098 w_2) \quad \text{avec}$$

$E_a$  : évaporation d'une surface dont la température serait celle de l'air mesurée sous abri en absence de rayonnement, évaporation fictive de PENMAN exprimée en mm d'eau,

$e_a$  : tension de vapeur saturante à la température de l'air en mmHg,

$e_d$  : tension de vapeur d'eau dans l'air en mmHg,

$w_2$  : vitesse du vent à 2 m de haut, exprimée en m/j,

la vitesse  $w_1$  pour la hauteur h en pied, est liée à  $w_2$  :

$$w_2 = w_1 \frac{\log 6,6}{\log h.} \quad (1)$$

Avec la hauteur H exprimée en m, la vitesse V en  $m \cdot s^{-1}$  et  $e_a$ ,  $e_d$  en mb, la formule devient :

$$\begin{aligned} E_a &= 0,35 \left[ \frac{760 (e_a - e_d)}{1000} \right] \left[ 1 + 0,0098 V_2 \frac{86400}{1609} \right] \\ &= 0,266 (e_a - e_d) (1 + 0,526 V_2) \end{aligned}$$

La formule (1) permet d'écrire, pour les hauteurs H = 10 m et H = 2 m :

$$\frac{w_2}{w_1} = \frac{V_2}{V_{10}} = \frac{\log 6,6}{\log (H \times 3,28)} = 0,541$$

$$E_a = 0,266 (e_a - e_d) (1 + 0,284 V_{10})$$

La fonction de passage du vent de la hauteur H au vent à la hauteur 10 m peut aussi se mettre en première approximation sous la forme :

$$V_{10} = V_H \left( \frac{10}{H} \right)^{0,39} \quad (2)$$

ou plus généralement  $V_{10} = V_H \left( \frac{10}{H} \right)^c$  c pouvant varier de 0,14 pour des zones particulièrement dénudées à 0,39 pour des zones particulièrement abritées.

Le sous-programme ETPPEN permet, pour un mois donné, l'évaluation de l'évaporation sur nappe d'eau libre. L'évaluation de l'ETP à partir de l'évaporation PENMAN comporte une erreur systématique, signalée par RIOU [2] ; on a introduit expérimentalement la correction "f" de cet auteur, par une fonction FF variable avec la saison suivant la relation :

$$FF = 0,77 + \frac{t - 25}{75}$$

où t, en °C, est la température moyenne du mois considéré : cette formule constitue une extension des résultats de RIOU.

#### 2.2.3.3. Formule de PENMAN modifiée par RIOU :

A la suite de l'expérimentation faite par RIOU [2] en Afrique Centrale, certaines constantes de la formule de PENMAN ont été modifiées ainsi que le mode de détermination du terme  $E_a$  à partir du vent.

Le sous-programme EPRIOU, en de nombreux points semblable au sous-programme ETPPEN, n'en diffère que par la valeur des constantes et la fonction  $E_a = f(u)(e_a - e_d)$ .

La correction f, introduite dans l'estimation PENMAN, est également appliquée à la valeur de l'évaporation sur nappe pour obtenir ETP.

#### 2.3. Programme général pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle :

Les idées de base, pour l'établissement de ce programme général, sont les suivantes :

- pour la plupart des applications, y compris les applications agronomiques, le pas de temps mensuel est suffisant ; la discrimination pentadaire ou décadaire, même si elle serait parfois souhaitable, n'est pratiquement jamais significative compte tenu de la qualité des données et de la précision des calculs ; des programmes particuliers, basés sur un pas de temps

journalier, ont néanmoins été établis pour répondre à tous les problèmes, mais il n'était pas souhaitable, pour un programme général, de l'alourdir par des procédures longues et encombrantes,

- ce sont les données disponibles, au lieu choisi pour le calcul ou dans son voisinage, qui doivent guider le choix de la méthode. En particulier, il est toujours souhaitable, à chaque instant (ou intervalle de temps) de baser le calcul sur :
  - les données correspondant aux facteurs conditionnels les plus "explicatifs",
  - le plus grand nombre de données. Il est donc souhaitable que, pour chaque intervalle de temps, le calcul le plus élaboré soit fait avec le maximum de données,
- cela conduirait, en première analyse, à laisser au programme lui-même le choix de la meilleure méthode à adopter pour chaque intervalle de temps, compte tenu des données disponibles pour cet intervalle particulier. L'inconvénient de procéder ainsi serait un mélange des types d'estimations qu'il serait bien difficile de distinguer sans un pénible système d'indexation.

C'est pourquoi il a été décidé de procéder ainsi :

- introduire dans le programme toutes les méthodes de calcul envisagées,
- utiliser pour chaque intervalle de temps (mois) toutes les méthodes pour lesquelles les données existent ; lorsqu'une ou plusieurs d'entre elles manquent pour une méthode donnée, le calcul n'est pas fait et on donne conventionnellement la valeur -999 à l'ETP mensuelle correspondante.

### 2.3.1. Méthodes de calcul figurant au programme :

Les plus importantes de ces méthodes ont été décrites en 2.2. On les rappelle ici, en indiquant les données climatologiques auxquelles elles font appel. Chaque type de calcul est appelé par un sous-programme SUBROUTINE à partir du programme principal : on indique le nom de chaque sous-programme ainsi que les variables transférées.

Les sous-programmes sont les suivants (dans l'ordre de présentation du listing) :

SUBROUTINE ETPBAC  
SUBROUTINE ETPMAK  
SUBROUTINE ETPPRE  
SUBROUTINE EPRIOU  
SUBROUTINE ETPPEN  
SUBROUTINE RANETM  
SUBROUTINE TURC  
SUBROUTINE ETPBOU  
SUBROUTINE ETPTM

2.3.1.1. ETPBAC (XLA, E31, IE43, NBAE, IND, NA) :

Elle se rapporte au calcul de l'évapotranspiration à partir d'observations sur bacs d'eau libre. Elle est décrite en 2.2.1.1.

Données transférées utilisées pour le calcul de l'ETP (dimensions entre parenthèses ; NA, nombre d'années, est fixé par le programme principal) :

E31 (13,NA) : évaporation sur bac d'eau libre,  
XLA : latitude de la station,  
IND : index caractérisant le type de bac.

Autres variables transférées :

IE43 (13, NA) : ETP calculée mensuelle et annuelle,  
NBAE : nombre d'années utilisées,  
NA

Données utilisées non transférées :

IETPB (36) : coefficients de correction avec la saison et avec la latitude (DATA) (donnés pour 5°N, 10°N, 15°N).

2.3.1.2. ETPMAK (R 60, NAM, NBAM, TO1, NAX, NBAN, IE43, NM, MAN, NA) :

Elle calcule l'ETP à partir du rayonnement global réellement mesuré, et de la température moyenne de l'air. Elle est décrite en 2.2.2.2.

Données transférées utilisées pour le calcul de l'ETP :

R 60 (13,NA) : rayonnement global moyen mensuel,  
TO1 (13,NA) : température moyenne mensuelle.

Autres variables transférées :

IE43 (13,NA) : ETP calculée mensuelle et annuelle,

NAM (NA) : vecteur des numéros d'années pour l'information rayonnement,  
NBAM : nombre d'années de l'information rayonnement,  
NAX (NA) : vecteur des numéros d'années pour l'information température,  
NBAN : nombre d'années de l'information température,  
NM : nombre des années sur lesquelles est fait le calcul,  
MAN (NA) : vecteur des numéros d'années sur lesquelles est fait le calcul,  
NA

Données utilisées non transférées :

DELTA (45) : pentes de la courbe Tension de vapeur saturante / température, données en fonction de 45 températures (1 à 45°C),  
(DATA)  
GAM : constante psychrométrique prise égale à 0,49 mmHg/°C.

2.3.1.3. ETPPRE (TO1, H21, NAX, NBAN, NAY, NBAM, MAN, NM, IE43, XLA, NA) :

Elle calcule l'ETP mensuelle et annuelle par la formule de PRESCOTT.  
La méthode est décrite en 2.2.2.3.

Données transférées utilisées pour le calcul d'ETP :

TO1 (13, NA) : température moyenne mensuelle,  
H21 (13, NA) : humidité relative moyenne mensuelle,  
XLA : latitude de la station.

Autres variables transférées :

IE43 (13, NA) : ETP calculée mensuelle et annuelle,  
NAX (NA) : vecteur des numéros d'années pour l'information température,  
NBAN : nombre d'années de l'information température,  
NAY (NA) : vecteur des numéros d'années pour l'information humidité,  
NBAM : nombre d'années de l'information humidité,  
MAN (NA) : vecteur des numéros d'années pour lesquelles est fait le calcul,  
NM : nombre d'années sur lesquelles est fait le calcul,  
NA

Données utilisées non transférées :

XK : coefficient variant suivant la végétation :  
rizière 2,5

culture, pâturage intensif	2,0
prairies naturelles et bassins versants	1,5
culture arbustive ou sol nu	1,0

Dans le programme listé ici, XK = 1,5.

2.3.1.4. EPRIØU (A, B, RA, HEURN, ALBDØ, R 66, T01, H21, V51, HVENT, MØ, IE41 MJ, NJMØ) :

Elle calcule l'ETP par la méthode de PENMAN, mais avec les coefficients dérivés des études de RIOU. La méthode est décrite en 2.2.3.2. et 2.2.3.3.

Données transférées utilisées pour le calcul d'ETP :

- A : coefficient de la formule de BRUNT, fonction de la latitude, calculé dans le programme principal,
- B : autre coefficient de la formule de BRUNT = 0,52 dans le programme principal,
- RA (12) : rayonnement global théorique du soleil en l'absence d'atmosphère (moyenne mensuelle). Calculé dans le programme principal suivant les indications de 2.1.2.1.1.,
- HEURN (12) : durée théorique d'insolation (moyenne mensuelle). Calculé dans le programme principal,
- ALBDØ : albédo de la surface évaporante,
- R 66 (13, 50) : durée moyenne mensuelle d'insolation,
- T01 (13, 50) : température moyenne mensuelle,
- H21 (13, 50) : humidité relative moyenne mensuelle,
- V51 (13, 50) : vitesse moyenne mensuelle du vent,
- HVENT : hauteur de l'anémomètre par rapport au sol,
- IE41 (13, 50) : ETP mensuelle,
- NJMØ : nombre de jours du mois.

Les variables R 66, T01, H21, V51 et IE41 sont transférées valeur par valeur dans le sous-programme.

Autre variable transférée

- MØ : numéro du mois.

2.3.1.5. ETPPEN :

Le sous-programme de calcul pour la formule de PENMAN originale est exactement le même que EPRIOU. Seules changent les valeurs de certains coefficients. La variable ETP est appelée IE43.

2.3.1.6. RANETM (NAB, NAK, JNTRHV, NBTRHV, NAT, TO1, R 66, H21, IE43, NB, HEURN, RA, NA, ALB) :

Elle permet le calcul du rayonnement net par la formule de BRUNT, lié par BAKALOWICK, HLAVEK et OBERLIN à l'évapotranspiration réelle.

Données transférées utilisées pour le calcul de l'ETR :

TO1 (13, NA) : température moyenne mensuelle,  
R 66 (13, NA) : durée moyenne mensuelle d'insolation,  
H21 (13, NA) : humidité relative moyenne mensuelle,  
IE43 (13, NA) : ETR calculée,  
HEURN (12) : durée théorique d'insolation (moyenne mensuelle),  
RA (12) : rayonnement global théorique en l'absence d'atmosphère  
(moyenne mensuelle),  
ALB : albédo.

Autres variables transférées :

NAB (200) : indice d'existence concomitante des données,  
NAK (NA, 5) : numéro d'année observée pour :  
1 : température moyenne mensuelle,  
2 : durée mensuelle d'insolation,  
3 : humidité relative moyenne mensuelle,  
4 : vent moyen mensuel.  
JNTRHV (5) : en fin de calcul du sous-programme, cette variable a pour valeur le numéro + 1 de la dernière année traitée,  
NBTRHV (5) : nombre maximal d'années disponibles pour la donnée correspondant à l'indice de cette variable,  
NAT (NA) : n° des années pour lesquelles le calcul est fait,  
NB : nombre d'années sur lesquelles porte le calcul,  
NA

2.3.1.7. TURC (NAB, NAK, JNTRHV, NBTRHV, NAT, TO1, R 66, H21, IE43, NB, HEURN, RA, NA) :

Le sous-programme calcule l'ETP mensuelle par la formule de TURC suivant la méthode décrite en 2.2.3.1.. Les variables transférées ont le même nom et la même signification que celles de RANETM.

2.3.1.8. EPTBØU (NAX, NBAN, TO1, NAM, NBAM, E36, MAN, NM, IE43, NA, ARI) :

Elle calcule l'ETP mensuelle par la méthode de BOUCHET, dite aussi "du Piche corrigé", exposée en 2.2.2.1.

Données transférées utilisées pour le calcul de l'ETP :

TO1 (13, NA) : température mensuelle moyenne,  
E36 (13, NA) : évaporation Piche observée,  
IE43 (13, NA) : ETP calculée,  
ARI : indice d'aridité.

Autres variables transférées :

NAX (NA) : numéros d'années pour l'information température,  
NBAN : nombre d'années de l'information température,  
NAM (NA) : numéros d'années pour l'information évaporation Piche,  
NBAM : nombre d'années de l'information Piche,  
MAN (NA) : numéros des années sur lesquelles est fait le calcul,  
NM : nombre d'années sur lesquelles est fait le calcul.

Données utilisées non transférées :

XLAMB (51) : vecteur représentatif de la fonction  $\lambda (\theta)$  est introduit en DATA dans le sous-programme (tableau donnant les valeurs tous les °C). Les valeurs vraies sont interpolées linéairement dans le sous-programme.

2.3.1.9. ETPTM (XLA, NAN, TO2, IE43, NBAN, NA) :

Elle calcule l'ETP mensuelle à partir de la moyenne mensuelle des températures maximales, suivant la méthode décrite en 2.2.1.2..

Données transférées utilisées pour le calcul de l'ETP :

XLA : latitude de la station,  
TO2 (13, NA) : moyenne mensuelle des températures maximales,  
IE43 (13, NA) : ETP mensuelle calculée,  
NAN (NA) : numéros d'années pour l'information température,  
NBAN : nombre d'années de l'information température,  
NA

2.3.2. Entrées et sorties :

2.3.2.1. Lecture des données :

La lecture des données se rapporte à la carte standard de présentation des données climatologiques conçue par l'O R S T O M (voir le livre des

Codes). La lecture de n'importe laquelle de ces données se fait par un sous-programme SUBROUTINE FMMTØ (JSTA, NTYP, Z, NAN, N, NA) où :

JSTA est le numéro de code de la station,  
NTYP le type de variable climatologique,  
Z (13) les valeurs de la variable climatologique (12 mensuelles et 1 annuelle),  
NAN (NA) les numéros des années de la série d'observation de la variable,  
N le nombre d'années d'observations pour cette variable,  
NA une dimension prévue dans le programme principal.

Les types de variables utilisées pour ce traitement sont désignés par les indices suivants, conformément aux dispositions générales du Livre des Codes :

01 (T01) : températures moyennes mensuelles,  
02 (T02) : températures maximales moyennes mensuelles,  
21 (H21) : humidités relatives moyennes mensuelles,  
66 (R66) : durée mensuelle d'insolation,  
50 (V51) : vitesse du vent moyenne mensuelle,  
36 (E36) : évaporation Piche mensuelle,  
60 (R60) : rayonnement global mesuré,  
26 (H26) : tension de vapeur,  
68 (R68) : nébulosité (introduite dans le programme, mais non opérationnelle dans la version actuelle).

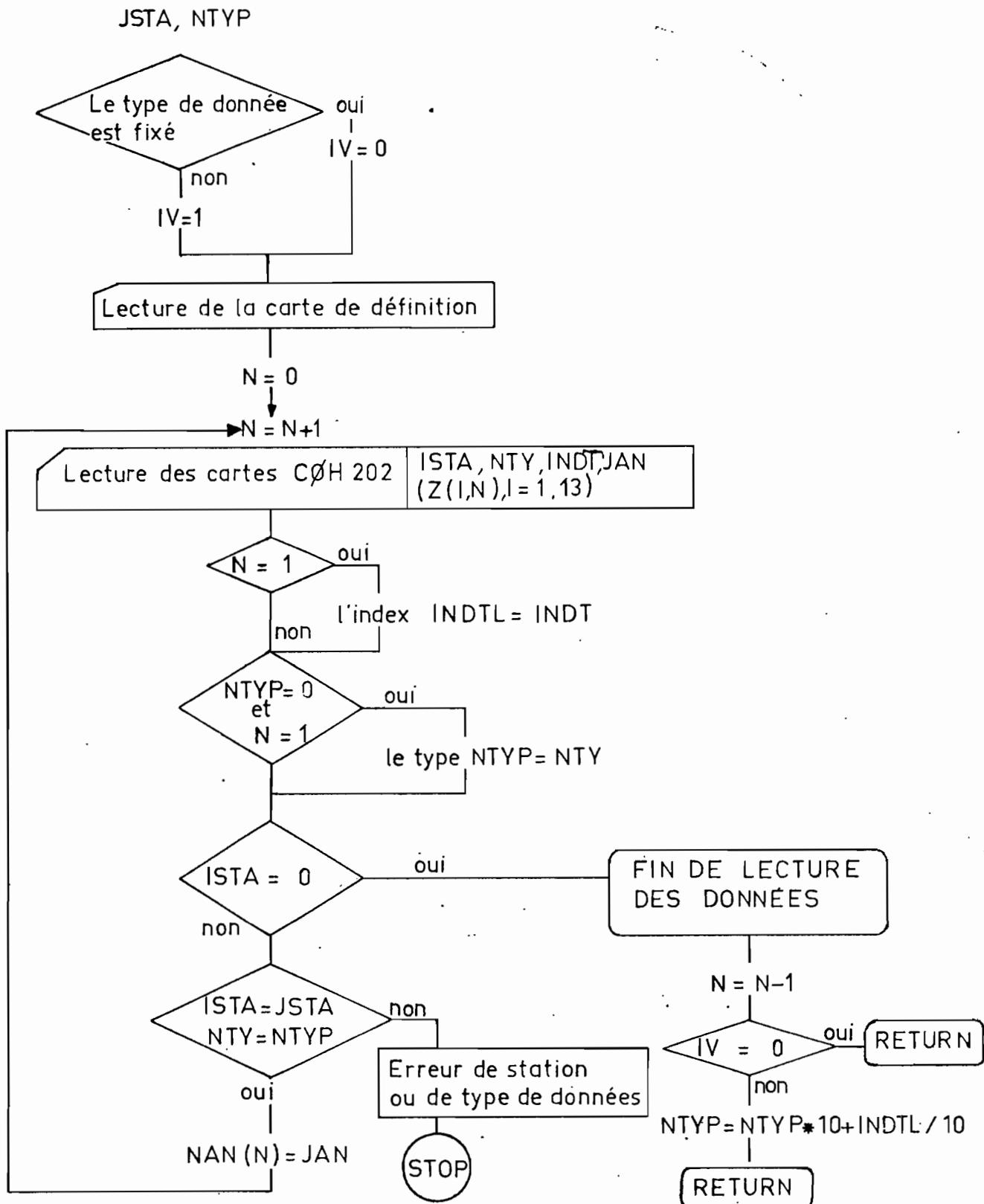
Pour l'évaporation sur bacs d'eau libre, codée 31 (variable : E31), on précise le type de bac dans la colonne <sup>9</sup> de la carte CØH 202, suivant le code :

- 0 BAC ORSTOM ENTERRE SUR SOL NU
- 1 BAC ORSTOM ENTERRE SUR GAZON
- 2 BAC CLASSE A
- 3 BAC Flottant petite taille
- 4 BAC Flottant grande taille
- 5 BAC petite taille

L'organigramme de FMMTØ est représenté sur la figure 2.

#### 2.3.2.2. Impression des résultats :

Le sous-programme SUBROUTINE TABLE (IE43, NAN, NBAN, NIF, JSTA, IPERF, NA) assure à la fois l'impression des tableaux de résultats et la



perforation des cartes de résultats (ETP). En ce qui concerne les tableaux, les indications spéciales à la station et au type de calcul sont imprimées par le programme principal.

Les significations des variables transférées sont les suivantes :

- IE43 (13, NA) : ETP mensuelles et annuelle,
- NAN (NA) : numéro de l'année,
- NBAN : nombre d'années à imprimer ou perforer,
- NIF : codification de la donnée (pour la perforation),
- JSTA : numéro de la station,
- IPERF : contrôle de la perforation, déclenchée seulement si  
IPERF  $\neq$  0,
- NA : dimensionnement des matrices dans le temps.

Le code NIF devrait comporter 4 chiffres. D'après le livre des codes, il doit toujours commencer par 4. Ce chiffre a donc été mis une fois pour toute en impression et NIF réduit à 3 chiffres. Les codes généraux de l'évapotranspiration sont rappelés dans le tableau ci-après. On a ajouté un index donnant le mode de calcul de l'évapotranspiration :

			INDEX	
			VALEUR	SIGNIFICATION
:40:	Evapotranspiration:	Potentielle	0	mesurée (évapo- transpiromètre)
:	:	hauteur nette par frac-	:	:
:	:	tion de jour	:	:
:	:	:	1	FORMULE DE PENMAN
:41:	"	Potentielle	:	:
:	:	hauteur nette journa-	2	FORMULE DE TURC
:	:	lière	:	:
:42:	"	Réelle	3	BAC D'EAU LIBRE
:	:	hauteur nette par frac-	:	:
:	:	tion de jour	:	:
:	:	:	4	PICHE
:43:	"	Réelle	:	:
:	:	hauteur nette journa-	5	TEMPERATURE MAX
:	:	lière	:	:
:44:	:	:	6	MAKKING
:	:	:	7	PRESCOTT
:45:	"	:	8	HLAVEK
:	:	:	9	:
:46:	"	:	:	:
:47:	"	:	:	:
:48:	"	:	:	:
:49:	"	:	:	:
:50:	"	:	:	:

Pour l'évaluation d'ETP à partir d'un bac d'eau libre, le dernier chiffre de NIF indique le type de bac suivant la codification donnée en 2.3.2.1. C'est ainsi que pour une évapotranspiration évaluée à partir de données sur bac flottant, on posera NIF = 134. Si le calcul est effectué par la formule de PRESCOTT, on a NIF = 170.

L'organigramme de TABLE est donné dans la figure 3.

### 2.3.3. Organisation du programme général :

#### 2.3.3.1. Organisation de la lecture de l'ensemble des données :

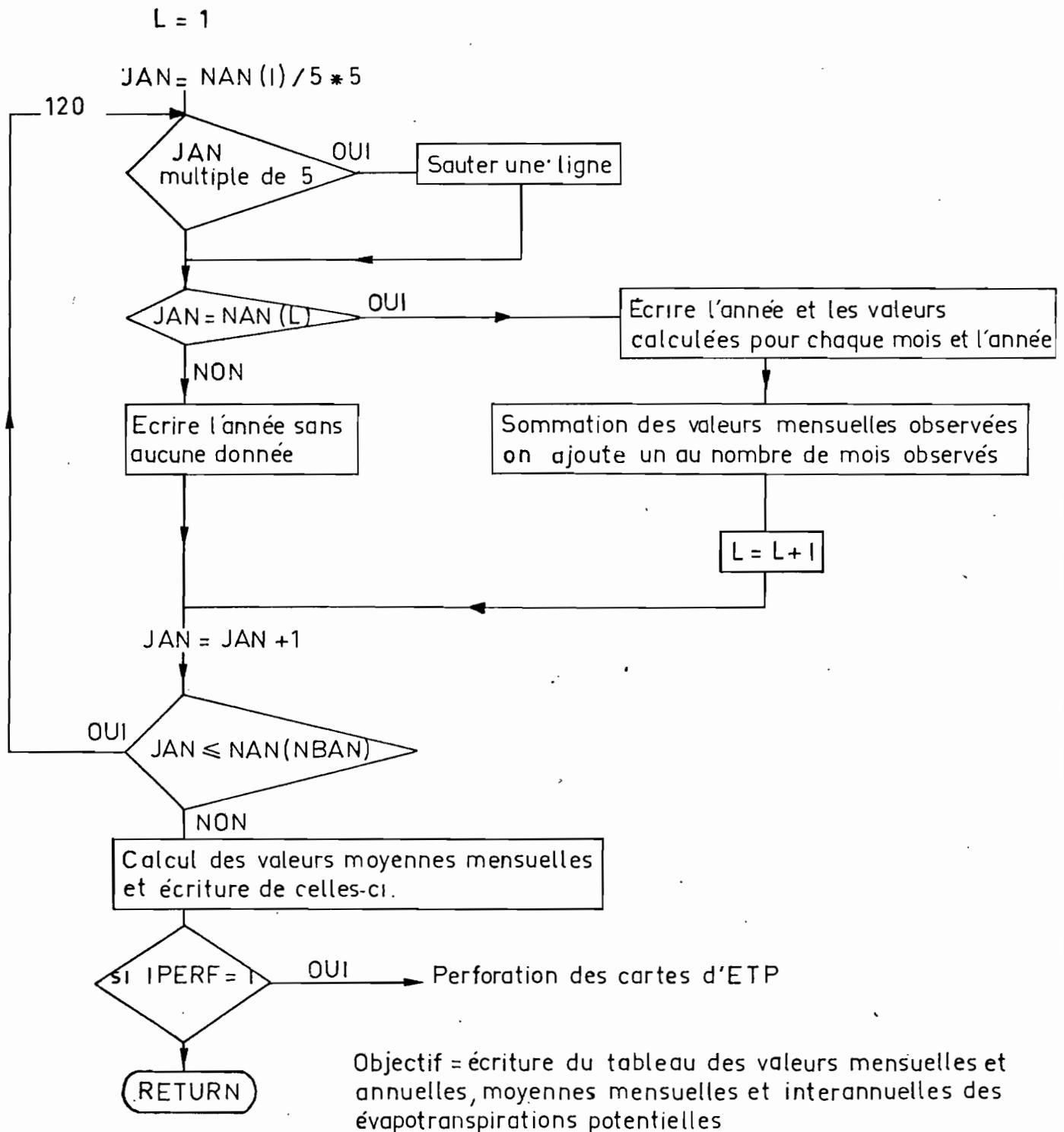
Le programme permet de traiter en une seule fois autant de stations qu'il est matériellement pratique de le faire. Le traitement se fait successivement pour chaque station en réutilisant chaque fois les mêmes matrices. L'arrêt du travail est fixé par une carte blanche. La première division des données à l'entrée est donc par station. A l'intérieur de chaque station, les fichiers seront organisés de la façon suivante :

- carte de présentation de la station,
- carte de définition des variables NVARR - 20I4,
- carte donnant pour la station les caractéristiques suivantes :

XLA : latitude (F10.1),  
XALTI : altitude (F10.1),  
HVENT : hauteur de l'anémomètre au dessus du sol (F10.1),  
ALBDO : albédo (F10.1),  
JSTA : numéro de la station (I10),  
IPERF : contrôle de perforation (I10),  
ARI : indice d'aridité de la formule de BOUCHET (F10.1).

- Jeu de NBAT cartes modèle CØH 202 pour la température moyenne mensuelle TO1 (1 par an), suivies d'une carte blanche fin de jeu,
- jeu de NBAE cartes modèle CØH 202 pour la température maximale moyenne mensuelle TO2 suivies d'une carte blanche,
- jeu de NBAH cartes modèle CØH 202 pour l'humidité relative moyenne mensuelle H21, suivies d'une carte blanche,
- jeu de NBAR cartes CØH 202 pour la durée d'insolation mensuelle R66, suivies d'une carte blanche,
- jeu de NBAV cartes CØH 202 pour la vitesse du vent moyenne mensuelle V51, suivies d'une carte blanche,

- Définitions - IE43(MØ,L), évapotranspiration potentielle mensuelle pour un mois MØ de l'année L
- IE43(13,L), " " annuelle de l'année L
- NAN( L ), année étudiée dans la séquence d'entrée L
- NBAN, nombre d'années étudiées
- IE (MØ), somme des ETP du mois MØ pour un nombre de mois égal à NB(MØ)
- JAN, année courante
- Mise à zéro des vecteurs IE et NB
- L, indice de la séquence d'entrée des années



- jeu de NBAE cartes CØH 202 pour l'évaporation Piche moyenne mensuelle E36, suivies d'une carte blanche,
- jeu de NBAE cartes CØH 202 pour l'évaporation sur nappe d'eau libre E31, suivies d'une carte blanche,
- jeu de NBARV cartes CØH 202 pour le rayonnement global R60, suivies d'une carte blanche,
- jeu de NBAH1 cartes CØH 202 pour la tension de vapeur d'eau moyenne mensuelle H26, suivies d'une carte blanche.

Le programme prévoit aussi la lecture d'un jeu de cartes pour la nébulosité, mais ces données ne sont pas utilisées dans l'état actuel du programme. La fin de l'ensemble de toutes les données est indiquée par une carte blanche.

Notons enfin qu'il n'est pas strictement nécessaire de mettre toutes les données dans cet ordre, mais le programme de calcul exigeant un certain ordre pour certaines de ces données, il est prudent de s'y conformer.

Si une des données n'est pas disponible, on se contente de laisser libre la place du jeu correspondant.

L'exécution des lectures de données climatiques s'effectue de la façon suivante :

On a initialisé, en DATA, un vecteur :

NVARR/1, 2, 3, 21, 66, 50, 36, 31, 60, 26, 68/

dans les valeurs duquel on reconnaît les indices correspondant aux différents types de données utilisées dans le programme de calcul (68, nébulosité, n'est pas en fait réellement utilisée).

Pour une station donnée, on a vu qu'une carte NVARR a été lue. Elle porte les numéros extraits du tableau NVARR des données disponibles à cette station. La lecture des différents groupes de données se fait, suivant l'ordre du vecteur NVARR, dans une boucle DØ à 20 tours. La boucle est interrompue par la première valeur de NVARR égale à zéro, indiquant que toutes les données sont lues. Les types de données doivent donc se présenter dans le fichier exactement dans l'ordre indiqué par NVARR.

Le programme comporte un contrôle qui permet de laisser, dans le fichier des données climatologiques, des données qui sont étrangères au

calcul de l'ETP. Il faut alors qu'à ce type de données corresponde une valeur de NVARR différente de toutes les valeurs de NVARP. Il n'est pas recommandé d'user de cette facilité.

En pratique :

- on constitue le fichier des données climatologiques disponibles en les groupant dans l'ordre indiqué ci-dessus, sans s'occuper des données non disponibles à la station ; à l'intérieur de chaque type de données, les cartes sont classées par ordre chronologique ; chaque fin de type de données est indiqué par une carte blanche,
- on établit la carte NVAR en perforant dans le format 20I<sup>4</sup> les indices représentatifs des types de données dans l'ordre où ceux-ci se présentent dans le fichier ; il faut veiller à ce que ces indices se suivent sans interruption dans le format, sans quoi on interromprait la lecture avant que toutes les données aient été introduites.

L'ordre formel de lecture dans le programme est le même que celui du vecteur NVARP. La même boucle DØ, qui permet de contrôler si les données introduites peuvent être ou non utilisées pour le calcul de l'ETP, permet de trouver le rang I de la valeur NVARR dans le vecteur NVARP, si elle y figure. Ce rang I est utilisé dans un GØTØ calculé qui reproduit exactement le NVARP pour les valeurs et la séquence de ses numéros d'instruction. Ce GØTØ renvoie à la partie du programme de lecture correspondant à la variable.

#### 2.3.3.1. L'organigramme général du calcul ?

On a déjà exposé que, pour chaque station, on fait le calcul de l'ETP par toutes les méthodes incluses dans le programme, à condition que les données disponibles le permettent. Cette disponibilité des données doit être contrôlée à deux stades :

- au stade de la station : tel élément climatique a-t-il jamais été observé à la station?
- au stade de la chronique : tel élément observé à la station, l'a-t-il été tel mois de telle année?

En ce qui concerne le premier stade, il faut distinguer :

- l'élément est-il toujours utilisé seul pour l'estimation par une ou plusieurs méthodes?

- peut-il au contraire être utilisé en même temps que d'autres dans l'application de certaines méthodes?

Dans le premier cas, il n'y a pas de disposition spéciale à prendre : si on ne rencontre pas l'élément (non disponible, donc non existant dans le fichier), l'opération de lecture et le calcul correspondant à cet élément ne se feront pas. C'est pour cette raison, et pour simplifier le programme général que, lorsqu'une variable climatique est utilisée seule pour un calcul donné, celui-ci est fait immédiatement par appel de sa SUBROUTINE, après la lecture du tableau de valeurs correspondantes.

Si l'élément climatique intervient dans un calcul en même temps que d'autres, il faut noter au passage son existence. On a introduit pour cela une variable ITHIV qui peut prendre les valeurs suivantes :

1000 température moyenne seule disponible,  
0100 humidité relative seule disponible,  
0010 durée d'insolation seule disponible,  
0001 vent seul disponible,

et toutes les combinaisons de ces valeurs, par exemple :

1110 température moyenne, humidité relative et durée d'insolation toutes trois disponibles.

La valeur de ITHIV est générée au fur et à mesure de l'utilisation des différentes parties du programme de lecture. Par exemple, si la valeur 01 correspondant à la température moyenne figure dans le tableau des NVARR, le  $G\theta T\theta$  calculé fera appel au programme de lecture de ces températures, et ITHIV prendra la valeur  $ITHIV = ITHIV + 1\ 000$ . Comme ITHIV est initialisée à zéro avant le début des opérations de lecture, si TO1 est la première variable qui se présente, ITHIV prendra la valeur 1 000.

Si le tableau des NVARR contient la valeur 21, indice de l'humidité relative et que TO1 ait déjà été enregistrée, de la même façon ITHIV prendra la valeur  $ITHIV + 100 = 1\ 100$ , etc.

Pour que les calculs avec plusieurs facteurs climatiques soient possibles, il faut non seulement que ces facteurs aient tous été mesurés à la station, mais qu'ils l'aient été simultanément. Prenons le cas de la formule de BOUCHET qui exige pour son application la connaissance de TO1 et E31 (évaporation PICHE).

D'abord, on ne fera appel à la SUBROUTINE ETPBOU que si :

- l'évaporation PICHE existe, ce qui est mis en oeuvre par le  $G\emptyset T\emptyset$  calculé indiqué ci-avant,

et si :

- T01 existe, ce qui est testé par l'instruction IF (ITHIV/1 000.EQ.1)  
 $G\emptyset T\emptyset$  129, l'instruction 129 conduisant à CALL ETPBOU.

Dans l'application de la SUBROUTINE de lecture FMMT $\emptyset$  à T01 et à E36, on a calculé et transféré :

- NAT (J) : vecteur des numéros d'années contenus dans le fichier températures,
- NBAT : nombre total de ces années,
- NAE (J) : vecteur des numéros d'années contenus dans le fichier PICHE,
- NBAE : nombre total de ces années.

Au moment du calcul ETPBOU (cela se fait dans le sous-programme lui-même), il s'agit d'abord d'établir la liste des années communes d'observation de T01 et de E36, c'est-à-dire finalement de recouper les deux fichiers. Le procédé est classique ; il consiste à déterminer d'abord les années marquant le début (NDEB) et la fin (NFIN) de la période des observations de T01 ou de E36, puis on construit le vecteur MAN (I) du numéro des années d'observations communes, et on calcule le nombre d'années de cette période.

Lorsque les données de types multiples utilisées pour un calcul appartiennent à un groupe important, utilisé dans plusieurs types de calcul, on a intérêt à procéder autrement. Pour le calcul de l'ETP, on a sélectionné ainsi quatre variables principales :

T01 température,  
H21 humidité,  
R66 insolation,  
V51 vitesse du vent.

Au moment de la lecture de ces données, on constitue un vecteur NAB à 200 positions correspondant aux années 1801 à 2000 ; ce vecteur, dit "d'existence des données", est mis à zéro avant le début des lectures pour chaque station. Il joue, pour les années, un rôle analogue à celui de ITHIV pour la station. Pour les températures, par exemple, le sous-programme FMMT $\emptyset$

a transféré le vecteur NAT du numéro des années d'observation et le nombre NBAT de ces années. Il suffit de transférer dans NAB le renseignement "données existantes en température pour les années NAT" au moyen de la boucle :

DØ 7001 JJ = 1, NBAT,  
NAB (NAT (JJ) - 1 800) = NAB (NAT (JJ) - 1 800) + 1 000,  
7001 NAK (JJ, 1) = NAT (JJ),

1 000 constituant la valeur attribuée à la température dans le vecteur NAB. NAK est une matrice générale regroupant les numéros des années d'observation des quatre variables choisies. Le second indice (1) désignant le phénomène température ; pour les autres variables, il prend successivement les valeurs 2 (insolation), 3 (humidité) et 4 (vent).

Dans le même temps, on constitue un vecteur NBTRHV (I), du nombre d'années d'observation pour chaque phénomène, I variant de 1 à 4 dans les mêmes conditions que précédemment. Pour les valeurs de NAB, les conventions sont les mêmes que pour ITHIV.

La constitution de ces éléments de recherche et de classement est schématisée dans l'organigramme de la figure 4.

La séquence des opérations, représentée sur la figure 5, est finalement la suivante :

- Pour une station :

- lecture des renseignements concernant la station, notamment des variables qui s'y rapportent, utiles au calcul,
- calcul des valeurs constantes pour la station (radiation en dehors de l'atmosphère etc.),
- initialisation de variables diverses ,
- lectures des données par type de données, dans une boucle générale sur NVARR (J), J variant de 1 à 20, qu'on appellera la boucle DØ122. La distribution des programmes de lecture se fait par un GØ122 calculé,
- lecture des températures moyennes mensuelles, constitution de la matrice NAK (JJ, 1) et calcul des valeurs NAB pour l'existence de la température. Constitution de la matrice TO1 ; calcul des moyennes annuelles ; calcul de la correction F (bac d'eau libre),

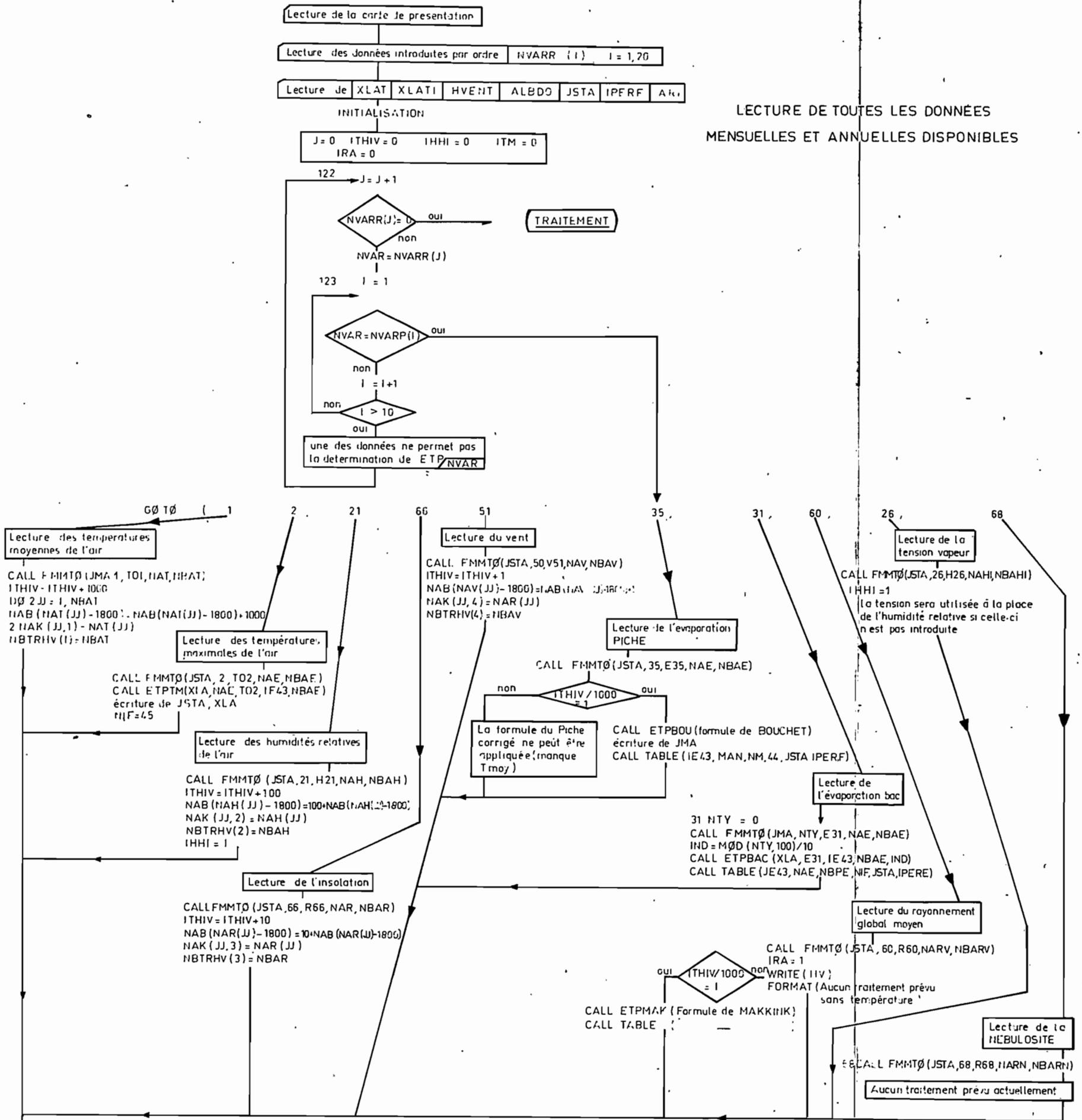
- lecture des températures maximales moyennes mensuelles. Constitution de la matrice TO2 et calcul immédiat de l'ETP par appel de ETPTM. Impression des résultats,
- lecture des humidités relatives moyennes mensuelles. Constitution de NAK (JJ, 3), calcul des valeurs de NAB pour l'existence de l'humidité relative. Constitution de la matrice H21,
- lecture de la durée d'insolation moyenne mensuelle. Constitution de NAK (JJ, 2), de la matrice R66 ; calcul des valeurs de NAB pour l'existence de l'insolation,
- lecture de la vitesse moyenne mensuelle du vent. Constitution de NAK (JJ, 4) et de la matrice V51 ; calcul des valeurs de NAB pour l'existence du vent,
- lecture des évaporations PICHE (E36).  
Contrôle ITHIV pour l'existence de la température moyenne ; si cette donnée existe, appel de ETBOU, calcul de l'ETP par la méthode de BOUCHET et impression des résultats (PICHE corrigé),
- lecture des évaporations sur bac d'eau libre.  
Contrôle du type de bac. Un GØTØ calculé renvoie au traitement approprié de la matrice E31. Au besoin appel de ETPBAC. Impression des résultats,
- lecture du rayonnement global mesuré (R60). Contrôle de l'existence de la température moyenne, si elle existe appel de ETPMAK pour calcul de l'ETP par la formule de MAKKINK. Impression des résultats,
- lecture de la tension de vapeur (H26). Elle est lue comme les autres variables, mais il ne faut pas oublier qu'elle est perforée en notation exponentielle spéciale ; la traduction est faite dans le programme principal. Elle n'est utilisée que s'il n'existe pas déjà des données d'humidité relative qui représentent une autre forme du même phénomène et s'il existe des données sur la température moyenne. Lorsque la tension de vapeur est utilisée, elle est convertie en humidité relative pour être consignée dans une matrice qui prend également le nom H21,
- lecture de la nébulosité.  
Elle est assurée, mais on a déjà indiqué que cette variable n'est pas utilisée pour l'instant.



Fig - 5

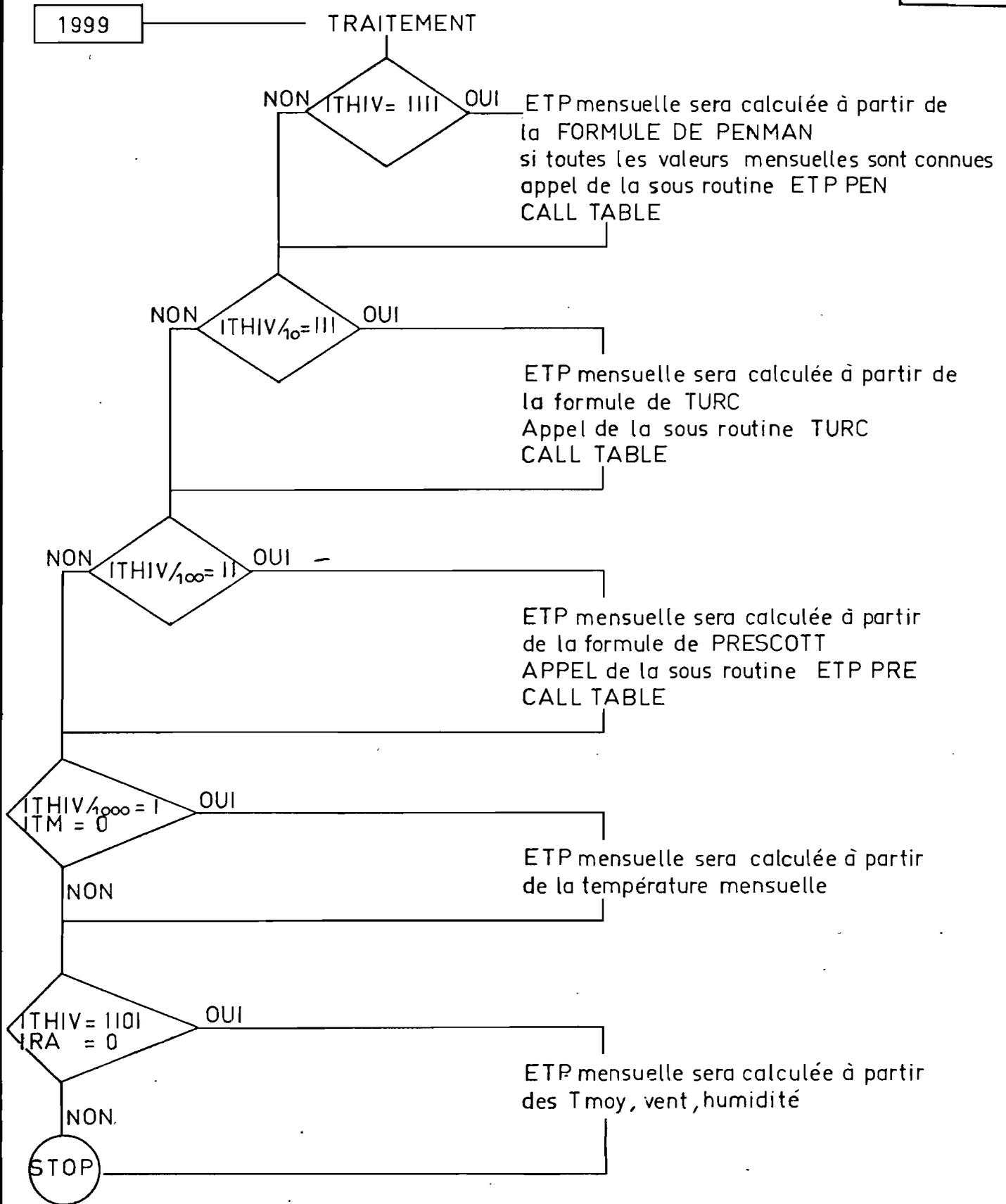
DATA NVARR / 1 2 21 66 50 35 31 60 26 68 /

LECTURE DE TOUTES LES DONNÉES  
MENSUELLES ET ANNUELLES DISPONIBLES



G0 T0 122

Nota: Chaque fois que possible on porte comme argument supplémentaire le numéro du direct signalé.



A ce stade du programme, on a déjà fait appel à un certain nombre de sous-programmes de calcul de l'ETP ; il reste à mettre en oeuvre les données les plus classiques dont les combinaisons permettent les calculs les plus connus de l'ETP.

On a parlé du rôle joué par la variable ITHIV, caractéristique de l'existence dans le fichier de tel ou tel type de ces données, pour orienter le choix des programmes à mettre en oeuvre, ou plus exactement pour vérifier si les données disponibles permettent l'application de telles méthodes. Le traitement systématique commence donc par une série de tests sur la valeur d'ITHIV. On pourrait généraliser l'emploi de cette variable pour gérer l'utilisation de toutes les méthodes contenues dans le programme.

La figure 6 montre le principe de la logique. Le fait que tous les contrôles aient été groupés en début de traitement ne change rien à la validité du schéma. En fait, seuls sont utilisés, dans la version du programme présentée ici, les tests correspondant aux trois premiers cas :

- le premier cas, ITHIV = 1 111, permet l'utilisation de la formule de PENMAN. Elle est utilisée ici suivant les deux versions ETPPEN (originale) et EPRIOU (corrigée par RIOU). Le transfert des variables dans les sous-programmes se fait mois par mois et non globalement comme pour les autres méthodes,
- le cas ITHIV = 1 110 renvoie à l'utilisation de la formule de Turc (TURC) et au calcul du rayonnement net qui, d'après HLAVEK, constitue une approche de l'estimation de l'ETR (RANETM),
- enfin, le cas ITHIV = 1 100 renvoie à la formule de PRESCOTT (ETPPRE).

Le listing du programme général de calcul de l'ETP, programme principal et sous-programmes, est donné en annexe.

#### 2.4. Programmes divers :

Le programme général de calcul de l'ETP est basé sur un pas de temps mensuel . C'est généralement suffisant, mais le traitement de certains problèmes peut exiger un intervalle de temps plus court.

Pour l'évapotranspiration potentielle, on a établi un programme de calcul au pas de temps journalier, basé sur la formule de PENMAN ; c'est le programme PØH 210 dont on trouvera un listing en annexe.

Les données sont tirées du fichier climatologique journalier (carte COH 201). Pour chaque année, on lit successivement les éléments suivants :

- température moyenne journalière en °C,
- insolation journalière en heures,
- tension de vapeur moyenne journalière en mb,
- vitesse moyenne journalière du vent en m/s.

La lecture est faite au moyen d'un sous-programme FJMTØ. La disposition exacte des données est présentée en tête du listing.

Le calcul de l'ETP est effectué dans le programme principal qui calcule également, pour un nombre important de variables climatiques et de variables intermédiaires, les totaux ou les moyennes décadaires et mensuelles.

Le tableau joint montre un exemple de sortie. La signification des abréviations est la suivante :

INSOLM	: durée théorique d'insolation (sans atmosphère),
INSOL	: durée mesurée de l'insolation,
VENT	: vitesse moyenne du vent,
TMOY	: température moyenne journalière,
E OBS	: tension de vapeur moyenne mesurée dans l'air,
E SAT	: tension de vapeur saturante à la température TMOY,
PENTVGS	: rapport à la constante psychrométrique de la pente de la courbe de variation de la tension de vapeur saturante en fonction de la température,
PSG1PSG	= $PENTVGS / (1. + PENTVGS)$ ,
IGA	: rayonnement global théorique,
RG	: rayonnement global,
RN	: rayonnement net,
EAPEN	: évaporation fictive de PENMAN,
ETP	: évapotranspiration potentielle.

DIV 261595

STATION NO 2 ETP PENMAN POUR L ANNEE 1969 EN PRENANT 0.15 COMME VALEUR DE L ALBEDO  
 RADIATION INCIDENTE EN MM D EAU EVAPOREE/JOUR JOUR ASTRONOMIQUE EN HRES  
 LE VENT EST MESURE A 2.0 METRES. SI LA HAUTEUR DE MESURE NEST PAS DE 10 M , UNE CORRECTION EST EFFECTUEE

MOIS	JOUR	INSOLM	INSOL	VENT	T MOY	E OBS	E SAT	PENTVGS	PSG1PSG	IGA	RG 1-A	RG	RN	EAPEN	ETP
		HRE	HRE	M/S	OC	MB	MB			MM/J	MM/J	MM/J	MM/J	MM/J	MM/J
5	1	12.5	8.3	1.0	32.1	33.60	48.42	4.30	0.811	15.1	9.0	7.6	7.5	5.4	7.1
5	2	12.5	6.2	0.8	28.3	32.18	38.78	3.53	0.779	15.1	7.4	6.3	6.2	2.2	5.3
5	3	12.5	3.4	1.1	29.2	33.00	40.89	3.70	0.787	15.1	5.3	4.5	4.4	3.0	4.1
5	4	12.5	5.8	0.9	29.8	33.42	42.36	3.82	0.792	15.1	7.1	6.0	5.9	3.1	5.3
5	5	12.5	0.9	1.1	28.1	32.07	38.32	3.49	0.777	15.1	3.4	2.9	2.9	2.4	2.7
5	6	12.5	6.9	1.0	27.5	31.10	36.98	3.38	0.772	15.1	7.9	6.7	6.6	2.1	5.6
5	7	12.5	2.9	1.0	27.1	29.97	36.11	3.31	0.768	15.1	4.9	4.1	4.1	2.2	3.7
5	8	12.5	9.5	0.9	30.0	34.20	42.86	3.86	0.794	15.1	9.8	8.3	8.2	3.0	7.1
5	9	12.5	7.7	0.6	30.3	34.28	43.61	3.92	0.797	15.1	8.5	7.2	7.1	3.0	6.3
5	10	12.5	8.8	1.1	30.3	32.67	43.61	3.92	0.797	15.1	9.3	7.9	7.8	4.1	7.0
5	11	12.5	7.0	1.1	30.6	32.84	44.38	3.98	0.799	15.0	7.9	6.7	6.6	4.4	6.2
5	12	12.5	4.9	1.1	29.7	32.89	42.11	3.80	0.792	15.0	6.4	5.4	5.3	3.5	4.9
5	13	12.5	8.4	1.1	30.5	34.99	44.13	3.96	0.798	15.0	8.9	7.6	7.5	3.5	6.7
5	14	12.6	8.7	1.1	31.2	35.57	45.96	4.10	0.804	15.0	9.2	7.8	7.7	3.9	6.9
5	15	12.6	4.2	1.1	29.8	32.66	42.36	3.82	0.792	15.0	5.8	4.9	4.9	3.7	4.6
5	16	12.6	9.6	1.1	31.6	33.68	47.04	4.19	0.807	15.0	9.8	8.3	8.2	5.0	7.6
5	17	12.6	9.0	1.1	30.5	31.15	44.13	3.96	0.798	15.0	9.4	8.0	7.8	4.9	7.2
5	18	12.6	10.9	1.1	30.9	30.89	45.16	4.04	0.802	15.0	10.8	9.1	9.0	5.4	8.3
5	19	12.6	8.5	1.4	30.0	32.23	42.86	3.86	0.794	15.0	9.0	7.6	7.5	4.3	6.8
5	20	12.6	8.7	1.4	28.8	30.07	39.94	3.62	0.784	15.0	9.1	7.7	7.6	4.0	6.8
5	21	12.6	8.9	1.0	30.6	31.60	44.38	3.98	0.799	15.0	9.2	7.9	7.7	4.7	7.1
5	22	12.6	8.5	0.9	30.2	34.34	43.36	3.90	0.796	15.0	8.9	7.6	7.5	3.2	6.6
5	23	12.6	7.9	0.9	28.2	32.23	38.55	3.51	0.778	14.9	8.5	7.2	7.1	2.2	6.0
5	24	12.6	3.3	1.1	28.0	31.81	38.09	3.47	0.776	14.9	5.1	4.3	4.3	2.4	3.9
5	25	12.6	9.3	0.9	30.1	33.88	43.11	3.88	0.795	14.9	9.5	8.1	8.0	3.2	7.0
5	26	12.6	4.7	0.8	28.6	32.29	39.47	3.59	0.782	14.9	6.1	5.2	5.1	2.4	4.5
5	27	12.6	10.2	0.5	30.3	33.28	43.61	3.92	0.797	14.9	10.1	8.6	8.5	3.2	7.4
5	28	12.6	4.8	1.0	27.4	30.47	36.76	3.37	0.771	14.9	6.2	5.3	5.2	2.3	4.5
5	29	12.6	8.0	0.9	26.0	30.02	33.81	3.12	0.758	14.9	8.5	7.2	7.1	1.3	5.7
5	30	12.7	8.5	1.0	27.7	32.86	37.42	3.42	0.774	14.9	8.9	7.5	7.4	1.7	6.1
5	31	12.7	6.8	0.8	29.0	33.50	40.41	3.66	0.785	14.9	7.6	6.5	6.4	2.3	5.5

TOTAUX (T) OU MOYENNES (M) PAR DECADE ET PAR MOIS

DECADE	J	T	T	M	M	M	M	T	T	T	T	T	T
1	10	124.9	60.4	1.0	29.3	32.65	41.19	150.8	72.3	61.5	60.6	30.7	54.2
2	11	125.6	79.9	1.2	30.4	32.70	43.81	150.1	86.2	73.3	72.1	42.5	66.0
2	11	138.9	80.9	0.9	28.7	32.39	39.91	164.1	88.8	75.5	74.3	29.0	64.3
MOIS	31	389.5	221.2	1.0	29.4	32.57	41.58	465.0	247.3	210.2	207.0	102.2	184.5

Un programme de calcul journalier a été également mis au point pour la formule de BRUNT. Suivant HLAVEK et OBERLIN, un tel calcul pourrait être utilisé pour la détermination de l'ETR. Cela ne peut être accepté sans réserve, surtout pour des zones relativement arides.

2.5. Application du programme général de l'ETP aux données climatiques de CÔTE d'IVOIRE :

Le programme a été appliqué à toutes les stations de CÔTE d'IVOIRE pour lesquelles on disposait des données adéquates. Le but de cette opération était double :

- mise au point du programme lui-même sur un échantillon suffisamment important , permettant notamment de tester le bon fonctionnement des différents contrôles,
- montrer, de façon significative, les écarts entre les différents modes de calcul.

2.5.1. Information utilisée :

L'information comprend les données suivantes (valeurs mensuelles) :

- température moyenne de l'air,
- température maximale de l'air,
- vent,
- humidité de l'air,
- évaporation PICHE,
- insolation,

pour les onze stations de CÔTE d'IVOIRE :

ABIDJAN AERO,  
ADIAKE,  
BONDOUKOU,  
BOUAKE AERO,  
DIMBOKRO,  
FERKESSEDOUGOU,  
GAGNOA,  
MAN AERO,  
ODIENNE,  
SASSANDRA,  
TABOU.

Pour la vitesse du vent, les valeurs perforées sont exprimées en cm/s et proviennent de conversion lorsque le vent, dans les publications, est donné en km/heure. Les différents éléments climatologiques sont perforés suivant le code habituel sur la carte normalisée COH 202.

Chaque groupe d'une des données est précédé d'une carte de définition et suivi d'une carte blanche.

Devant chaque groupe de données, on place les trois cartes suivantes :

- 1 carte de définition de la station,
- 1 carte d'ordre de présentation des groupes,
- 1 carte des caractéristiques de la station.

#### 2.5.2. Traitement de contrôle des données de CÔTE-D'IVOIRE :

Ce traitement est réalisé à partir du programme PØH 211.

Les résultats obtenus demandent à être critiqués par un spécialiste en météorologie possédant toute la documentation concernant les dates d'échange des divers types de matériel météorologique, les dates de changement d'emplacement de la station et celles des modifications dans l'exploitation des appareils, etc..

Pour les données de CÔTE D'IVOIRE, les résultats obtenus sont présentés dans le tableau joint. Ce tableau résume les appréciations apportées à la variabilité de chacune des données traitées pour chacune des stations climatologiques les plus importantes.

Pour l'étude des durées d'insolation, il convient de prendre pour la station d'ABIDJAN les observations de 1959 à 1972 ou celles de 1955 à 1972. Il semble en effet, que, de 1951 à 1955 et même 1959, on a pour cette station, soit une variation du système de dépouillement, soit une lacune à l'enregistrement.

L'examen attentif du tableau récapitulatif permet de recouper les appréciations qu'il contient selon deux possibilités :

- observer la variabilité dans l'espace de ces anomalies  
par exemple : température moyenne excessivement faible à GAGNOA, MAN, ODIENNE, TABOU pour les années 1971 et 1972,

- observer à une même station pour deux phénomènes naturels des incompatibilités notoires,

par exemple : à ABIDJAN, on note des températures maximales extrêmement fortes en même temps que des évaporations "PICHE" extrêmement faibles,

: à SASSANDRA, on note des évaporations "PICHE" très faibles en même temps que des humidités de l'air très faibles.

2.5.3. Traitement des données à l'aide du programme général de calcul de ETP et les résultats :

Ce traitement a été réalisé à partir des données brutes d'origine. Les valeurs moyennes annuelles d'ETP, calculées à partir des formules incluses dans le programme, sont présentées dans le tableau joint.

Les valeurs obtenues à partir des formules de PENMAN, de PENMAN corrigée par RIOU, de TURC ne présentent jamais un écart supérieur à 20 %. On notera les écarts particulièrement importants, par rapport aux autres estimations, de l'évapotranspiration calculée à partir des mesures au PICHE par la méthode de BOUCHET.

A titre d'exemple, on donne en annexe les sorties du programme général relatives à la station de FERKESSEDOUGOU. On doit insister sur le fait qu'il s'agit d'un exemple "méthodologique" exécuté sur un fichier "en l'état" et non à partir d'un fichier opérationnel. On doit donc faire toute réserve en ce qui concerne la valeur des résultats.

TABLEAU DES CRITIQUES SUR L'HOMOGENEITE  
DES DONNEES DE COTE-D'IVOIRE

	Température		Vent	Humidité	Evaporation PICHE	Insolation
	moyenne air	maximale air	mauvaises données	% air		
ABIDJAN		1951-1952- 1953-1959 : except. forte ou dou- teuses		1959 extrême mement faible	1951-1952- 1953 except. faibles	changement du mode de dépouille- ment septem- bre 1954 1954-1959 ?
ADIAKE			Vent nul de 1958 à 1962	1971 except. faible	tendance croissance constante de 1961-1972	
BONDOUKOU		1958 except. faible		diminution constante		
BOUAKE	1951 à 1954 nouveau groupe- ment de données	1951-1954 nouveau groupement de données		1961-1962 except. faible	1951-1953- 1954 except. faibles	Années dou- teuses 1951 à 1959
DIMBOKRO	influence des TMAX	1957-1958 1960-1961 except. forte	Vent nul de 1964 à 1972	1966 except. forte	1960-1961- 1962 except. faibles	
FERKESSEDOUGOU	tendance à la crois- sance de- puis 1956	tendance à la crois- sance de- puis 1956	souvent nul avec quelques valeurs		1952 except. forte	

TABLEAU DES CRITIQUES SUR L'HOMOGENEITE  
DES DONNEES DE COTE-D'IVOIRE

(suite)

	Température		Vent mauvaises données	Humidité % air	Evaporation PICHE	Insolation
	moyenne air	maximale air				
GAGNOA	1971-1972 except. faible		Vent nul de 1958 à 1961	1968 à 1971 ex- cept. très faible	données in- consistantes	
MAN	1971-1972 faible			1963 except. forte		décembre 1966 188,1 au lieu de 88,1
ODIENNE	1971-1972 faible		Vent sou- vent nul		Année dou- teuse 1962 et 1968 - 2 Groupes de données 1951 à 1958 1963 à 1972	Année dou- teuse 1961- 1963
SASSANDRA	à partir de 1959 plus de variance	- idem.-		décrois- sance cons- tante de 1951 à 1965	décroissance except. 1968 à 1972	
TABOU	1971-1972 except. faible				2 groupes de données 1951- 1960 1962-1972	valeur fai- ble août 1969

QUELQUES VALEURS DE ETP en mm (COTE-D'IVOIRE)

STATIONS	T°MAX	PICHE	PENMAN	PENMAN corrigé RIOU	TURC	RAYNET a=0,25	PRESCOTT
ABIDJAN	1158	685	1577	1427	1422	1361	1292
ADIAKE	1215	755					1249
BONDOUKOU	1360	1446	1518	1338	1428	1292	1777
BOUAKE	1370	1473	1506	1333	1321	1210	1727
DIMBOKRO	1537	1080					1832
FERKESSEDOUGOU	1640	1547	1711	1503	1666	1432	2134
GAGNOA	1306	773	1414	1214	1295	1225	1429
MAN	1262	1066	1345	1146	1305	1220	1438
ODIENNE	1555	1870	1570	1351	1576	1367	2061
SASSANDRA	1077	830	1547	1427	1451	1401	1054
TABOU	1053	986	1469	1336	1342	1301	1115

### CHAPITRE 3

#### TRAITEMENT DES DEFICITS HYDRIQUES

Le terme déficit hydrique recouvre deux notions différentes :

- le déficit hydrique climatique qui ne met en jeu que les caractéristiques du climat,
- le déficit hydrique du sol qui tient compte des relations entre certaines propriétés du sol et les caractéristiques du climat.

Ces notions seront précisées par la suite.

Le calcul des déficits hydriques peut être, suivant les besoins, effectué à différents pas de temps, les plus courants étant :

- journalier,
- pentadaire,
- décadaire,
- mensuel.

La différence dans les programmes de traitement se traduit surtout dans la présentation et l'introduction des données, dans la préparation éventuelle des découpages. Le programme qui sera présenté calcule au pas de temps mensuel, correspondant aux données stockées sur les cartes COH 202. Un programme calculant au pas de temps journalier à partir des données de la carte COH 201 serait assez peu différent.

Il faut voir cependant que les données mensuelles sont souvent plus accessibles que les données journalières, du fait que l'ETP est le plus souvent calculée mensuellement. Il est rare, d'autre part, qu'on ait réellement besoin des déficits journaliers, les prévisions d'irrigations, par exemple, ne pouvant guère se faire au jour le jour. Par contre, les agronomes sont souvent intéressés par des déficits pentadaires et décadaires. Compte tenu de la présentation habituelle des données (jour ou mois), on peut envisager deux modes de traitement :

- à pas de temps journalier, dont on regroupera les résultats en pentades ou en décades,

- à pas de temps mensuel, dont on distribuera les résultats en pentades ou en décades.

Il est clair que dans la mesure où on dispose effectivement, en entrée, de valeurs journalières, le premier mode de calcul sera formellement plus précis que le second. Reste à savoir si cette précision est significative et utile. On peut également, à partir des données d'entrées journalières, préparer des données pentadaires ou décadaires et les traiter dans un programme fonctionnant à ces pas de temps.

Il est difficile, dans une étude méthodologique aussi générale que celle-ci, de prévoir tous les cas possibles. C'est pourquoi on se contentera de traiter les déficits hydriques en pas de temps mensuel, en signalant au besoin les cas où un autre mode de calcul serait préférable.

### 3.1. Concepts et définitions :

#### 3.1.1. Le déficit hydrique climatique :

Le concept fondamental du déficit est la non satisfaction d'un besoin. Si on ne dispose d'aucune réserve, ou si les réserves disponibles ne permettent pas d'effectuer des transferts importants d'un intervalle temps (sur lequel porte le calcul) à l'intervalle suivant, on doit à chaque instant (ou dans chaque intervalle) satisfaire le besoin B par un apport A qui lui soit au moins égal :

si  $A > B$  il y a excédent,

si  $A < B$  il y a un déficit égal à  $B - A$ .

Dans le cas de l'agronomie, le besoin est le besoin en eau des cultures BC (T) défini pour un intervalle de temps T donné par des considérations qui relèvent aussi bien de l'économie que de la biologie végétale. Dans l'hypothèse d'une réserve du sol nulle, seule la pluie P (T) tombée dans le même intervalle peut fournir l'eau nécessaire à la satisfaction de BC (T). Le déficit hydrique sera alors :

$$DE (T) = BC (T) - P (T) \text{ si } BC (T) > P (T)$$

$$DE (T) = 0 \quad \text{si } BC (T) < P (T)$$

Dans le second cas, il y aura un excédent pluviométrique :

$$PE (T) = P (T) - BC (T)$$

Le déficit hydrique ainsi défini est lié à la nature de la culture et à son état végétatif. Il ne peut donc pas constituer un paramètre climatique. Or la comparaison des climats entre eux, du point de vue du déficit hydrique, exige un tel paramètre. D'où l'idée d'introduire un :

#### DEFICIT HYDRIQUE CLIMATIQUE

en supposant que le besoin est constamment égal à ETP, ce qui correspondrait en gros à des cultures toujours en plein développement et irriguées pour satisfaire pleinement, à chaque instant, leur besoin en eau, dans les conditions climatiques locales :

$$\begin{aligned} DE &= ETP - P && \text{si } ETP \geq P \\ DE &= 0 \\ \text{et } PE &= P - ETP && \text{si } ETP < P \end{aligned}$$

#### 3.1.2. Le déficit hydrique du sol :

En réalité, une partie de la précipitation, non utilisée par l'évapotranspiration, peut être stockée dans le sol. Mais celui-ci ne peut pas absorber indéfiniment toute l'eau qui lui est proposée. Il existe une limite maximale, un "seuil supérieur" qu'on appellera :

#### TENEUR MAXIMALE EN EAU DU SOL (TENOSM)

D'un autre côté, les plantes ne peuvent pas tirer la totalité de l'eau contenue dans le sol ; il existe un seuil inférieur qu'on appellera :

#### TENEUR MINIMALE EN EAU DU SOL (XRES)

#### 3.1.2.1. Déficit hydrique théorique du sol :

A l'échelle d'un bassin versant, ou d'une zone de culture, ces deux paramètres sont définis par les caractéristiques pédo-agronomiques, ou sol-végétation, de la zone ou du bassin.

Considérons maintenant un sol pour lequel TENOSM et XRES ne sont pas nuls, couvert d'une végétation exigeant en permanence ETP pour bien se porter. On suppose de plus que ETP ne peut être fournie par le sol que si sa teneur en eau EAU est égale à TENOSM ; sinon, l'évapotranspiration réelle ETR sera inférieure à ETP. On peut dire que la végétation subira un déficit hydrique égal à  $ETP - ETR$  qui pourrait éventuellement lui être apporté par irrigation. On a défini le

#### DEFICIT HYDRIQUE THEORIQUE DU SOL.

Dans cette hypothèse, ETR décroît avec EAU. On a admis, dans le programme de calcul, avec THORNTWAITE et KALMAN, que :

$$ETR = ETP * EAU/TENOSM$$

EAU étant la teneur en eau au début du mois. Cette teneur, pendant le mois qui suit, va être augmentée de la pluie du mois et diminuée de l'ETR :

$$EAU \text{ (fin de mois)} = EAU \text{ (début de mois)} - ETR + P$$

Si on suppose, en première approximation, que ETR est bien calculée par la relation qui précède, le déficit théorique est égal à :

$$DE = ETP (1 - EAU/TENOSM)$$

Il est bien évident que la teneur en eau ne peut être supérieure à TENOSM qui est la teneur maximale, caractéristique du sol.

Si le calcul donnait, comme valeur de EAU en fin de mois :

-  $EAU > TENOSM$ ,

on aurait une pluie excédentaire  $PE = EAU - TENOSM$ ,  
un déficit nul :  $DE = 0$   
et il faudrait ramener EAU à la valeur TENOSM,

-  $TENOSM > EAU > XRES$ ,

on aurait  $PE = 0$  ,  $DE = 0$ ,

-  $XRES > EAU > 0$ ,

on aurait  $PE = 0$  ,  $DE = XRES - EAU$ ,

-  $EAU < 0$ ,

on aurait  $PE = 0$  ,  $DE = XRES - EAU$

et il faudrait ramener EAU à la valeur XRES puisqu'on admet que cette partie de la réserve ne peut pas être tirée du sol par l'évapotranspiration.

Bien entendu, ce modèle ne prétend pas représenter exactement le comportement physique du sol évaporant, c'est un schéma assez grossier. Même dans le cadre de ce schéma, le calcul n'est pas tout à fait correct puisqu'on considère que ETR calculée avec la valeur de EAU au début du mois est

valable pour le mois entier. En toute rigueur, il faudrait procéder par itération, ce qui, outre la complication introduite dans les calculs, poserait des problèmes pour les tests sur la valeur de EAU.

En fait, l'importance de l'erreur dépend essentiellement de celle de la variation de EAU pendant l'intervalle de calcul. Un artifice consiste donc à fragmenter le calcul sur 1 mois en plusieurs parties, revenant à chaque fois au calcul de l'ETR. Dans le programme décrit plus loin, on s'est contenté de couper le mois en deux.

### 3.1.2.2. Déficit minimal du sol :

Supposons que, pendant un intervalle de temps de calcul, on cherche à compenser, au moins partiellement, le déficit défini par  $DE = ETP - ETR$ , en fournissant une certaine quantité d'eau (irrigation par exemple). Au départ, le stock d'eau va se trouver augmenté d'autant et on pourra écrire :

$$EAU = EAU + DOSE \text{ d'irrigation.}$$

La dose d'irrigation peut ainsi être réglée de manière que la teneur en eau du sol ne descende jamais au-dessous d'une certaine valeur fixée à l'avance telle que les cultures soient supposées pouvoir s'en satisfaire. Cette teneur en eau limite ne peut être inférieure à XRES puisque, par définition, XRES est la limite à partir de laquelle les plantes ne peuvent plus être alimentées en eau.

On appellera :

#### DEFICIT HYDRIQUE MINIMAL DU SOL

la valeur DE des doses d'irrigation nécessaires au maintien de  $EAU \geq XRES$ .

Le problème de l'évolution du stock pendant l'intervalle de calcul est encore plus délicat que pour le déficit théorique. Aussi, le mois a-t-il été divisé en trois parties (rotations pour le calcul du bilan).

A l'intérieur d'une de ces rotations, on commence par faire le bilan en l'état naturel.

On contrôle alors si le stock final n'est pas inférieur au minimum admis. Si on trouve  $EAU < XRES$ , on ajoute à EAU une dose d'irrigation qui est une fraction de la teneur maximale (TENOSM/AK) ; dans le programme proposé, on prend le dixième de cette teneur :  $AK = 10$ .

On recalcule alors ETR, toujours suivant l'hypothèse de THORNTWAITE et KALMAN, on refait le bilan à partir de cette nouvelle valeur d'ETR et de la nouvelle valeur de EAU, on fait un nouveau contrôle sur EAU et XRES, etc., ajoutant à chaque fois une dose TENOSM /AK, jusqu'à ce qu'on trouve  $EAU \geq XRES$ .

Le déficit minimal est égal à la somme des doses ainsi ajoutées.

### 3.1.2.3. Déficit hydrique optimal sol-plante :

La notion de déficit minimal se rapporte en quelque sorte à la quantité d'eau minimale qu'il faut apporter pour que les plantes puissent subsister. On admet que cette subsistance requiert une teneur en eau du sol au moins égale à XRES.

La notion de :

#### DEFICIT HYDRIQUE OPTIMAL

est analogue, mais se rapporte à la quantité d'eau qu'il faut apporter au sol pour que le développement des plantes, ou le rendement des cultures, soit acceptable. Ceci correspond à une certaine teneur en eau OPTIM qui doit être maintenue et qui est supérieure à XRES.

On pourrait conduire le calcul exactement comme pour le déficit minimal en introduisant simplement OPTIM à la place de XRES. En fait, on a préféré opérer d'une façon un peu différente en supposant implicitement, à chaque tour de calcul, que l'apport est suffisant pour que la réserve d'eau du sol soit complétée à OPTIM, et en calculant cet apport pour qu'il en soit ainsi.

Pour les mêmes raisons que lors des calculs des autres déficits, il est bon de diviser le mois en plusieurs intervalles de temps ou "tours de calcul". Dans le programme proposé, on en a pris trois.

Pour chaque intervalle :

- on fait le bilan, en calculant ETR toujours suivant les mêmes hypothèses,
- on en déduit la nouvelle valeur de la réserve EAU,
- si EAU est inférieure à OPTIM, on fait les apports nécessaires  $OPTIM - EAU$  pour ramener EAU à la valeur OPTIM et on comptabilise ces apports dans le compteur DE.

En pratique, pour des raisons de commodité de calcul, la démarche est légèrement différente, le déclenchement des apports s'effectuant au vu du stock initial et non au vu du stock final. Cela n'a guère d'importance et en aurait encore beaucoup moins si le nombre KD de tours était grand.

En fait, le nombre de tours à prendre en considération dépend essentiellement de la valeur des stocks (surtout celle d'OPTIM et celle de TENOSM) par rapport à la consommation d'eau durant le tour de calcul, c'est-à-dire ETR/KD. Pour que la démarche proposée ait un sens, il faut en effet que :

$$\text{OPTIM} - \text{XRES} > \text{ETR}/\text{KD}$$

soit :

$$\frac{\text{OPTIM}}{\text{XRES}} \left( 1 - \frac{\text{ETP}}{\text{KD} * \text{TENOSM}} \right) > 1$$

La condition sera a priori d'autant mieux réalisée que OPTIM et TENOSM sont plus grands, avec bien entendu la contrainte  $\text{OPTIM} < \text{TENOSM}$ . OPTIM et TENOSM étant fixés, le seul moyen d'augmenter le premier membre de l'égalité est d'augmenter KD, c'est-à-dire le nombre de tours de calcul dans le mois. Rien n'empêche d'ailleurs, dans les programmes présentés, de changer la carte  $\text{KD} = 3$  pour une autre instruction donnant n'importe quelle valeur à KD.

En augmentant ainsi KD, on peut arriver progressivement à travailler fictivement à un pas de temps journalier. Il peut alors n'être pas inintéressant de changer la structure du programme et d'introduire directement les données journalières réelles, quand on peut en disposer. Compte tenu de l'alourdissement considérable que cela entraîne pour l'ensemble de l'opération, on devra bien réfléchir, avant de procéder à cette mise en oeuvre, sur l'intérêt réel qu'elle présente.

### 3.1.3. Evaluation de la réserve en eau du sol :

La réserve maximale R "utile pour les plantes" peut être calculée à partir des caractéristiques des sols (capacité au champ, point de flétrissement, densité apparente du sol) et des caractéristiques de la plante (profondeur de l'enracinement).

Hallaire [5] propose la relation :

$$R = h.d'. (C - f) + 30$$

où :

R = réserve en eau maximale exprimée en mm,  
C = capacité au champ,  
f = point de flétrissement,  
h = profondeur de l'enracinement (en dm),  
d' = densité apparente du sol.

Les 30 mm additionnels correspondent à l'ascension capillaire au-dessous de l'enracinement. L'ascension capillaire peut être nulle pour le cas des sols sur cuirasse.

La réserve R est dite "réserve utile du sol". La réserve facilement utilisable, RFU, n'est qu'une fraction de R, souvent prise égale à 2/3. La variable TENOSM, dans l'hypothèse de la relation précédente, est égale à  $h.d'.C + 30$ , tandis que :

$$\text{OPTIM} = \text{TENOSM} - \frac{2}{3} R$$

et  $\text{XRES} = h.d'.f + 30$

### 3.2. Programme de calcul :

Le listing de ce programme (POH 212) est donné en annexe. On rappelle qu'il est basé sur un pas de temps mensuel. Il traite les données station par station, pour un nombre indéterminé de stations, l'arrêt du travail étant obtenu par une carte blanche.

#### 3.2.1. Programme principal :

Les calculs des déficits, ainsi que certaines opérations annexes, sont effectués par des sous-programmes SUBROUTINE.

La présentation des données est clairement définie en tête du listing. Les cartes concernant les données pluviométriques et l'ETP sont conformes aux modèles COH 102 et 202 du livre des codes.

On lit d'abord les cartes 102 de précipitations mensuelles et annuelles. On constitue ainsi :

- une matrice PM (mois, année) des pluies,
- un vecteur NAN (année) du numéro de l'année.

L'année est caractérisée par un indice N qui sert en même temps de compteur et de totalisateur. La valeur finale de N est conservée dans une variable NBAN.

Les ETP mensuelles et annuelles sont lues de la même manière à partir des cartes 202. On constitue la matrice ETP (mois, année) et NAM (année). Le nombre total d'années effectivement introduites est appelé NBAM.

Les matrices comportent en fait 13 mois, le treizième servant pour le total annuel.

Pour que le calcul des déficits soit possible, il faut que les matrices PM et ETP soient complètes, c'est-à-dire qu'elles ne comportent pas de valeurs mensuelles non observées (perforées en valeurs négatives sur les cartes). Pour être sûr qu'il en est ainsi, on fait appel à un sous-programme SUBROUTINE COMPL qui est chargé de compléter les valeurs mensuelles manquantes par la moyenne interannuelle du mois correspondant.

Il faut de plus, pour une année donnée, que l'on ait à la fois les PM et les ETP. Ceci peut être arrangé au moment de la préparation du jeu de cartes introduit pour les données, mais on peut ne pas désirer fractionner un fichier. Le programme principal se charge de l'opération de constitution de matrices PM et ETP portant sur la période commune d'observations. Il faut noter à ce propos qu'ETP étant, pour les climats tropicaux, beaucoup moins variable d'une année sur l'autre que PM, son observation réelle ou les possibilités de la calculer année par année n'existant pas toujours, on se contente souvent d'adopter la même valeur annuelle et la même distribution mensuelle pour toutes les années.

Les calculs des déficits se déroulent alors dans l'ordre suivant :

- calcul du déficit hydrique climatique par appel de la SUBROUTINE DEFHC qui imprime les résultats mensuels et annuels en année calendaire,
- appel de la SUBROUTINE DECAL qui calcule et imprime les résultats annuels en année hydrologique,
- calcul du déficit hydrique théorique du sol par appel de la SUBROUTINE DEFHYD,
- appel de la SUBROUTINE DECAL,
- calcul déficit hydrique minimal par appel de la SUBROUTINE DEFHSM,

- appel de la SUBROUTINE DECAL,
- calcul du déficit hydrique optimal par appel de la SUBROUTINE DEFHSP
- appel de la SUBROUTINE DECAL.

On passe ensuite à la station suivante ou on arrête le travail.

L'organigramme de ce programme principal est donc extrêmement simple. Il se dégage immédiatement de la lecture du listing et il n'a pas été jugé utile de le dessiner.

### 3.2.2. Sous-programmes :

#### 3.2.2.1. SUBROUTINE COMPL (PM, NBAN, NV) :

- Variables transférées :

PM (13, NV) : matrice de la donnée (pluie ou ETP),  
NBAN : nombre d'années observées,  
NV : nombre maximal d'années pouvant être traitées.

Elle est très simple :

- dans une première double boucle, elle calcule pour chaque mois la moyenne interannuelle,
- dans une seconde double boucle, elle substitue aux valeurs négatives de la matrice les valeurs moyennes du mois correspondant.

#### 3.2.2.2. SUBROUTINE DECAL (NV, DEF, PEX, PM, JM, NBAN, NAN) :

- Variables transférées :

NV  
DEF (13, NV) : matrice des déficits,  
PEX (13, NV) : matrice des pluies excédentaires,  
PM (13, NV) : matrice des pluies,  
JM : dernier mois de l'année hydrologique,  
NBAN : nombre d'années traitées,  
NAN (NV) : numéro des années,

A l'intérieur d'une boucle portant sur l'année,

- une première boucle mensuelle totalise les valeurs DEF, PEX et PM des mois 1 à JM,
- une deuxième boucle fait la même opération pour les mois JM + 1 à 12,
- imprime les résultats pour l'année.

3.2.2.3. SUBROUTINE DEFHC (NV, PM, ETP, NBAN, NAN, DEF, PEX) :

- Variables transférées :

NV :  
PM (13, NV) : matrice des pluies,  
ETP (13, NV) : matrice des évapotranspirations potentielles,  
NBAN : nombre d'années d'observations communes de PM et ETP,  
NAN (NV) : numéro de ces années,  
DEF (13, NV) : matrice des déficits hydriques,  
PEX (13, NV) : matrice des pluies excédentaires.

Le mode de calcul du déficit hydrique climatique a été exposé au paragraphe 3.1.1.. L'organigramme du programme est extrêmement simple.

3.2.2.4. SUBROUTINE DEFHYD (NV, PM, ETP, NBAN, NAN, TENOSM, DEF, PEX, XRES) :

- Variables transférées :

NV :  
PM (13, NV) : matrice des pluies,  
ETP (13, NV) : matrice des évapotranspirations potentielles,  
NBAN : nombre d'années d'observations communes de PM et ETP,  
NAN (NV) : numéros de ces années,  
TENOSM : teneur en eau maximale du sol,  
DEF (13, NV) : matrice des déficits hydriques,  
PEX (13, NV) : matrice des pluies excédentaires,  
XRES : teneur en eau minimale du sol.

Le mode de calcul du déficit hydrique théorique du sol a été exposé en 3.1.2.1. KD, nombre de "tours de calcul" dans le mois a été pris égal à 2. La figure 7 montre l'organigramme de calcul pour un tour de calcul (période égale à 1 mois/KD).

3.2.2.5. SUBROUTINE DEFHSM (NV, PM, ETR, NBAN, NAN, TENOSM, DEF, PEX, XRES, AK) :

Outre les variables déjà définies pour DEFHYD, on transfère AK, diviseur de TENOSM, pour obtenir la valeur de la dose d'irrigation moyenne à introduire dans le calcul. AK est pris égal à 10 dans le programme principal proposé.

Le mode de calcul du déficit hydrique minimal du sol a été exposé en 3.1.2.2. KD a été pris égal à 3, il y a donc trois tours de calcul par mois. La figure 8 montre l'organigramme d'un de ces tours.

3.2.2.6. SUBROUTINE DEFHSP (NV, PM, ETP, NBAN, NAN, TENOSM, DEF, PEX, XRES, OPTIM) :

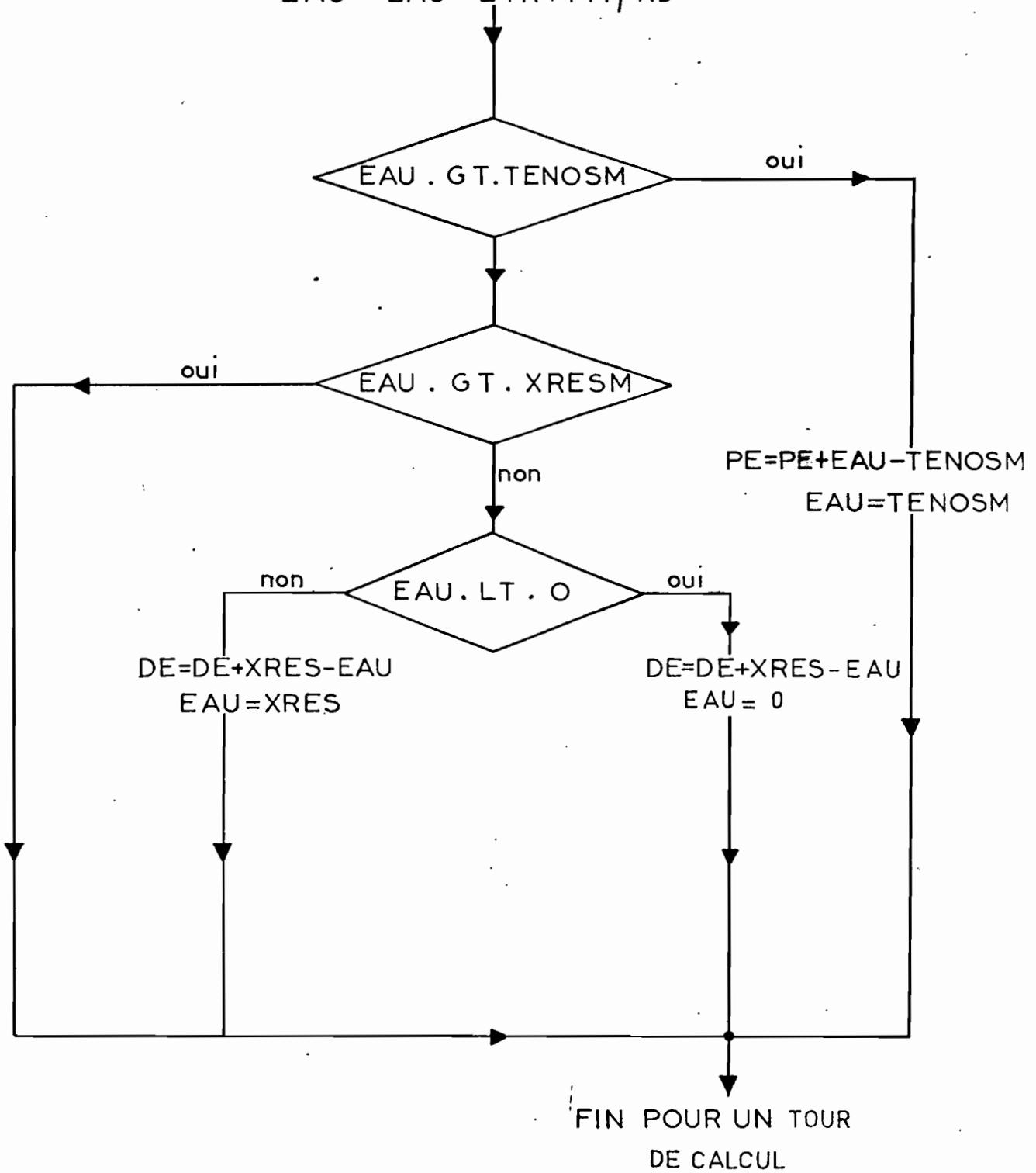
Outre les variables déjà définies pour DEFHYD, on transfère OPTIM, teneur en eau optimale du sol. Dans la présentation actuelle de ce sous-programme, on peut se dispenser de transférer XRES. On l'a laissé néanmoins parmi les arguments, pour le cas où on voudrait introduire des contrôles supplémentaires, notamment dans le cas où OPTIM - XRES est faible devant ETR, ou du même ordre de grandeur.

Le mode de calcul du déficit hydrique optimal du sol a été exposé en 3.1.2.3. KD a été pris égal à 3. L'organigramme du tour de calcul n'a pas été présenté ; il est assez semblable à celui de la figure 8.

DEFICIT HYDRIQUE THEORIQUE  
SUBROUTINE DEFHYD

$$ETR = (ETP / KD) * EAU / TENOSM$$

$$EAU = EAU - ETR + PM / KD$$



FIN POUR UN TOUR  
DE CALCUL

## DEFICIT HYDRIQUE MINIMAL D'UN SOL

## SUBROUTINE DEFHSM

( Organigramme d'un tour de calcul )

EAU = Contenu en eau du sol

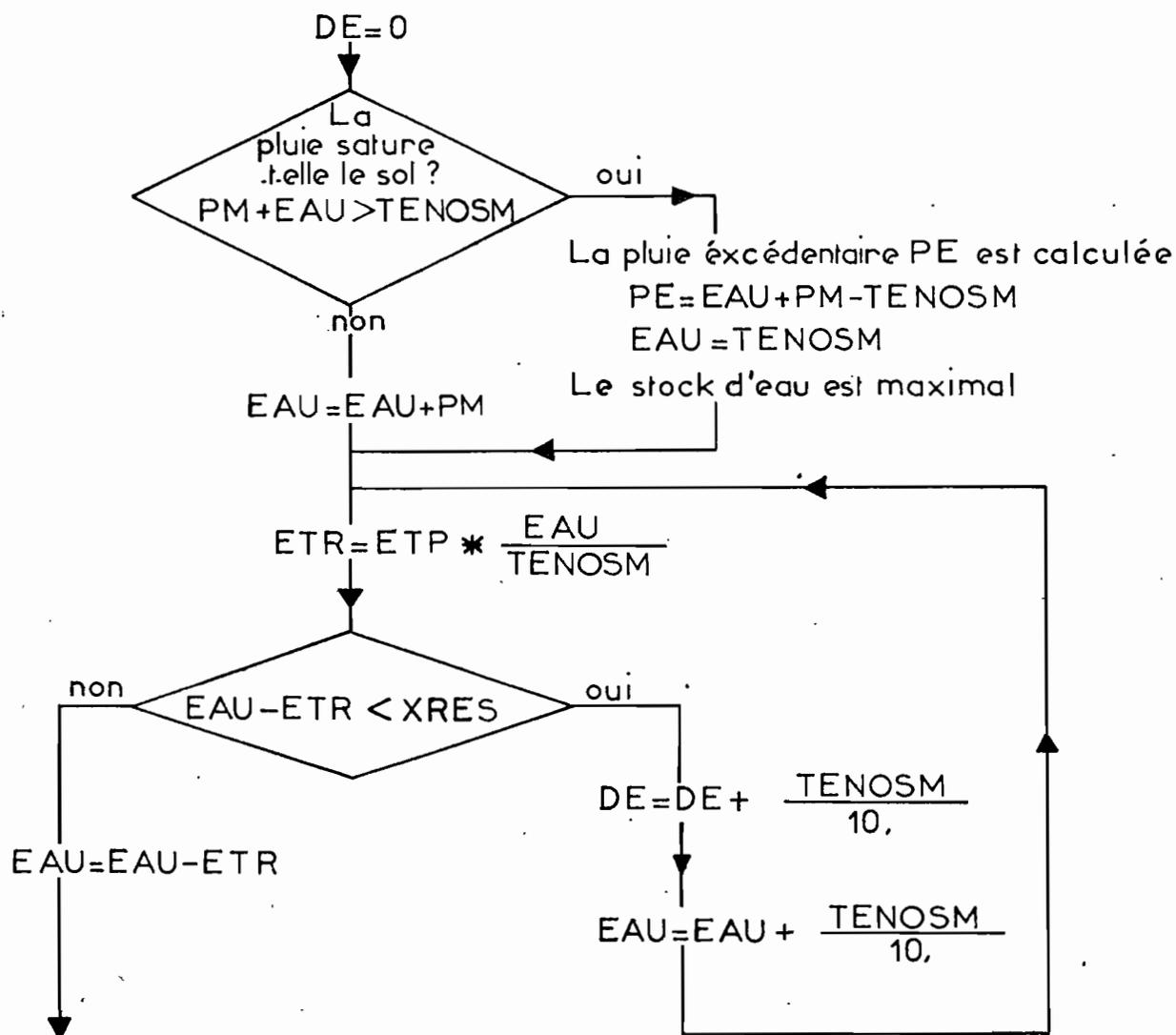
PM = Pluie sur la période

ETP = Evapotranspiration potentielle sur la période

DE = Déficit en cours

TENOSM = Contenu maximal en eau du sol

XRES = Contenu minimal en eau du sol


 $TENOSM/10 = \text{Dose d'arrosage.}$

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

=====

- [1] ROCHE (M.) - "Traitement automatique des données hydrologiques et des données pluviométriques au Service Hydrologique de l'ORSTOM" - Cahiers ORSTOM - Série Hydrologie - Vol. V - N° 3 - 1968 -
- [2] RIOU (C.) - "Etude de l'évaporation en Afrique Centrale - Contribution à la connaissance des climats" - Thèse de Doctorat d'Etat es-Sciences Physiques ORSTOM - PARIS - 1972 -
- [3] BOUCHET (R.J.) - "Evapotranspiration potentielle et évaporation sous abri" - L'eau et la production végétale - Institut National de la Recherche Agronomique - INRA -
- [4] PERRIN DE BRICHAMBAUT - "Rayonnements naturels et bilan énergétique" - Applications aux régimes intertropicaux Revue Bois et Forêts des Tropiques - N° 147 - Janvier-Février 1973 -
- [5] HALLAIRE (M.) - "Irrigation et utilisation des réserves naturelles" - Annales Agronomiques 12 - 1 p.87-97 1961 -
- [6] ROCHE (M.) - "Hydrologie de surface" Gauthier Villars - PARIS 1963 -
- [7] RIQUIER (M.) - "Formules d'évapotranspiration" - Cahiers ORSTOM - Pédologie -
- [8] FORTIN (I.P.) - "La détermination de l'évapotranspiration réelle en vue de son application à des modèles paramétriques de synthèse des débits en Hydrologie" - Thèse de Docteur - MONTPELLIER - 1973 -
- [9] TURC (L.) - "Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle - Ann. Agro. 1961, 12, 1, p. 13-50 -
- [10] PRESCOTT (J.A.) - The comparative climatology of Australia and Argentina - GEOGRAPHICAL REVIEW, 1952, XL11, 1 p.118-133 -
- [11] BAKALOWICZ (M.) - "Une méthode d'estimation de l'évapotranspiration réelle en hydrologie" - Juin 1973 - Ministère de l'Agriculture - GTGREF - ANTONY -
- [12] BROCHET (P.)  
GERBIER (N.) - 1972 - "Une méthode pratique de calcul de l'évapotranspiration potentielle - Annales Agronomiques 23 (1), 31-49 -

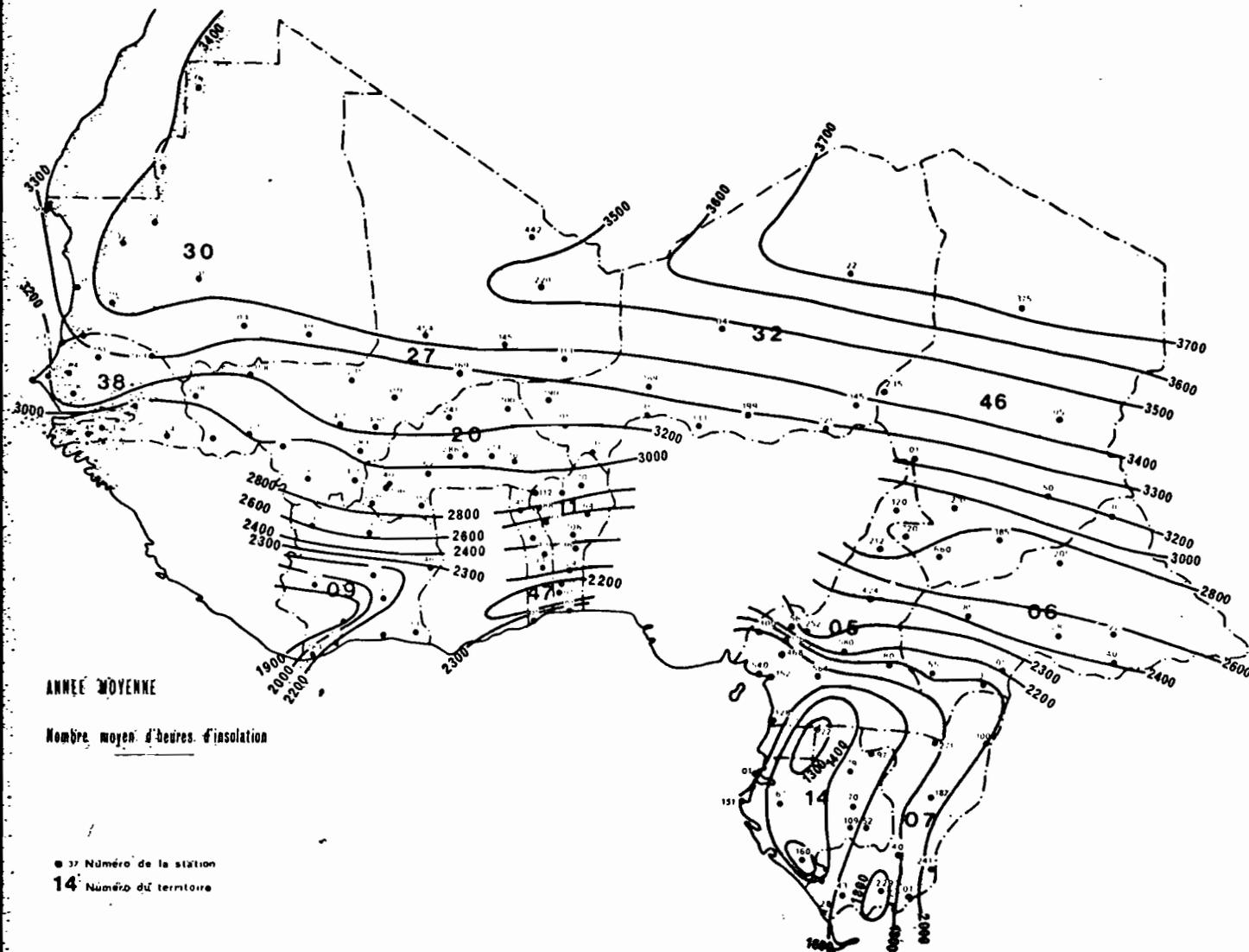
ORSTOM  
LABORATOIRE D'HYDROLOGIE  
DOCUMENTATION

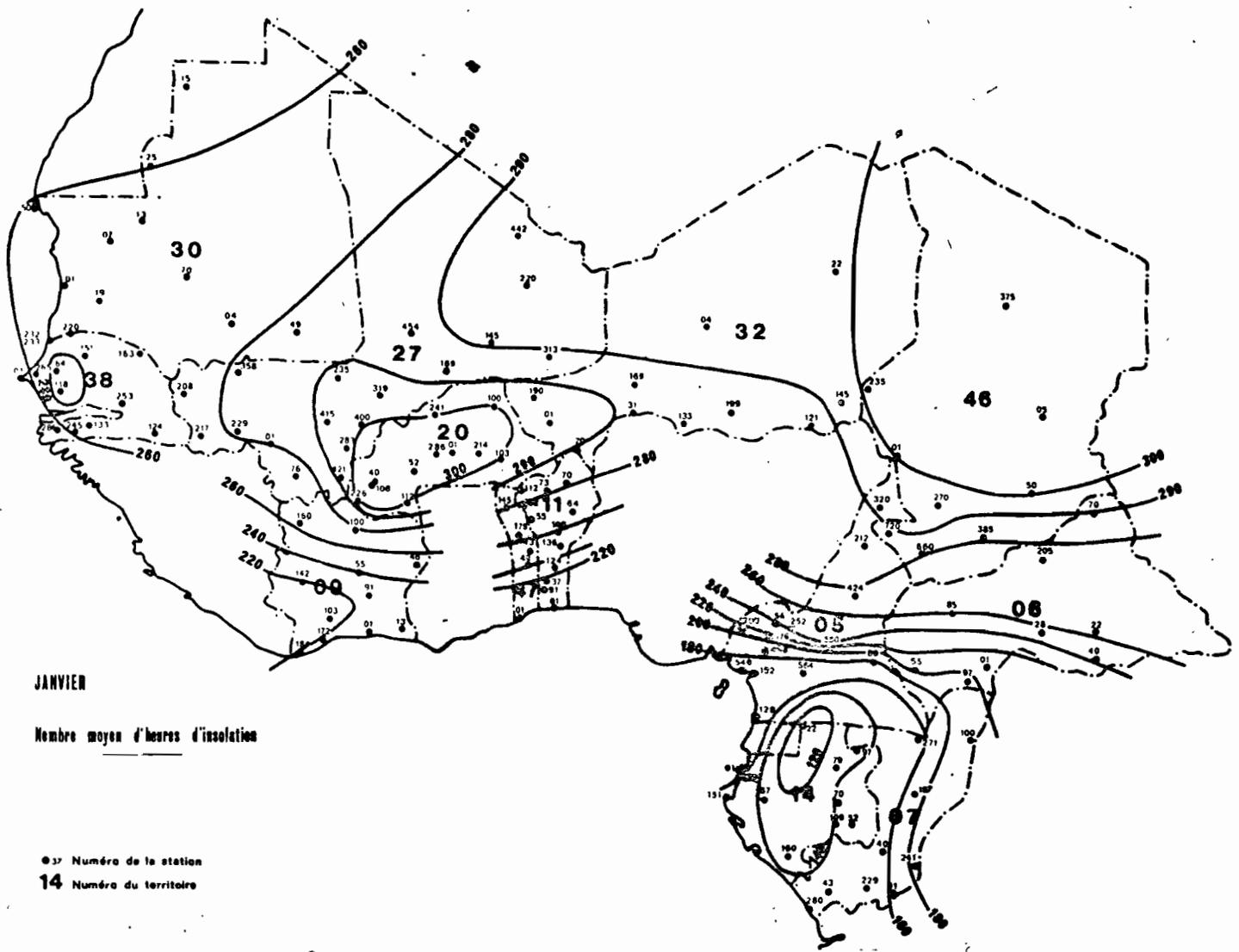
# ANNEXES

A N N E X E 1

- - - - -

CARTES DES DUREES D'INSOLATIONS  
MOYENNES MENSUELLES  
ET ANNUELLES  
POUR LES PAYS DU C I E H



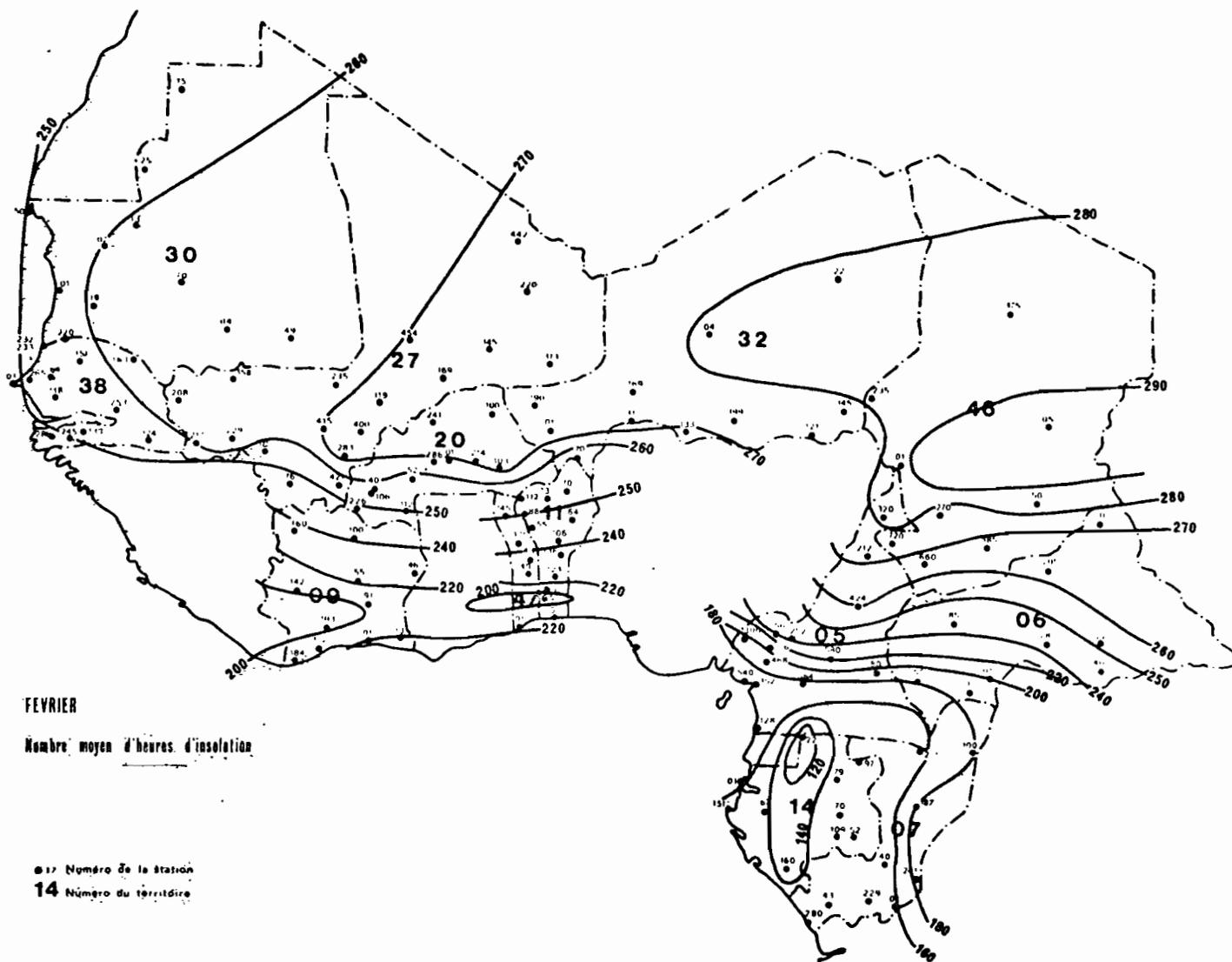


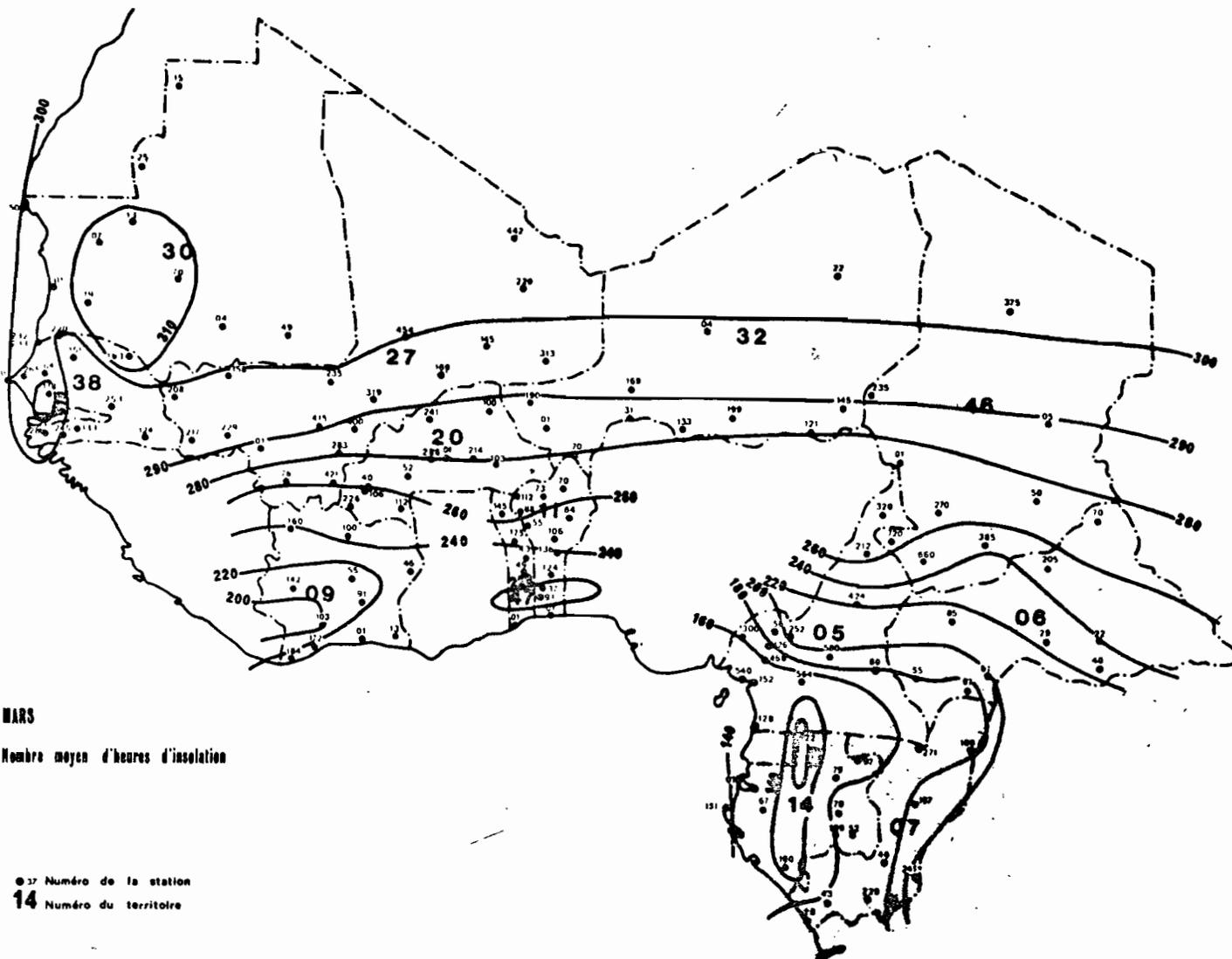
JANVIER

Nombre moyen d'heures d'insolation

● 37 Numéro de la station

■ 14 Numéro du territoire



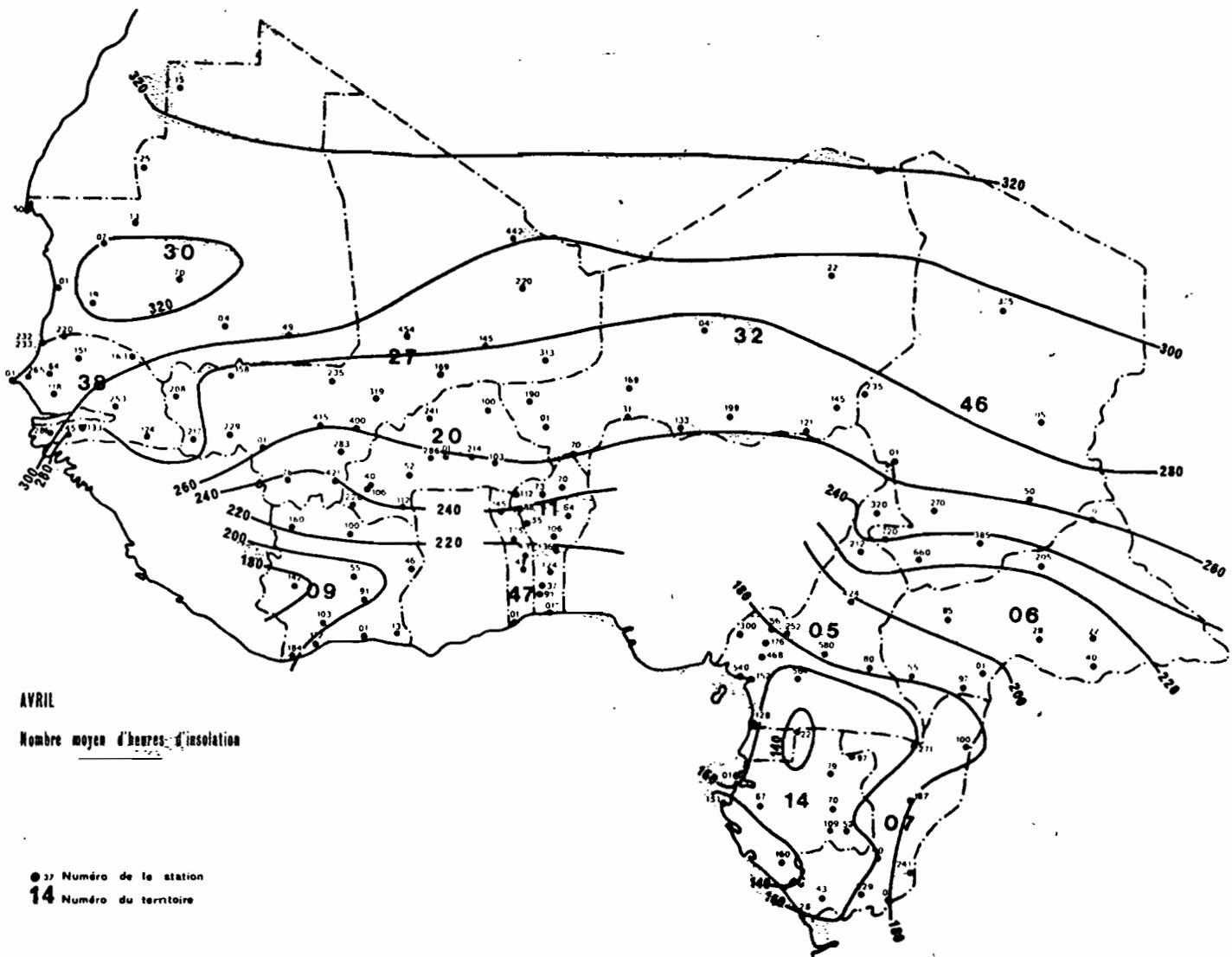


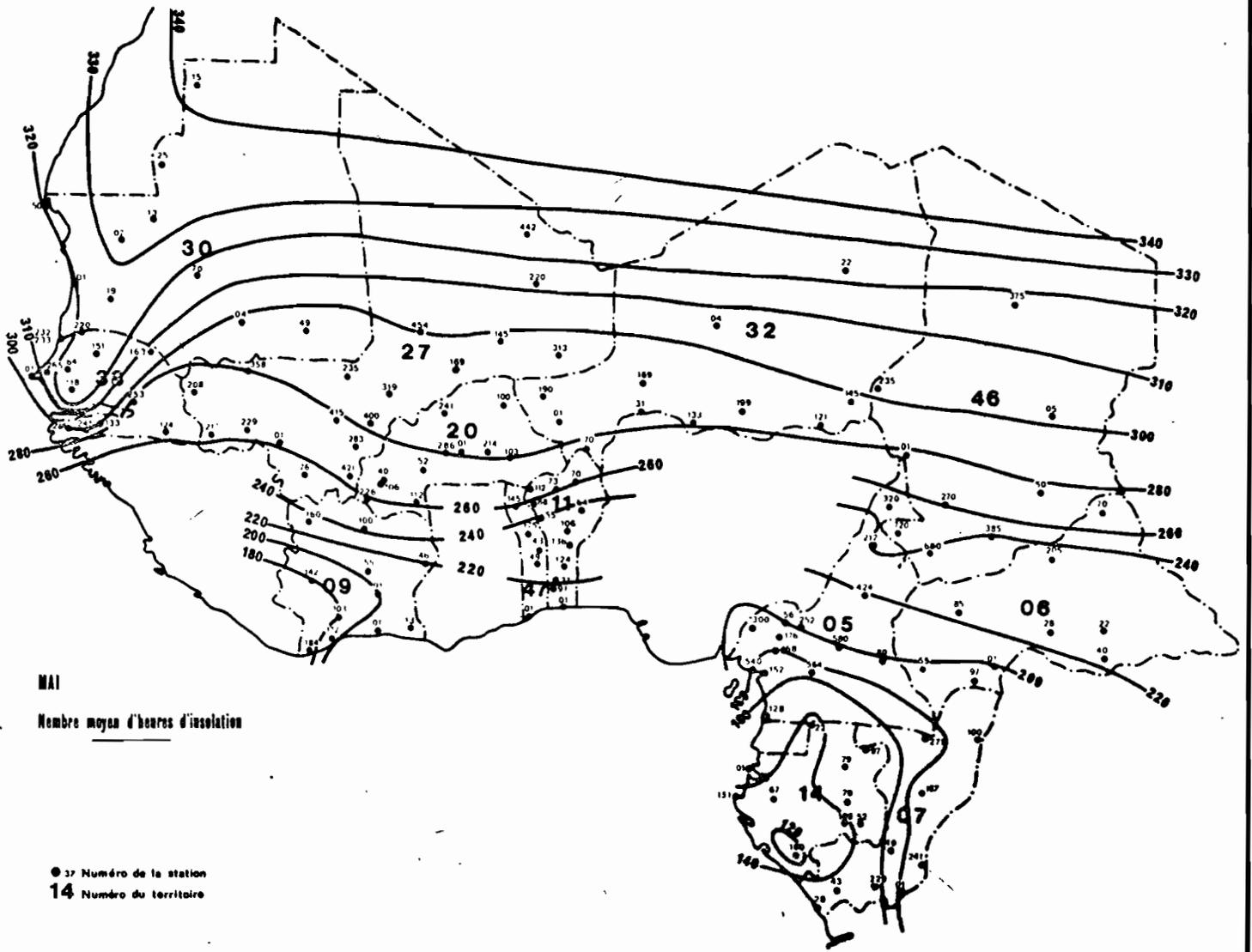
**MARS**

Nombre moyen d'heures d'insolation

● 37 Numéro de la station

14 Numéro du territoire

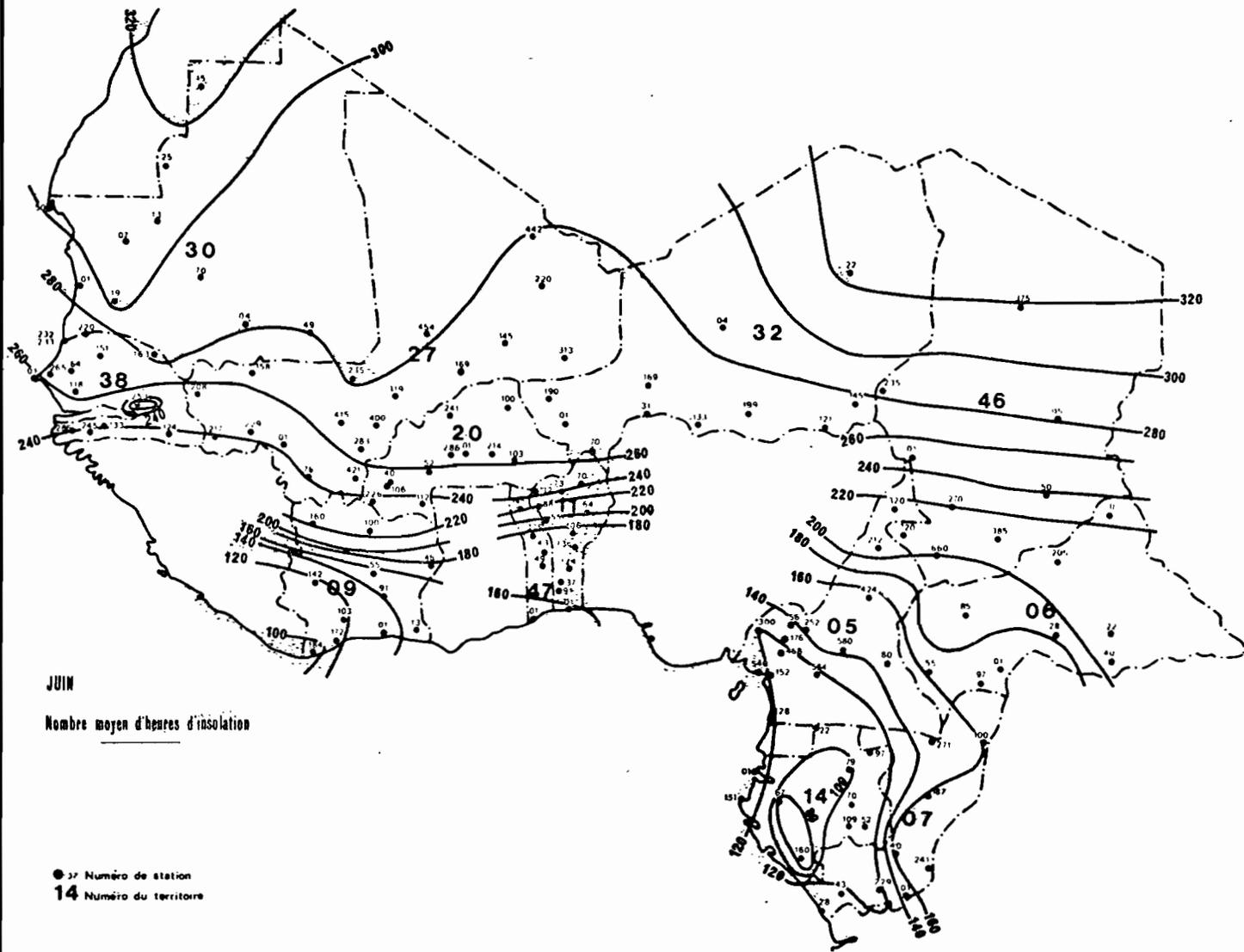


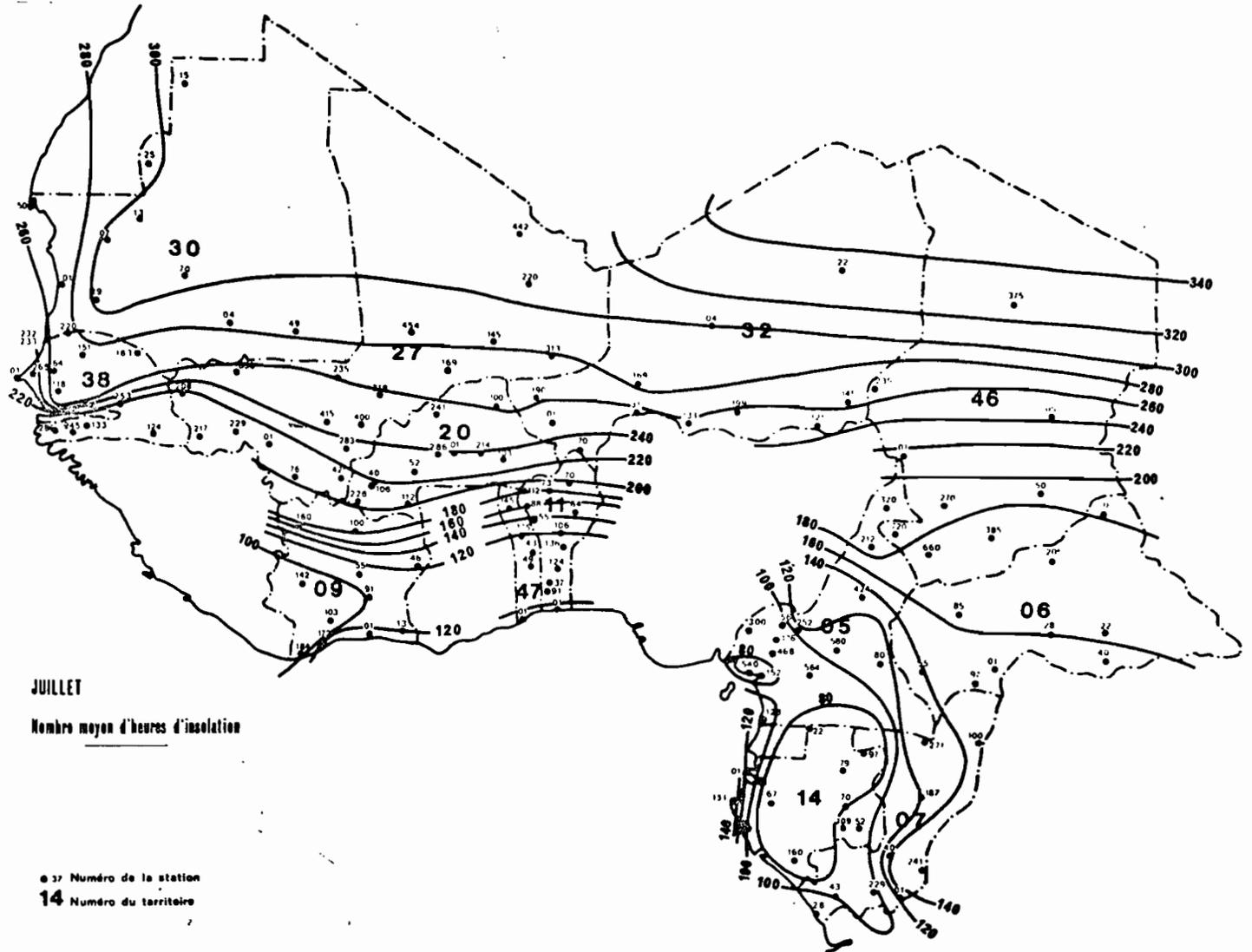


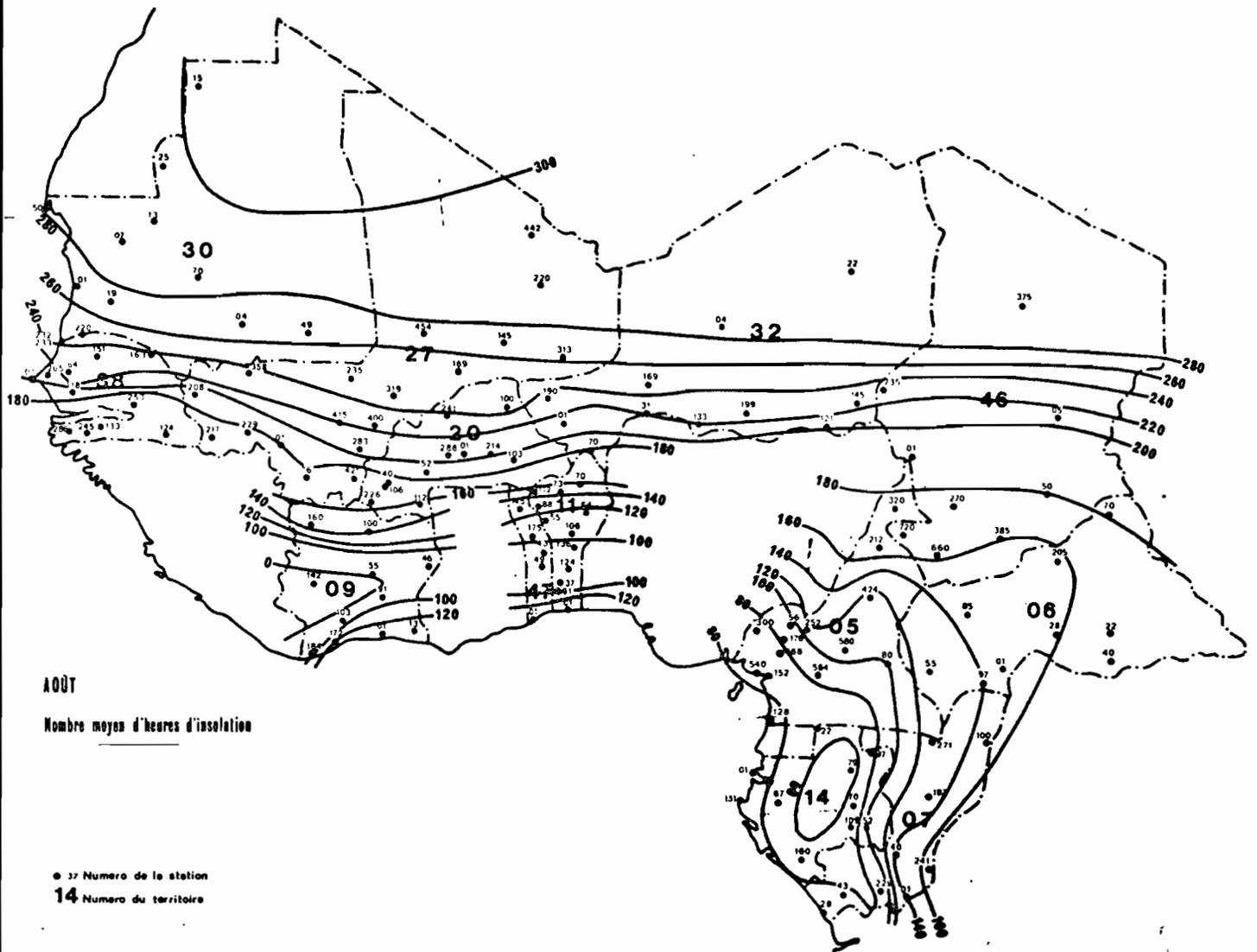
MAI

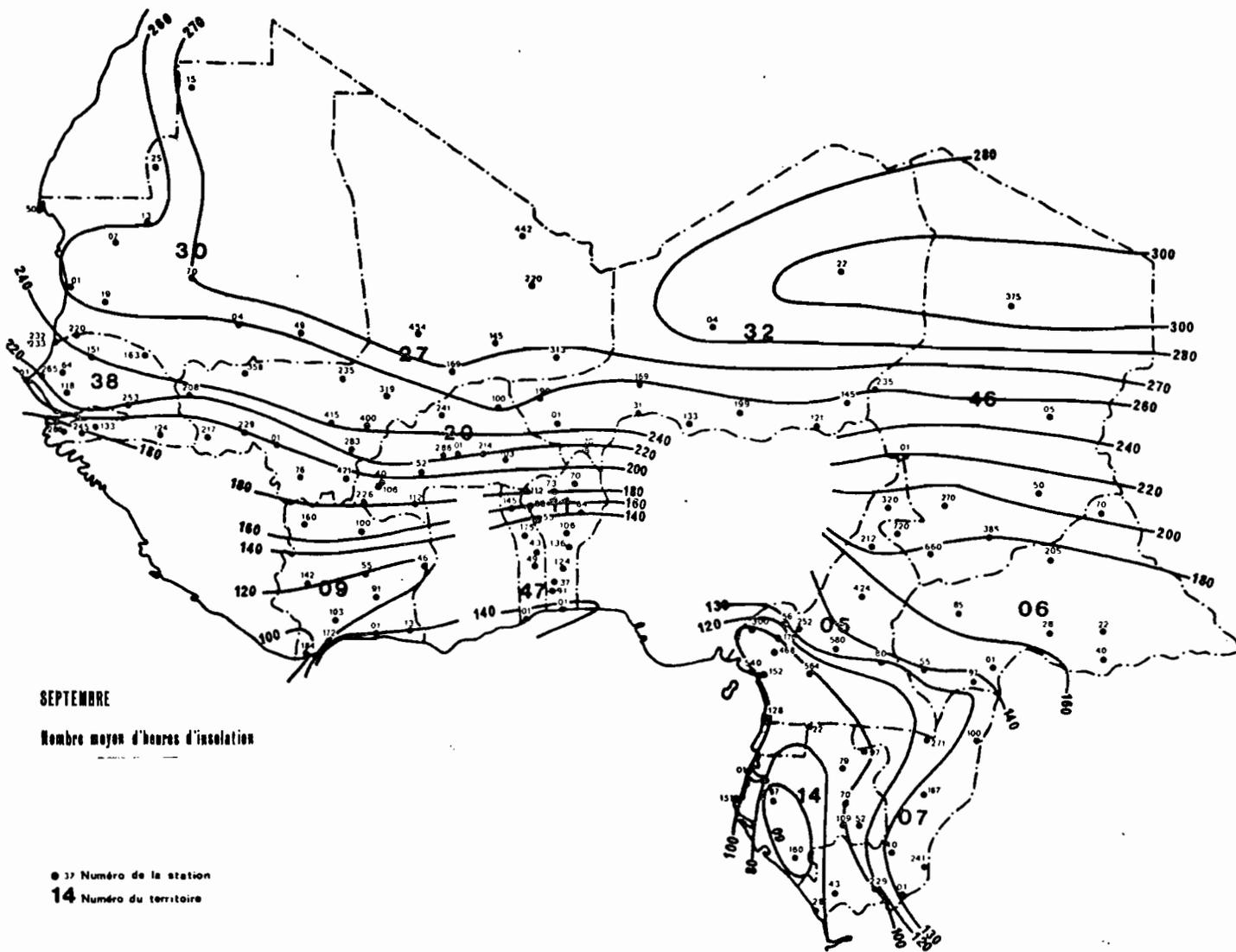
Nombre moyen d'heures d'isolation

- 37 Numéro de la station
- 14 Numéro du territoire





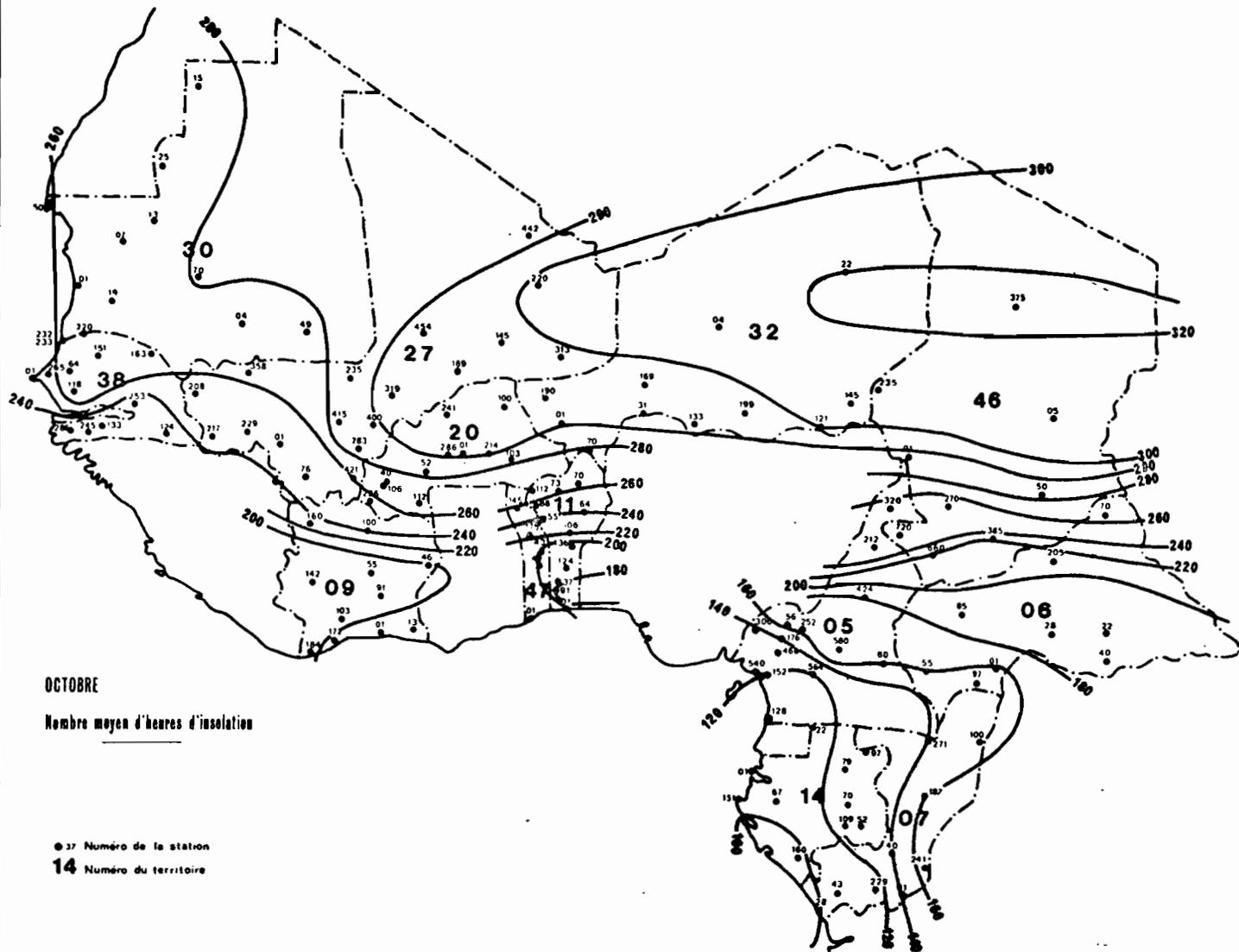


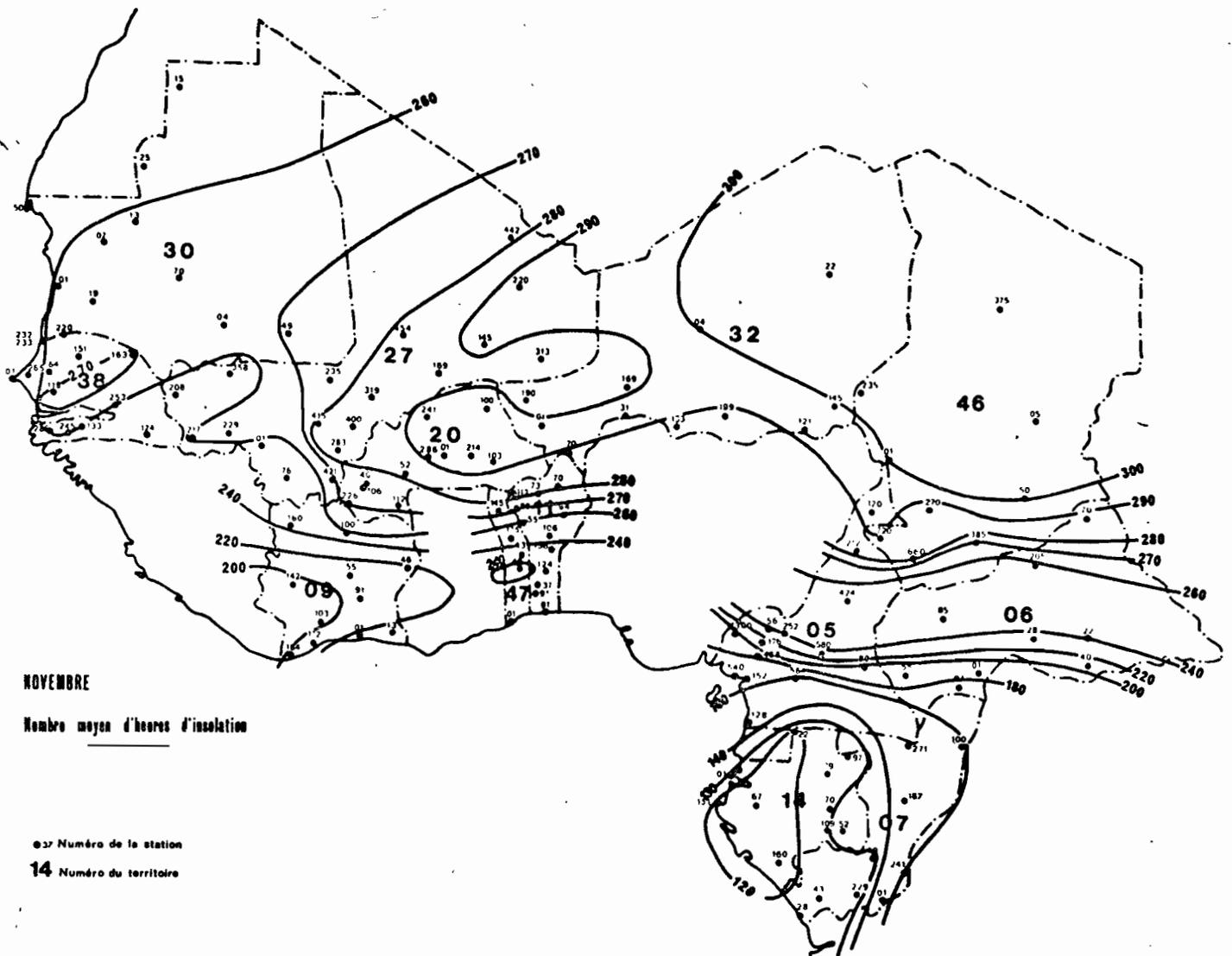


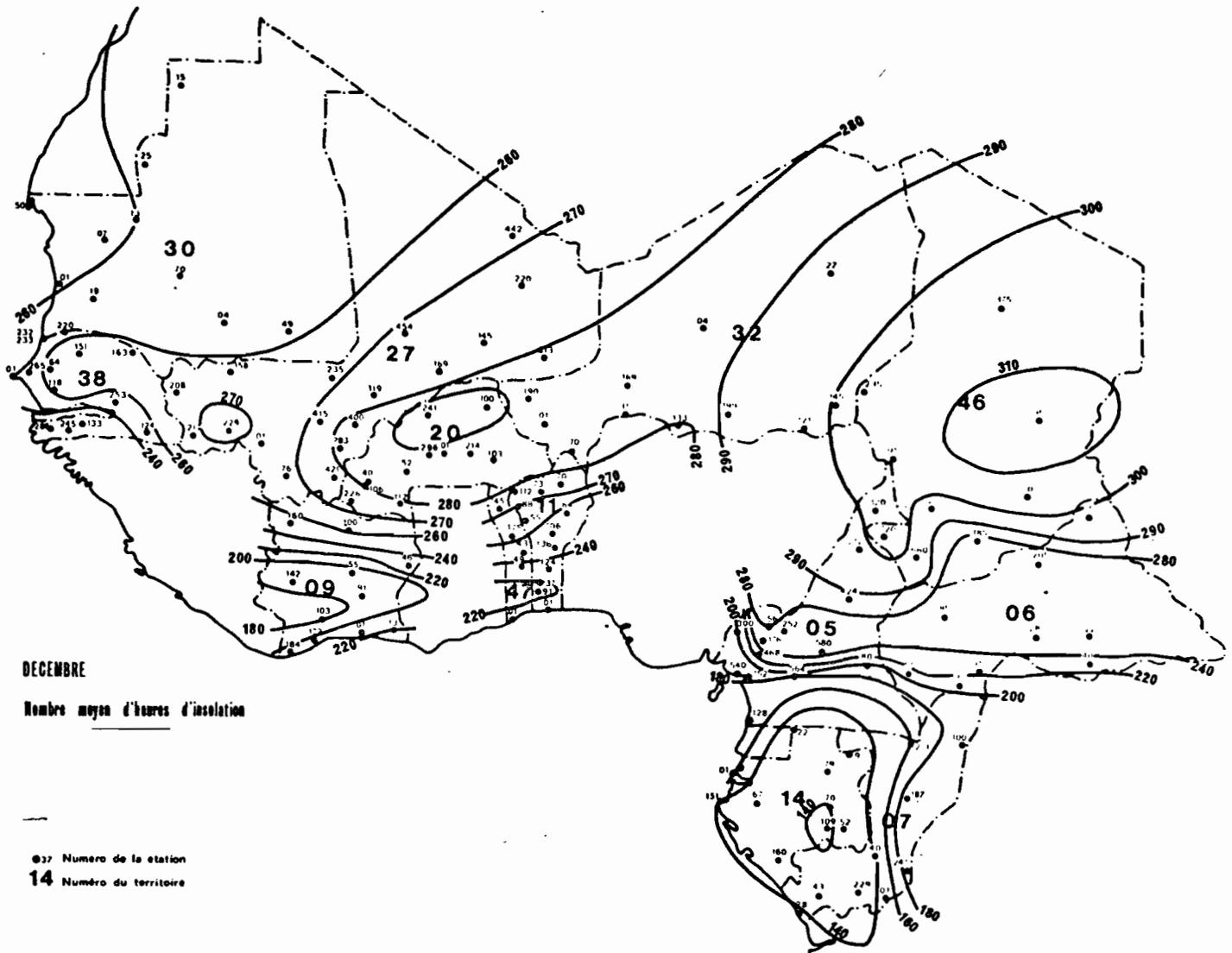
SEPTEMBRE

Nombre moyen d'heures d'insolation

● 37 Numéro de la station  
 14 Numéro du territoire







DECEMBRE

Nombre moyen d'heures d'insolation

● 37 Numéro de la station  
 14 Numéro du territoire

A N N E X E 2

- - - - -

LISTE FORTRAN

DU PROGRAMME GENERAL POUR LE CALCUL DE  
L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE

```

C      PROGRAMME GENERAL DE CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE
C      A PARTIR DE TOUTES LES DONNEES METEOROLOGIQUES DISPONIBLES
C      ( VALEURS MENSUELLES SEULEMENT
C
C      DIMENSION FF(12)
C      DIMENSION ALB(12)
C      DIMENSION NAB(200),NAV(50),NAK(50,5) ,IF41(13,50)
C      DIMENSION JNTRHV(5),NBTRHV(5),V51(13,50),H21(13,50),NAH1(50)
C      DIMENSION NVARR(11),NVARR(20),T01(13,50),R66(13,50),H26(13,50)
C      DIMENSION T02(13,50),E36(13,50),FRAG(20)
C      DIMENSION E31(13,50),R60(13,50),NARV(50),R68(13,50),NAB1(50)
C      DIMENSION MAN(50),NJM(12),IF43(13,50)
C      DIMENSION NAT(50),NAN(50),NAE(50),NAH(50),NAR(50)
C      DIMENSION PA(12),HFURN(12)
C      DATA NVARR/1,2,3,21,66,50,36,31,60,26,68/
C      DATA NJM/31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/
C      DATA FRAG1/' '/
C      DATA IIR,IIV,IIP/5,6,7/
C      DATA ALB/.25,.20,.25,.25,.25,.29,.29,.28,.25,.25,.25/
C      TFNVAP(T)=EXP((457.+20.*T)/(257.+T))
C      NA=50
C      READ(IIR,1300) FRAG
1300  FORMAT(20A4)
7118  DO 7117 J=1,20
      IF(FRAG(J).NE.FRAG1 ) GO TO 7116
7117  CONTINUE
      STOP
7116  CONTINUE
      DO 7115 J=1,200
7115  NAB(J)=0
C      LECTURE DES DONNEES DISPONIBLES
      READ(IIR,1299) (NVARR(J),J=1,20)
1299  FORMAT(20I4)
      READ(IIR,1301) XLA, XALTI, HVENT, ALBDO, JSTA, IPERF,ARI
1301  FORMAT(4F10.1,2I10,F10.1)
      WRITE(IIV,1298) FRAG,JSTA,XLA,XALTI,HVENT,ALBDO,ARI
1298  FORMAT(1H1,10X,20A4,10X,'STATION NO=',I8//20X,'CARACTERISTIQUES
DE LA STATION'//20X,'LATITUDE =',F8.2//20X,'ALTITUDE =',F8.2//20X,
2'HAUTEUR DE L ANEMOMETRE =',F6.2,' EN M'//20X,'ALBEDO =',F8.2/
30X,'INDICE D ARIOTE =',F8.2/)
      XJZFR0=116.76*24
      LAT=XLA
      PHIRAD=(FIX(XLA)*60-LAT+XLA)*3.1416/10800.
      LV=82
      LY=94
      DO 210 JO=15,366,30
      R=1.+0.01674*SIN(3.1416*FLJAT(JO-LY)/184.)
      DELRAD=23.45*SIN(3.1416*FLJAT(JO-LV)/184.)/180.*3.1416
      HJ=ARCCOS(-TAN(PHIRAD)*TAN(DELRAD))
      HEURN(JO/30+1)=24.*HJ/3.1416+0.22
      RGA=XJZFR0*(HJ*SIN(PHIRAD)*SIN(DELRAD)+SIN(HJ)*COS(PHIRAD)*
1 COS(DELRAD))/(3.1416*R*R)
210  RA (JO/30+1)=RGA
376  FORMAT(///)' RADIATION MOYENNE MENSUELLE EXPRIMEE EN CAL/CM2-JOUR'
1 //2X,12F10.2)
375  FORMAT(///)' INSOLATION MOYENNE MENSUELLE THEORIQUE EN HEUR
1F5 //2X,12F10.1)
      WRITE(IIV,376)(RA(J),J=1,12)
      WRITE(IIV,375)(HEURN(J),J=1,12)
C
C      UNIT1=10.
C      UNIT2=100.
C      IHH1=0
C      ITHIV=0
C      ITM=0
C      IRA=0
C
C      DO 122 J=1,20
      IF(NVARR(J).EQ.0) GO TO 1999
      NVAR=NVARR(J)
C
C      DO 123 I=1,11
      IF(NVAR.FQ.NVARR(I)) GO TO 130
123  CONTINUE
      WRITE(IIV,1310) NVAR
1310  FORMAT(///)' UNE DE VOS DONNEES NE PERMET PAS LA DETERMINATION
1 DE L EVAPOTRANSPIRATION ',I10//)
      GO TO 122
130  GO TO (1,2,3,21,66,51,36,31, 60,26,68) ,I
C
C      1 LECTURE DES TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES
C
C      1 CALL FMTO( JSTA, 1, T01, NAT, NBAT, NA)
      ITHIV=ITHIV + 1000
C
C      DO 7001 JJ=1,NBAT
      NAB(NAT(JJ)-1800)=NAB(NAT(JJ)-1800) + 1000
7001  NAK(JJ,1)=NAT(JJ)
      NBTRHV(1)=NBAT
C
C      DO 333 MD=1,12
      S=0.
      IT=0
      FF(MD)=0.77
      DO 332 N=1,NBAT

```

```

IF (TOI(MO,N).EQ.-99.9) GO TO 332
S=S+TOI(MO,N)
IT=IT+1
332 CONTINUE
IF (IT.GT.2) FF(MO)=0.77+(S/IT-25.)/75.
333 CONTINUE
PRINT 7856,(FF(MO),MO=1,12)
7856 FORMAT(///10X,'CORRECTION F APPLIQUEE A LA VALEUR DE L'EVAPORATI
ON D'UNE NAPPE D'EAU LIBRE'//',SELON L'EQUATION DE PENMAN POUR
D'ETERMINER L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE'//2X,12F10.3//)
GO TO 122

C
C 2 LECTURE DES TEMPERATURES MAXIMALES MOYENNES
C
2 CALL FMMD ( JSTA , 2 , T02 , NAF , NBAF , NA)
WRITE(IIW,2002) JSTA ,XLA
2002 FORMAT(1H1,20X,'EVALUATION DE L'ETP A PARTIR DE LA TEMPERATURE
IMAXIMALE'//20X,'STATION NO=' ,I8,20X,'LATITUDE =' ,F6.2//)

C
CALL ETPTM (XLA,NAF,T02,IE43,NBAE,NA)
NIF=150
CALL TABLE(IE43,NAF,NBAE,NIF,JSTA,IPERF,NA)

C
GO TO 122
3 CONTINUE
GO TO 122

C
C LECTURE DES HUMIDITES RELATIVES MOYENNES MENSUELLES
21 CALL FMMD ( JSTA , 21 , H21 , NAB , NBAH , NA)
ITHIV=ITHIV + 100

C
DO 7026 JJ=1,NBAH
NAB(NAB(JJ)-1800)=NAB(NAB(JJ)-1800) + 100
7026 NAK(JJ,3)=NAB(JJ)
NBTRHV(3)=NBAH

C
GO TO 122

C
C LECTURE DE L'INSOLATION OBSERVEE MOYENNE MENSUELLE
66 CALL FMMD ( JSTA , 66 , R66 , NAR , NBAR , NA)
ITHIV=ITHIV + 10

C
DO 7066 JJ=1,NBAR
NAB(NAR(JJ)-1800)=NAB(NAR(JJ)-1800) + 10
7066 NAK(JJ,2)=NAK(JJ)
NBTRHV(2)=NBAR

C
GO TO 122

C
C LECTURE DU VENT
51 CALL FMMD( JSTA , 50 , V51 , NAV , NBAV , NA)
ITHIV=ITHIV + 1

C
DO 7051 JJ=1,NBAV
NAB(NAV(JJ)-1800)=NAB(NAV(JJ)-1800) + 1
7051 NAK(JJ,4)=NAV(JJ)
NBTRHV(4)=NBAV

C
GO TO 122

C
C LECTURE DES EVAPORATIONS PICHE MENSUELLES
36 CALL FMMD ( JSTA , 36 , F36 , NAF , NBAF , NA)
IF (ITHIV/1000.EQ.1) GO TO 129
WRITE(IIW,1291)
1291 FORMAT(////', LA FORMULE DU PICHE CORRIGE DEMANDE LES TEMPERAT
URES MOYENNES '///)
GO TO 122
129 CONTINUE
WRITE(IIW,230) JSTA ,LAT ,ART
230 FORMAT(//'1',10X,'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE A PARTIR DU PICHE
1'//20X,'STATION NO=' ,I8,20X,'LATITUDE =' ,I6,10X,'ARIDITE =' ,
1 F10.2//)
CALL ETPTM(NAT,NBAT,T01,NAF,NBAF,E36,MAN,NM,IE43,NA,ARI)
CALL TABLE ( IF43 , MAN , NM , 140 , JSTA , IPERF , NA)
GO TO 122

C
31 NTY=0
C LECTURE DE L'EVAPORATION SUR BAC D'EAU LIBRE
CALL FMMD ( JSTA , NTY , E31 , NAF , NBAE , NA)

C
IND=MOD(NTY,10)
IF (IND.GT.4) GO TO 3104

C
GO TO ( 3101 , 3102 , 3103 , 3104 ) , IND
3101 WRITE(IIW,3111)
3111 FORMAT(1H1,20X,'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE A PARTIR DES
MESURES FAITES AU BAC OSTOM'//20X,'CORRIGES SELON LA LATITUDE'//)
3116 FORMAT(20X,'STATION NO=' ,I8,20X,'LATITUDE =' ,I6//)
WRITE(IIW,3116)JSTA,LAT
NIF=130
GO TO 3115
3102 WRITE(IIW,3112)
3112 FORMAT(1H1,20X,'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE A PARTIR DES MESURE
S FAITES AU BAC AU SOL'//20X,'OSTOM CORRIGES PAR LA LATITUDE'//)
WRITE(IIW,3116)JSTA,LAT

```

```

      NIF=131
      GO TO 3115
3103 WRITE(IIW,3113)
      WRITE(IIW,3116)JSTA,LAT
3113 FORMAT(1H1,20X,'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE A PARTIR DES MESURE
      IS FAITES AU SAC DE CLASSE A1/20X, CORRIGES PAR LA LATITUDE'//)
      NIF=132
      GO TO 3115
3104 WRITE(IIW,3114)
      WRITE(IIW,3116)JSTA,LAT
3114 FORMAT(1H1,20X,'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE PRISE EGALE A L
      EVAPORATION D UN SAC FLOTTANT OU AUTRE'//)
      NIF=134
3115 CALL ETPRAC ( XLA ,E31 ,IF43, NBAR ,IND ,NA)
      CALL TABLE(IF43,NAF,NBAR,NIF,JSTA,IPERF,NA)
      DO 9868 N=1,NBAR
      DO 9869 MD=1,13
      IE43(MD,N)=F31(MD,N)*UNIT2+.1
      IF(E31(MD,N).EQ.-99.9) IE43(MD,N)=-999
9868 CONTINUE
C      ATTENTION UNITES
      PRINT 9867
9867 FORMAT(1H1,20X,'VALEURS BRUTES'//)
      CALL TABLE(IF43,NAF,NBAR,NIF,JSTA,IPERF,NA)
C
      GO TO 122
C
C      LECTURE DU RAYONNEMENT GLOBAL
60 CALL FMPTO(JSTA,60,R60,NARV,NBARV,NA)
      IF(ITHIV/1000.EQ.1) GO TO 6801
      WRITE(IIW,6802)
6802 FORMAT(1H1,20X,'AUCUN TRAITEMENT EST POSSIBLE SANS LA TEMPERATURE'
      L//)
      GO TO 122
6801 WRITE(IIW,6803)
6903 FORMAT(1H1,20X,'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE AVEC LA RADIATION
      I MESURÉE (FORMULE DE MAKINK ) '//)
3384 FORMAT(10X,20A4,10X,'STATION N°=',19//)
      WRITE(IIW,3884) FRAG,JSTA
      CALL ETPMAK(R60,NARV,NBARV,T01,NAT,NRAT,IF43,NM,MAN,NA)
      CALL TABLE ( IF43, MAN , NM , 160 , JSTA ,IPERF,NA)
C
      GO TO 122
C
C      LECTURE DES TENSIONS DE VAPEUR
26 CALL FMPTO(JSTA,26,426,NAH1,NBAH1,NA)
C      LA TENSION DE VAPEUR SERA UTILISEE POUR CALCULER L'HUMIDITE RELATIVE DA
      IF(ITHIV/1000.EQ.1.AND.MD(ITHIV,1000)/100.EQ.0)
      1 GO TO 3123
      GO TO 122
3123 NM=0
      JA=1
      DO 3125 JR=1,NBAH1
3128 IF(NAH1(JR)-NAT(JA)) 3125, 3126 , 3127
3127 JA=JA+1
      IF(JA.GT.NBAT) GO TO 3129
      GO TO 3128
3124 NM=NM+1
      NAH(NM)=NAH1(JR)
      NAR(NAH(NM)-1800)=NAR(NAH(NM)-1800) + 100
      NAK(NM,3)=NAH(NM)
      DO 3124 MD=1,12
      H21(MD,NM)=-99.9
      IF(T01(MD,JA).EQ.-99.9) GO TO 3124
      IH26=H26(MD,JA) * 10
      IH=MD(IH26,10)
      H26MB=(IH26/10)*10.**((IH-3)
      H21(MD,NM)=H26MB/TENVAP(T01(MD,JA))
3124 CONTINUE
      GO TO 3127
3125 CONTINUE
3129 CONTINUE
      NBAH=NM
      NBRHV(3)=NM
      ITHIV=ITHIV+100
      GO TO 122
C      LECTURE DE LA NEBULOSITE
68 CALL FMPTO(JSTA,68,R68,NA31,NBAB1,NA)
C
C
122 CONTINUE
1999 CONTINUE
      IF(ITHIV.EQ.1111) GO TO 1111
9110 IF(ITHIV/10.EQ.111) GO TO 1110
9100 IF(ITHIV/100.EQ.11 ) GO TO 1100
C
      GO TO 9999
C
1111 WRITE(IIW,3456)
3456 FORMAT(1H1,20X,'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE MENSUELLE SELON LA
      I FORMULE DE PENMAN'//)
      WRITE(IIW,3984) FRAG,JSTA
      A=.29* COS(XLA*3.1416/180.)
      H=0.52
      JA=0
      NK=4

```

```

      DN 6049 JJ=1,5
6099 JNTRHV(JJ)=1
      DN 6048 JN=1,200
      IF(NAR(JN).NE.1111) GO TO 6048
C
      DN 6049 JJ=1,NK
6050 IF(JN+1800 .EQ.NAK(JNTRHV(JJ),JJ)) GO TO 6049
      JNTRHV(JJ)=JNTRHV(JJ) + 1
      IF(JNTRHV(JJ).GT.NBTRHV(JJ)) GO TO 6150
      GO TO 6050
6049 CONTINUE
C
C   NBTRHV(I) - NOMBRE MAXIMUM D'ANNEES POUR LA VARIABLE I
C   JNTRHV(I) - C EST L'INDICE J DE NAK(J,I) QUI DONNE POUR LA VARIABLE I
C               LA POSITION D'ENTREE DE L'ANNEE   JN + 1800
C
      JA=JA + 1
      NAK(JA,5)=JN + 1800
      JNAT=JNTRHV(1)
      JNAR=JNTRHV(2)
      JNAH=JNTRHV(3)
      JNAV=JNTRHV(4)
      JAN = JN + 1800
      MAN(JA)=JAN
      INDEX=0
      IS=0
      ISS=0
      IB=0
      IF(MON(JAN,4).EQ.0) IB=1
      DN 6053 MO=1,12
      IF(TO1(MO,JNAT).EQ.-99.9) GO TO 6054
      IF(V51(MO,JNAV).EQ.-99.9) GO TO 6054
      IF(R66(MO,JNAR).EQ.-99.9) GO TO 6054
      IF(H21(MO,JNAH).EQ.-99.9) GO TO 6054
C   CALCUL DE L'FTP PAR LA FORMULE DE PENMAN
      NJMO=NJM(MO)
      IF(MO.EQ.2) NJMO=NJM+ IB
      CALL ETPPEN(A,B,RA,HEURN,ALBDD,R66(MO,JNAR),TO1(MO,JNAT),H21(MO,
1 JNAH), V51(MO,JNAV),HVENT,MO,IE43(MO,JA),NJMO)
      IE43(MO,JA)=IE43(MO,JA)*FF(MO)
      CALL EPRIDU(A,B,RA,HEURN,ALBDD,R66(MO,JNAR),TO1(MO,JNAT),H21(MO,
1 JNAH), V51(MO,JNAV),HVENT,MO,IE41(MO,JA),NJMO)
      IE41(MO,JA)=IE41(MO,JA)*FF(MO)
      IS=IS+IE43(MO,JA)
      ISS=ISS+IE41(MO,JA)
      GO TO 6053
6054 INDEX=1
      IE43(MO,JA)=-999
      IE41(MO,JA)=-999
6053 CONTINUE
      IF43(13,JA)=-999
      IE41(13,JA)=-999
      IF(INDEX) 6048 , 6058 , 6048
6058 IE43(13,JA)=IS
      IE41(13,JA)=ISS
6048 CONTINUE
6150 NB=JA
      CALL TABLE(IF43 , MAN , NB , 110 , JSTA , 1 , NA)
      WRITE(IIW,2885)FRAG,JSTA
2885 FORMAT(1H1,20X,'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE SELON LA FORMULE DE
1 PENMAN MODIFIEE PAR PIQUET//10X,20A4,5X,'STATION NO=',I9//)
      CALL TABLE(IE41,MAN,NB,110,JSTA,IPERF,NA)
C
      GO TO 9110
1110 WRITE(IIW,3450)
3450 FORMAT(1H1,20X,'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE MENSUELLE SELON LA
1 FORMULE DE TURC'//)
      WRITE(IIW,3884) FRAG,JSTA
C
      CALL TURC (NAB,NAK,JNTRHV,NBTRHV,NAE,TO1,R66,H21,IF43,NB,HEURN,
1 RA , NA)
      CALL TABLE (IE43 , NAE , NB , 120 , JSTA , IPERF , NA)
C
      CALL RANETM(NAB,NAK,JNTRHV,NBTRHV,NAE,TO1,R66,H21,IE43,NB,
1 HEURN,RA,NA,ALB)
      WRITE(IIW,3451)
3451 FORMAT(1H1,20X,'RAYONNEMENT NET MENSUEL EN DIXIEMES DE MM D'EAU'//)
      WRITE(IIW,3884) FRAG,JSTA
      CALL TABLE(IE43,NAE,NB,380,JSTA,IPERF,NA)
      GO TO 9100
1100 WRITE(IIW,3400)
3400 FORMAT(1H1,20X,'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE MENSUELLE SELON LA
1 FORMULE DE PRESCOTT'//)
      WRITE(IIW,3884) FRAG,JSTA
      CALL ETPPE(TO1,H21,NAT,NBAT,NAH,NBAH,MAN,NM,IF43,XLA,NA)
      CALL TABLE (IF43 , MAN , NM , 170 , JSTA , IPERF , NA)
C
9999 READ(IIIR,1300) FRAG
      GO TO 7118
      END

```

SUBROUTINE FTRBAC ( XLA, F31, IF43, NRAE, IND, NA)  
 DIMENSION F31(13,NA), IF43(13,NA), IETPB(36), ETPB(12)

```

C
C IETPB - (1) COEFFICIENT DE CORRECTION POUR BAC ORSTOM ENTERRE
C IETS  - (2) COEFFICIENT DE CORRECTION POUR BAC ORSTOM AU SOL
C IFTA  - (3) COEFFICIENT DE CORRECTION POUR BAC DE CLASSE A
C IYAE  - (4) COEFFICIENT DE CORRECTION POUR BAC FLOTTANT
C
  DATA IETPB/48,92,96,98,96,94,96,90,92,94,90,88,74,70,71,80,
  1 40,86,89,91,88,92,74,74,64,64,71,74,80,76,74,71,75,73,68,65/
C
  UNIT1=10.
  LAT=XLA
  IF(IND=4) 15, 4, 4
  4 DO 20 MO=1,12
  DO 20 JA=1,NRAE
  20 IE43(MO,JA)=E31(MO,JA) *10. +0.01
  RETURN
C
  15 IF(XLA.GE.15.) GO TO 30
  IF(LAT.LT.5) 57 TO 31
  I1=LAT/5 - 1
  I2 = I1 + 1
  DO 32 J=1,12
  32 FTPB(J)=(IETPB(I1*12+J)+(IETPB(I2*12+J)-IETPB(I1*12+J))*(XLA
  1 -I2*5)/5.)/100.
  GO TO 36
  31 DO 33 J=1,12
  33 ETPB(J)=IFTPB(J)/100.
  GO TO 36
  30 DO 34 J=1,12
  34 ETPB(J)=IETPB(24+J)/100.
C
  36 IF(IND=2)100, 35, 137
  137 DO 38 J=1,12
  38 ETPB(J)=ETPB(J)/1.13
  GO TO 100
  35 DO 39 J=1,12
  39 ETPB(J)=ETPB(J)/1.05
C
  100 WRITE(6,37)(ETPB(I),I=1,12)
  90 DO 91 JA=1,NRAE
  INDEX=0
  IS=J
  DO 92 MO=1,12
  IF(E31(MO,JA).EQ.-99.9) GO TO 93
  IE43(MO,JA)=(E31(MO,JA)*ETPB(MO)*UNIT1 +0.05)*10
  IS=IS + IE43(MO,JA)
  GO TO 92
  93 INDEX=1
  IE43(MO,JA)=-999
  92 CONTINUE
  IE43(13,JA)=IS
  IF(INDEX.EQ.1) IE43(13,JA)=-999
  91 CONTINUE
  37 FORMAT(///' CORRECTION FAITES AUX MESURES BAC EN FONCTION DE LA
  1 LATITUDE'//6X,12F8.3//)
  RETURN
  END

```

```

SUBROUTINE FTPMAM(R60,NAM,NBAM,T01,NAX,NBAN,IE43,NM,MAN,NA)
DIMENSION R60(13,NA),NAM(NA),NJM(12),DELTA(45),T01(13,NA)
DIMENSION NAN(50),NOK(50),MAN(NA),IE43(13,NA),NAX(NA)
DATA NJM/31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/

```

```

C
DATA DELTA/0.46,0.47,0.48,0.49,0.51,0.52,0.54,0.57,0.59,0.62,0.65,
1 0.69,0.73,0.78,0.82,0.87,0.92,0.97,1.03,1.09,1.15,1.21,1.28,1.34,
2 1.42,1.49,1.57,1.65,1.75,1.83,1.92,2.02,2.12,2.22,2.33,2.44,2.56,
3 2.68,2.80,2.92,3.04,3.16,3.29,3.42,3.55/

```

```

C
C      EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE A L'AIDE DE LA RADIATIONSOLAIRE VRATE
C

```

```

C      FORMULE DE MAKINK      FTP=0.61*RM*DEL/(DEL-GAM)-0.12
C

```

```

C      FTP      - EVAPOTRANSPIRATION EN MM PAR JOUR
C      RM      - RADIATION SOLAIRE MESUREE EN MM PAR JOUR
C      DEL     - PENTE DE LA COURBE TEMPERATURE/PRESSION DE VAPEUR SATURANTE
C      GAM     - CONSTANCE PSYCHROMETRIQUE = 0.49 MM HG/DEGRE CELSIJS
C

```

```

C      UNIT1=10.
C      GAM=0.49
C      NBT=NBAM
C      IF(NBAM-NBT)30,30,31
C      31 NBT=NBAM
C      30 DO 32 I=1,NBAN
C      NAN(I)=NAX(I)
C      32 NOK(I)=0

```

```

C
C      NAN(NBAN+1)=10000
C      NAM(NBAN+1)=10000
C      M=1
C      N=1
C      NM=0
C      NDEB=NAM(1)
C      IF(NAM(1)-NAN(1)) 100,110,110
C      110 NDEB=NAN(1)
C      100 NF[N=NAM(NBAM)
C      IF(NAN(NBAN)-NAM(NBAM))120,130,130
C      130 NF[N=NAN(NBAN)
C      120 DO 121 J=NDFB,NFIN
C      IF(J-NAN(N))122,123,121
C      122 IF(J-NAM(M))121,129,121
C      129 M=M+1
C      GO TO 121
C      123 IF(J-NAM(M))125,126,121
C      126 NM=NM+1
C      MAN(NM)=NAN(N)
C      NOK(NM)=N*100+M
C
C      N=N+1
C      M=M+1
C      GO TO 121
C      125 N=N+1
C      121 CONTINUE
C      IF(NM.EQ.0) RETURN
C      DO 220 I=1,NM
C      NJM(2)=28
C      IF(MOD(MAN(I),4).EQ.0) NJM(2)=29
C      N=NOK(I)/100
C      M=NOK(I)-N*100
C      IS=0
C      INDEX=0
C      DO 240 MO=1,12
C      IF(T01(MO,N).EQ.-99.9.OR.R60(MO,N).EQ.-99.9) GO TO 232
C      GO TO 233
C      232 IE43(MO,I)=-999
C      INDEX=1
C      GO TO 240
C      233 IT=T01(MO,N)
C      DEL=DELTA(IT)+(DELTA(IT+1)-DELTA(IT))*(T01(MO,N)-IT)
C      R60MO=(R60(MO,N)/NJM(MO))/(59.73-0.0565*T01(MO,N))
C      IE43(MO,I)=(0.61*R60MO *(DEL/(DEL+GAM))-0.12)*NJM(MO)*10.+0.5
C      IS=IS + IE43(MO,I)
C      240 CONTINUE
C      IF(INDEX) 242,242,243
C      243 IS=-999
C      242 IF43(13,I)=IS
C      220 CONTINUE
C      RETURN
C      END

```

SUBROUTINE ETPPOT(T01,H21,NAX,NBAN,NAY,NBAM,NM,IE43,XLA,NA)  
 DIMENSION T01(13,NA),H21(13,NA),NAN(50),NAM(50),NOK(50),MAN(NA)  
 DIMENS(ON IE43(13,NA),NJM(12),NAX(NA),NAY(NA)  
 TENVAR(T)=EXP((457.+20.\*T)/(252.+T))

```

C C
C C      EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE A PARTIR DE LA TEMPERATURE ET L'HUMIDITE
C C      FORMULE DE PRESCOTT ETP=K.(14.S0)**0.75
C C
C C      ETP      - EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE EN CM/JOUR
C C      K        - COEFFICIENT VARIANT SELON LA VEGETATION
C C                2.5 POUR UNE RIZIERE
C C                2.0 CULTURE,PATURAGE INTENSIF
C C                1.5 PRAIRIES NATURELLES ET BASSINS VERSANTS
C C                1.0 CULTURE ARBUSTIVE DU SOL NU
C C      S0      - DEFICIT ABSOLU DE SATURATION EN MM HG = TENSION DE VAPEUR
C C                SATURANT A LA TEMPERATURE MOYENNE DU MOIS X DEFICIT RELATIF
C C      DEFICIT RELATIF = 1. - HUMIDITE MOYENNE MENSUELLE
C C      A        - COEFFICIENT ( 21.2 A 15.0 ) SELON L'ARIDITE
C C
C C      DATA NJM/31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/
C C
C C      XK=1.5
C C      A=(21.2-XLA*0.3)/30.
C C      A=A*1000./760.
C C
C C      NBT=NBAN
C C      IF(NBAM-NBT)30,30,31
C C      31 NBT=NBAM
C C      30 31 32 I=1,NBAN
C C      NAN(I)=NAX(I)
C C      NAM(I)=NAY(I)
C C      32 NOK(I)=0
C C
C C      NAN(NBAN+1)=10000
C C      NAM(NBAN+1)=10000
C C      M=1
C C      N=1
C C      NM=0
C C      NDER=NAM(1)
C C      IF(NAM(1)-NAN(1)) 100,110,110
C C      110 NDER=NAN(1)
C C      100 NFIN=NAM(NBAN)
C C      IF(NAN(NBAN)-NAM(NBAN)) 120,130,130
C C      130 NFIN=NAN(NBAN)
C C      120 00 121 J=NDER,NFIN
C C
C C      IF(J-NAN(N)) 122,123,121
C C      122 IF(J-NAM(M)) 121,129,121
C C      129 M=M+1
C C      GO TO 121
C C      123 IF(J-NAM(M)) 125,126,121
C C      126 NM=NM+1
C C      NAN(NM)=NAN(N)
C C      NOK(NM)=N*100+M
C C      N=N+1
C C      M=M+1
C C      GO TO 121
C C      125 N=N+1
C C      121 CONTINUE
C C      IF(NM.EQ.0) RETURN
C C      DO 220 I=1,NM
C C      NJM(2)=28
C C      IF(MOD(MAN(I),4).EQ.0) NJM(2)=29
C C      N=NOK(I)/100
C C      M=NOK(I)-N*100
C C      IS=0
C C      INDEX=0
C C      DO 240 MO=1,12
C C      IF(T01(MO,N).EQ.-99.9.OR.H21(MO,M).EQ.-99.9) GO TO 232
C C      GO TO 233
C C      232 IE43(MO,I)=-999
C C      INDEX=1
C C      GO TO 240
C C      233 IE43(MO,I)=(XK*(1.+A*NJM(MO))*(100.-H21(MO,M))/100.)*TENVAR(T01(
C C      1 MO,N))**0.75)*10.*10.+0.5
C C      IS=IS + IE43(MO,I)
C C      240 CONTINUE
C C      IF(INDEX) 242,242,243
C C      243 IS=-999
C C      242 IE43(13,I)=IS
C C      220 CONTINUE
C C      RETURN
C C      END

```

```

SUBROUTINE EPRIOU(A,B,RA,HEURN,ALBDD,R66,T01,H21,V51,HVENT,MO,
1 IE41MJ , NJMO )
DIMENSION HEURN(12),RA(12)
C RC FT RB SONT EN MM/JOUR
UNIT1=10.
RML=18.016*592.*4.187/8.3144
TVP=6.11*EXP(RML*(1./273.-1./((T01+273.)))
H26=H21*TVP/100.
RAMD=RA(MD)/59.2
RC=RAMD *(1.-ALBDD)*(A+B*R66 /((HEURN(MD)*NJMO) )
RB=(1.98/10.**9)*((T01+273.))**4*(0.40-0.05*H26**0.5)*(0.5+0.5*R66
1 /((HEURN(MD)*NJMO) )
V515=V51 /UNIT1
IF(HVENT.NE.2. ) V515=(V51/UNIT1)*(2. /HVENT)**0.390
C LE CAL CUL SE FAIT POUR UN ANEMOMETRE A 2. METRES
C
FAPEN=0.24*(TVP-H26)*V515
C
PENTV=((RML*TVP)/((T01+273.))**2)/0.65
PTVSC=PENTV/(1.+PENTV)
IE41MJ=((RC-RB)*PTVSC)+(EAPEN/(1.+PENTV))*10.*NJMO+0.5
IF(IE41MJ.LT.0) IE41MJ=0
C
RETURN
END
SUBROUTINE ETPEEN(A,B,RA,HEURN,ALBDD,R66,T01,H21,V51,HVENT,MO,
1 IE43MJ , NJMO )
DIMENSION HEURN(12),RA(12)
C RC FT RB SONT EN MM/JOUR
UNIT1=10.
RML=18.016*592.*4.187/8.3144
TVP=6.11*EXP(RML*(1./273.-1./((T01+273.)))
H26=H21*TVP/100.
RAMD=RA(MD)/59.2
RC=RAMD *(1.-ALBDD)*(A+B*R66 /((HEURN(MD)*NJMO) )
RB=(1.98/10.**9)*((T01+273.))**4*(0.56-0.08*H26**0.5)*(0.1+0.9*R66
1 /((HEURN(MD)*NJMO) )
V515=V51 /UNIT1
IF(HVENT.NE.2. ) V515=(V51/UNIT1)*(2. /HVENT)**0.390
C
C LE CAL CUL SE FAIT POUR UN ANEMOMETRE A 2. METRES
C
PENTV=((RML*TVP)/((T01+273.))**2)/0.65
PTVSC=PENTV/(1.+PENTV)
EAPEN=0.266*(TVP-H26)*(1.+0.526*V515)
IE43MJ=((RC-RB)*PTVSC)+(EAPEN/(1.+PENTV))*10.*NJMO+0.5
IF(IE43MJ.LT.0) IE43MJ=0
C
RETURN
END
SUBROUTINE RANET(NAB,NAK,JNTRFV,NETRFV,NAT,TC1,R66,F21,IE43,NB,
1 HEURN,NA,NA,ALE)
C
C APPLICATION DE LA FORMULE DE ERLANG POUR LE CALCUL DU RAYONNEMENT NET
C ( TIREE DE EKALC WICK - FLAYEN - CHERLIN
C METHODE DE L ESTIMATION DE L EVAPOTRANSPIRATION REELLE
C
DIMENSION ALF(12) ,
DIMENSION HEURN(12),RA(12),NAE(200),NAK(NA,5),NAT(NA),JNTRFV(5),
1 NBTRHV(5),TC1(13,NA),R66(13,NA),F21(13,NA),IE43(13,NA),NJM(12)
DATA NJM/31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/
RML=18.016*592.*4.187/8.3144
JA=0
DO 6099 JJ=1,5
6095 JNTRHV(JJ)=1
NK=3
DO 6048 JN=1,200
IF(NAB(JN)/LC.NE.111) GO TO 6048
C
DO 6049 JJ=1,NA
6050 IF(JN+1800 .EQ.NAK(JNTRFV(JJ),JJ)) GO TO 6049
JNTRHV(JJ)=JNTRFV(JJ) + 1
IF(JNTRHV(JJ).GT.NBTRHV(JJ)) GO TO 6050
GO TO 6050
6049 CONTINUE
C
NBTRHV(1) - NOMBRE MAXIMUM D'ANNEES POUR LA VARIABLE 1
C JNTRHV(1) - C EST L'INDICE DE NAK(J,1) QUI DONNE POUR LA VARIABLE 1
C LA POSITION D'ENTREE DE L'ANNEE JA + 1800
C
JA=JA + 1
NAK(JA,5)=JN + 1ECC
JNAT=JNTRFV(1)
JNAK=JNTRFV(2)
JNAH=JNTRFV(3)
JAN = JN + 1ECC
NAT(JA)=JAN
INDEX=0
IS=0
IB=0
IF(MOD(JAN,4).EQ.C) IB=1
DO 6053 MC=1,12
IE43(MC,JA)=-999
IF(T01(MC,JNAT).EQ.-99.9) GO TO 6054
IF(R66(MC,JNAR).EQ.-99.9) GO TO 6054
IF(H21(MC,JNAH).EQ.-99.9) GO TO 6054
C CALCUL DU RAYONNEMENT PAR LA FORMULE DE ERLANG
NJMU=NJM(ML)

```

```

IF (I21(MO, JNAH).EQ.-99.9) GO TO 6054
CALCUL DU RAYONNEMENT PAR LA FORMULE DE BRUNT
NJM0=NJM(MO)
IF (MO.EQ.2) NJM0=NJM0+ 1R
T01K=T01(MO, JNAT) + 273.
TYP=6.11*FX*(RMI*(1./273.-1./T01K))
R66M=R66(MO, JNAR)/(HFURN(MO)*NJM0)
H26=H21(MO, JNAH)*TYP/100.
RC=RA(MO)*(1.-ALR(MO))*(0.14+0.62*R66M)
FR=(1.-18/10.**7)*T01K*T01K*T01K*T01K*(0.45-J.05*SQRT(H26))
I=(0.10+0.9*R66M)
IF43(MO, JA)=(NJM0*(RC-RA)*100.)/(597.-0.566*T01(MO, JNAT))+0.5
IS=IS+IF43(MO, JA)
GO TO 6053
6054 INDEX=1
6053 CONTINUE
IF43(13, JA)=-999
IF (INDEX) 6048 , 6053 , 6048
6058 IF43(13, JA)=IS
6048 CONTINUE
6150 NB=JA
RETURN
END

SUBROUTINE FMT01(JSTA, NTYP, Z, NAN, N, NA)
DIMENSION NAN(NA), Z(13, NA)
DATA IIR, IIW/5, 6/
IV=0
IF (NTYP.EQ.0) IV=1
READ(5, 111)
111 FORMAT( I6, 2I2, I4, 12F5.1, F6.1)
N=0
9 N=N + 1
C READ(IIR, 111) ISTA, NTY, INDT, JAN, (Z(I, N), I=1, 13)
READ(5, 111) ISTA, NTY, INDT, JAN, (Z(I, N), I=1, 13)
IF (N.EQ.1) INDTL=INDT
IF (NTYP.EQ.0.AND.N.EQ.1) NTYP=NTY
IF (ISTA) 8, 8, 7
7 IF (ISTA-JSTA+NTY-NTYP) 999, 6, 999
C 999 WRITE(IIW, 909) ISTA, JSTA, NTYP, NTY, JAN
999 WRITE(6, 909) ISTA, JSTA, NTYP, NTY, JAN
909 FORMAT(///' ERREUR DE STATION OU DE TYPE DE DONNES', 5I10/)
STOP
6 NAN(N)=JAN
GO TO 9
8 N=N-1
IF (N.GT.NA) WRITE(6, 900)
900 FORMAT(///'20X, 'AUGMENTEZ VOS DIMENSIONS N>NA')
IF (N.GT.NA) STOP
IF (IV.EQ.0) RETURN
NTYP=NTYP*10+INDTL /10
RETURN
END

SUBROUTINE TABLE(IE43, NAN, NRAN, NIF, JSTA, IPERF, NA)
DIMENSION IE43(13, NA), NAN(NA), IC(13), NR(13)
IIW=6
DO 210 I=1, 13
NR(I)=0
210 IC(I)=0
C
WRITE(IIW, 2154)
2154 FORMAT(/ ' ANNEE JANV FEVR MARS AVRI MAI JUIN
1 JULI AOUT SEPT OCTO NOVE DECE TOTAL'/)
IF (NRAN.EQ.0) RETURN
L=1
JAN=NAN(1)/5*5
120 IF (MOD(JAN, 5).EQ.0) WRITE(IIW, 1000)
IF (JAN.EQ.NAN(L)) GO TO 100
WRITE(IIW, 1100) JAN, JAN
1100 FORMAT(IX, I5, 104X, I8)
GO TO 110
100 WRITE(IIW, 1000) JAN, (IF43(MO, L), MO=1, 13), JAN
1000 FORMAT(IX, I5, 14I8)
DO 90 MO=1, 13
IF (IE43(MO, L).EQ.-999) GO TO 90
NR(MO)=NR(MO) + 1
IE(MO)=IE(MO) + IF43(MO, L)
90 CONTINUE
L = L + 1
110 JAN=JAN + 1
IF (JAN.LE.NAN(NRAN)) GO TO 120
INDEX=0
IS=0
DO 130 MO=1, 13
IF (NR(MO).EQ.0) GO TO 131
IF (MO)=IE(MO)/NR(MO)
IS=IS+IE(MO)
GO TO 130
131 INDEX=1
130 CONTINUE
IS=IS-IE(13)
IF (INDEX.EQ.1) IS=-999
WRITE(IIW, 1200) (IE(MO), MO=1, 13), IS
1200 FORMAT(///IX, ' MOY ', 13I8, ' MOY'///20X, 'MOYENNE GENEALF
1 ' , 18/20X, '... VALEURS EN DIXIEMES DE MILLIMETRE ..')
IF (IPERF.EQ.0) RETURN
DO 9880 JA=1, NRAN
9880 WRITE(7, 9876) JSTA, NAN(JA), NIF, (IF43(MO, JA), MO=1, 13)
9876 FORMAT(I6, I4, '4', I3, 12I5, I6)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE TURC (NAB,NAK,JNTRHV,NBTRHV,NAT,T01,R66,H21,IE43,NB,
I HEURN ,RA ,NA)
DIMENSION HEURN(12),RA(12),NAB(20),NAK(NA,5),NAT(NA),JNTRHV(5),
NBTRHV(5),T01(13,NA),R66(13,NA),H21(13,NA),IE43(13,NA),NJM(12)
DATA NJM/31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/
UNIT2=100.
A=0.18
B=0.62
C=.40
JA=0
DO 6049 JJ=1,5
6099 JNTRHV(JJ)=1
NK=3
DO 6049 JN=1,200
IF (NAB(JN)/10.NF.111) GO TO 6049
C
DO 6049 JJ=1,NK
6050 IF (JN+1800 .EQ. NAK(JNTRHV(JJ),JJ)) GO TO 6049
JNTRHV(JJ)=JNTRHV(JJ) + 1
IF (JNTRHV(JJ).GT.NBTRHV(JJ)) GO TO 6150
GO TO 6050
6049 CONTINUE
C
C NBTRHV(I) - NOMBRE MAXIMUM D'ANNÉES POUR LA VARIABLE I
C JNTRHV(I) - C EST L'INDICE J DE NAK(J,I) QUI DONNE POUR LA VARIABLE I
C LA POSITION D'ENTRÉE DE L'ANNÉE JN + 1800
C
JA=JA + 1
NAK(JA,5)=JN + 1800
JNAT=JNTRHV(1)
JNAR=JNTRHV(2)
JNAH=JNTRHV(3)
JAN = JN + 1800
NAT(JA)=JAN
INDEX=0
IS=0
IR=0
IF (MOD(JAN,4).EQ.0) IR=1
DO 6053 MO=1,12
IE43(MO,JA)=-999
IF (T01(MO,JNAT).EQ.-99.9) GO TO 6054
IF (R66(MO,JNAR).EQ.-99.9) GO TO 6054
IF (H21(MO,JNAH).EQ.-99.9) GO TO 6054
C CALCUL DE L'ETP PAR LA FORMULE DE TURC
NJMO=NJM(MO)
IF (MO.EQ.2) NJMO=NJMO+ 18
IE43(MO,JA)=C*(NJMO/30.)*(T01(MO,JNAT)/(T01(MO,JNAT)+15.))*((A(MO)
1*(A+B*R66(MO,JNAR)/HEURN(MO)/NJMO)+50.)*(1.+AMAX1(0.,(50.-H21(MO)
2 ,JNAH)/70.))*10.+0.5
IS=IS+IE43(MO,JA)
GO TO 6053
6054 INDEX=1
6053 CONTINUE
IF43(13,JA)=-999
IF (INDEX) 6048 , 6058 , 6048
6058 IE43(13,JA)=IS
6048 CONTINUE
6150 NB=JA
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE FT350(NMAX,NBAN,T01,NAM,NBAM,F35,MAN,NM,IE43,NA,ARI)
DIMENSION NAN(50),NAM(NA),MAN(NA),NOK(50),X(51),XLAMB(51)
DIMENSION F35(13,NA),T01(13,NA),IE43(13,NA),NAX(NA)
EQUIVALENCE (X,XLAMB)
DATA X/1.20,1.84,1.88,1.93,1.99,2.07,2.15,2.23,2.32,2.41,2.51,2.6,
27.59,2.78,2.87,2.99,3.12,3.24,3.30,3.48,3.61,3.76,3.91,4.06,4.21,
34.38,4.55,4.74,4.93,5.14,5.40,5.65,5.96,6.07,6.33,6.57,6.83,7.12,
47.42,7.71,8.00,8.34,8.67,9.01,9.34,9.71,10.1,10.5,10.9,11.3,11.7/
ALFA0=0.5
NBT=NBAN
IF(NBAM-NBT)30,30,31
31 NBT=NBAM
30 DO 32 I=1,NBAN
NAN(I)=NAX(I)
32 NOK(I)=0
C
NAN(NBAN+1)=10000
NAM(NBAN+1)=10000
M=1
N=1
NM=0
NDEB=NAM(1)
IF(NAM(1)-NAN(1))100,110,110
110 N)FB=NAN(1)
100 NFIN=NAM(NBAN)
IF(NAN(NBAN)-NAM(NBAN))120,130,130
130 NFIN=NAN(NBAN)
120 DO 121 J=NDEB,NFIN
IF(J-NAN(N))122,123,121
122 IF(J-NAM(M))121,129,121
129 M=M+1
GO TO 121
123 IF(J-NAM(M))125,126,121
126 NM=NM+1
MAN(NM)=NAN(N)
NOK(NM)=N*100+M
N=N+1
M=M+1
GO TO 121
125 N=N+1
121 CONTINUE
IF(NM.EQ.0) RETURN
DO 220 I=1,NM
N=NOK(I)/100
M=NOK(I)-N*100
IS=0
INDEX=0
DO 240 MO=1,12
IF(T01(MO,N).EQ.-99.9.OR.F35(MO,M).EQ.-99.9) GO TO 232
GO TO 233
232 IF43(MO,I)=-999
INDEX=1
GO TO 240
233 IIT=T01(MO,N)
IF(IIT.LT.1) GO TO 232
IT=T01(MO,N)*10.+01
FBTI = XLAMB(IIT)+(XLAMB(IIT+1)-XLAMB(IIT))*(IT-IIT*10)/10. -1.
COR =ALFA0*(1.+FBTI)/(1.+(1.-ARI)*FBTI)
IF43(MO,I)=F35(MO,M)*COR*10.+5
IS=IS + IE43(MO,I)
240 CONTINUE
IF(INDEX) 242,242,243
243 IS=-999
242 IF43(13,I)=IS
220 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE FTPTM(XLA,VAN,T02,IE43,NRAN,NA)
  EVALUATION DE FTP A PARTIR DE LA TEMPERATURE MAXIMALE
  FTP = 0.30 * TMAX - 5.9      ( TMAX EN DEGRES CELSIUS )
C
C
C
DIMENSION IE43(13,NA)
DIMENSION T02(13,NA),NJM(12),SF43(12),NAN(NA)
DATA NJM/31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/
RR=5.9-XLA*0.05
LAT=XLA
DO 350 N=1,NRAN
  INDEX=1
  IS=0
  NJM(2)=28
  IF(MOD(NAN(N),4).EQ.0) NJM(2)=29
  DO 351 MO=1,12
  IF(T02(MO,N).NE.-99.9) GO TO 352
  INDEX=0
  IF43(MO,N)=-999
  GO TO 351
352 IE43(MO,N)=(.30*T02(MO,N)-5.9)*NJM(MO) *10.
  IS=IS+IE43(MO,N)
351 CONTINUE
  IE43(13,N)=IS
  IF(INDEX.EQ.0) IE43(13,N)=-999
350 CONTINUE
  RETURN
  END

```

A N N E X E 3

- - - - -

LISTE FORTRAN

DU PROGRAMME DE CALCUL, A UN PAS DE TEMPS JOURNALIER,  
DE L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE PAR  
LA METHODE DE PENMAN

```

C          210          5 5 5 5
C          TITRE = L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE JOURNALIERE ( PENMAN )
C
C          ALA : LATITUDE DU LIEU EN DEGRES CENTIMETRES
C          ALTI : ALTITUDE DU LIEU EN METRES
C          ALP : ALBEDO ESTIME
C          EVENT : HAUTEUR DE MESURE DU VENT
C
C          PRESENTATION DES CARTES ( COF=201 VERSION RESCAL )
C
C          1 CARTE FORMAT(2110,4F10.0) DES CARACTERISTIQUES DE LA STATION
C          1 CARTE D'IDENTIFICATION DE LA DONNEE: TEMPERATURE
C          24 CARTES DES TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES
C          1 CARTE D'IDENTIFICATION DE LA DONNEE: INSOLATION
C          24 CARTES DES INSOLATIONS JOURNALIERES
C          1 CARTE D'IDENTIFICATION DE LA DONNEE: TENSION
C          24 CARTES DE LA TENSION DE VAPEUR JOURNALIERE
C          1 CARTE D'IDENTIFICATION DE LA DONNEE: VITESSE DU VENT
C          24 CARTES DE LA VITESSE MOYENNE DU VENT
C
C          1 CARTE BLANCHE FIN DE TRAVAIL OU REPETITION DES CARTES CI-DESSUS
C
C          LA CHALEUR DE VAPORISATION DE L'EAU EST DONNEE POUR T=ENVIRON 10 C
C          ENTRE 0 ET 30 DEG.C. ELLE VARIE DE 590 A 597 CAL/GF
C
C          DIMENSION TO1(31,12),F66(31,12),F21(31,12),V51(31,12),M(12)
C          DIMENSION FF(31),-SA(31),FAP(31)
C          DIMENSION IF41(31,12),F614(31,12),F634(31,12),F654(31,12),IFX(31)
C          DIMENSION IT41(13)
C          DIMENSION IEX(31,12)
C          DATA I99,I99,I99,5,77,M/31,29,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/
C          DATA IT41/13*0/
C
C          1 DO 5 I=1,12
C            DO 5 J=2F,31
C              F614(J,I)=C.
C              F634(J,I)=C.
C              F654(J,I)=C.
C              IEX(J,I)=C
C              S=0.
C              DO 654 J=1,31
C                DO 654 I=1,12
C          654 IEX(J,I)=1
C
C          FML=16.016*F92.*4.187/F.3154
C          F=AD(I99,200)IAN,NST,ALP,XLA,ALTI,EVENT
C          200 FORMAT(2110,4F10.0)
C          XJZFFC=116.76*24
C          LAT=XLA
C          PHIPAC=(IFIX(XLA) )*C-LAT +XLA)*3.1415/1090C.
C          JANC=IAN-150C
C          NSTP=191
C          IF(IAN)1,1,2
C          1 STOP
C          2 IF(IAN-IAN/4*4)6,7,-
C          6 M(2)=2F
C          JANC=366
C          GO TO 8
C          7 M(2)=2C
C          JANC=366
C
C          LECTURE DES TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES EN DEGRES CENT.
C
C          - CALL FJMT0(11,NSTR,JANC,IEX,TO1)
C          - CALL FJMT0(01,NST,JANC,IEX,TO1)
C
C          LECTURE DE L'INSOLATION JOURNALIERE EN HEURES
C          CALL FJMT0(6,NST,JANC,IEX,ROF)
C          CALL FJMT0(11,NSTR,JANC,IEX,F66)
C
C          LECTURE DE LA TENSION DE VAPEUR MOYENNE JOURNALIERE EN MP
C          CALL FJMT0(21,NST,JANC,IEX,H21)
C          CALL FJMT0(11,NSTR,JANC,IEX,F21)
C
C          LECTURE DE LA VITESSE MOYENNE JOURNALIERE DU VENT EN M/S
C          CALL FJMT0(51,NST,JANC,IEX,V51)
C          CALL FJMT0(11,NSTR,JANC,IEX,V51)
C
C          CALCUL DE L'ETP SELON PENMAN
C
C          40 TJ=0.
C          HAALB=1.-ALP
C          DO 135 I=1,12
C            NJ=M(I)
C            WRITE(I99,29C)NST,IAN,ALP ,EVENT
C          29C FORMAT('1'////10X,'STATION N° ',I6,2X,'ETP PENMAN POUR L ANNEE ',I
C          14,2X,'EN FAVRANT ',F5.2,' COMME VALEUR DE L ALBEDO'/10X,'RADIATION
C          2 INCIDENTE EN MM D'EAU EVAPOREE/JOUR
C          3UP ASTRONOMIQUE EN HRES ' /10X,'LE VENT EST M
C          5ESURE A',F4.1,' METRES. SI LA HAUTEUR DE MESURE NEST PAS DE 10 M
C          5, UNE CORRECTION EST EFFECTUEE'////)
C            WRITE(I99,292)

```

```

292 FORMAT(' MOIS JCOUR',T15,' INSDLM INSLC',T34,' VENT',T40,' T MOY',T5
11,' F OBS E SAT PENTVGS FSG1PSC',T47,' IGA',T55,' RG 1-A RG',T109,'
2RA',T116,' EAPFN',T123,' ETP'//T18,' FRE',T25,' FFE',T35,' M/S',T43,' OC
2',T54,' MB',T62,' MB',T96,' MM/J',T93,' MM/J',T100,' MM/J',T107,' MM/J',
4T117,' MM/J',T127,' MM/J'//)
DO 80 J=1,NJ
TC1(J,I)=TC1(J,I) + 273.
IF(IEX(J,I))E1,E1,79
79 TJ=TJ+1.
R=1.+0.01674*SIN(3.1416*(TJ-9+.)/(18+))
DELRAC=23.45*SIN(3.1416*(TJ-82)/180.*3.1416)
HJ=ARCCOS(-TAN(FHIFAC)*TAN(DELRAC))
F=24.*HJ/3.1416+0.22
RIGA=XJZEPFC+(FJ*SIN(FHIFAC)*SIN(DELRAC)+SIN(FJ)*CCS(FHIFAC)*
1 COS(DELRAC))/(3.1416*F*R) /59.2
RIG(J)=RIGA
F(J)=H
IF(F-F66(J,I))E4,68,58
64 WRITE(IWW,294)J,R66(J,I)
294 FORMAT(2X,'J=',I2,' INSLATION=',F5.1,2X,' DONC L INSLATION EST
1PSEE EGALF A LA DUPEE ASTRONOMICLE EU JCOUR')
R66(J,I)=F
68 ESAT=6.11*EXP(RPL*(1./273.-1./T01(J,I)))
ESA(J)=ESAT
F21(J,I)=ESAT*F21(J,I) /100
IF(ESAT-H21(J,I))70,72,72
70 WRITE(IWW,296)J,F21(J,I)
296 FORMAT(2X,'J=',I2,2X,' LA TENSICN DE VAPEUR EST EGALF A ',F4.2,' DO
1NC SUPERIELEF A E SATURANTE. EA EST PCSEF EGALF A ES.')
H21(J,I)=ESAT
72 PENTV=(RPL*ESAT/T01(J,I)**2)/.65
C RG ET FA SCNT EN MM/J CSTE BCLTZMAN 1.93X10-10 CM/DEGK-J
R614(J,I)=FICA*(C.18+C.62*R66(J,I)/F)
R634(J,I)=LNALB*R614(J,I)
R654(J,I)=R634(J,I)-(C.56-C.08*F21(J,I)**.5)*(C.1+C.5*R66(J,I)
1/H)**(1.98/10.**1C)*T01(J,I)**4
IF(HVENT.FE.1C.) V51(J,I)=V51(J,I)*(1C./FVENT)**.143
CC LE CALCUL SE FAIT PCLR UN ANEMOMETRE A 10 METRES
PTVSC=PENTV/(1.+PENTV)
EAPEN=0.26*(ESAT-H21(J,I))*(1.+0.4*V51(J,I))
EAP(J)=EAPEN
IE41(J,I)=((R654(J,I)*PTVSC)+(EAPEN/(1.+PENTV))+0.05)*10.
IF(IE41(J,I))74,78,78
74 ETPT=IE41(J,I)/10.
WRITE(IWW,29E)J,ETPT
29E FORMAT(2X,'J=',I2,2X,' ETP=',F4.1,2X,' DONC ETP EST CONSIDERE F C)MME
1 NULLE')
IE41(J,I)=C
78 ETP=IE41(J,I)/10.
T=T01(J,I)-273.
WRITE(IWW,300)I,J,H,R66(J,I),V51(J,I),T,H21(J,I),ESAT,PENTV,
1 PTVSC,RIGA,R614(J,I),R634(J,I),R654(J,I),EAPEN,ETP
GC TC 80
81 TJ=TJ+1.
WRITE(IWW,300)I,J
IF41(J,I)=-999
60 CONTINUE
300 FORMAT(2I5,3X,2F7.1,3X,2F7.1,3X,3F8.2,3X,4F7.1,2F10.1)
TH=0.
TSCL=0.
TVF=0.
TTE=0.
TTV=0.
TESA=0.
TIGA=0.
TRG=0.
TRGA=0.
TRN=0.
TEA=0.
TETP=0.
NJT=0
DO 135 J=1,NJ
NJT=NJT+IEX(J,I)
IF(IEX(J,I).EQ.C)GO TO 138
TH=TH+H(J)
TSCL=TSCL+F66(J,I)
TVF=TVF+V51(J,I)
TTE=TTE+TC1(J,I)-273.
TTV=TTV+H21(J,I)
TESA=TESA+ESA(J)
TIGA=TIGA+RIG(J)
TRG=TRG+R614(J,I)
TRGA=TRGA+R634(J,I)
TRN=TRN+R654(J,I)
TEA=TEA+EAP(J)
TETP=TETP+IE41(J,I)/10.
141 IF(J-10)115,11C,115
11C TH=TH
TSCL1=TSCL
TVE1=TVF/NJT
TTE1=TTE/NJT
TTV1=TTV/NJT
TESA1=TESA/NJT
NJT1=NJT
NJT=0
TIGA1=TIGA

```



```

SUBROUTINE FJMTG(NAT,ICEN,JAN,IEX,2)
DIMENSION ZC(16),IEX(31,12),Z(31,12),IMA(12)
DATA IMA/15,12,15,14,15,14,15,15,14,15,14,15/
DATA IIR,IIR/5,6/
READ(IIR,1)ICEN,NATC,JANC
1  FORMAT(2X,I4,I2,2X,3I2,15F=.1)
   IMA(2)=12
   IF(JAN-JAN/4*4)2,3,2
3  IMA(2)=13
2  DO 4 J=1,24
   READ(IIR,1)ICNL,NATL,JANL,MC,NC,(ZC(I),I=1,16)
   IF(ICNL-ICEN+NATL-NAT+JANL-JAN+J-NC-(MC-1)*2)6,7,6
7  IMA(2)=16
   LJ=0
   IF(NC-2)8,9,8
9  IMA(2)=IMA(MC)
   LJ=16
8  DO 10 I=1,IMAX
   LJ=LJ+1
   IF(ZC(I)+99.9)10,13,10
13 IEX(LJ,MC)=0
10 Z(LJ,MC)=ZC(I)
4  CONTINUE
   RETURN
6  WRITE(IIR,12)ICNL,ICEN,NAT,NATL,MC,NC,J
12  FORMAT(///// 'EPREUR ' ,7I10)
   STOP
   END

```

```

SUBROUTINE PERFC(NAT,ICEN,JAN,IE41,IT41)
DIMENSION IE41(31,12),IMA(12),IT41(13)
DATA IMA/15,12,15,14,15,14,15,15,14,15,14,15/
IB=0
IF(MOD(JAN,4).EQ.0) IB=1
WRITE(7,1) ICEN,NAT,JAN
1  FORMAT(I6,2I4)
   JAN=MOD(JAN,100)
C
   DO 16 NC=1,24
   MC=(NC+1)/2
   IF(MOD(NC,2).EQ.C) GO TO 17
   I=1
   JD=1
   JF=16
   GO TO 16
17  I=2
   JD=17
   JF=16+IMA(MC)
   IF(MC.EQ.2)JF=JF+IB
16  WRITE(7,2)ICEN,NAT,JAN,MC,I,(IE41(J,MC),J=JD,JF)
2  FORMAT(I6,I4,3I2,16I4)
3  FORMAT(1F1,2CX,'EVAPCTFANSPIRATION POTENTIELLE JOURNALIERE'//
1  10X,'STATION NUMER' =',I10,20X,'ANNEE =19',I2//)
   WRITE(6,3) ICEN ,JAN
   PRINT 1132
1132  FORMAT(/' JCLR JAN  FEV MARS  AVR  MAI  JUIN  JUI  AOUT  SEP  OCT
1  NOV  DEC  JCUR'//)
   DO 20 J=1,31
   IF(J-29-IP)24,31,35
35  IF(J-31)21,32,32
24  IF(J-(J/5)*5)21,22,21
22  WRITE(6,11)
21  WRITE(6,11)J,(IE41(J,MC),MC=1,12),J
   GO TO 20
21  WRITE(6,12) J,IE41(J,1),(IE41(J,MC),MC=3,12),J
   GO TO 20
32  WRITE(6,13)J,(IE41(J,MC),MC=1,7,2),(IE41(J,MC),MC=8,12,2),J
20  CONTINUE
11  FORMAT(I5,12I5,IE)
12  FORMAT(I5,I5,5X,10I5,IE)
13  FORMAT(I5,I5,2(5X,I5),2(I5,5X),I5,IE)
14  FORMAT(///' TCI ' ,12I5,IE)
   WRITE(6,14)(IT41(MO),MC=1,13)
   RETURN
   END

```

A N N E X E 4

- - - - -

EXEMPLE D'APPLICATION DU PROGRAMME GENERAL  
DE CALCUL DE L'ETP

- - -

RESULTATS OBTENUS POUR FERKESSEDOUGOU,  
STATION DE CÔTE D'IVOIRE

CARACTERISTIQUES DE LA STATION

LATITUDE = 5.35  
 ALTITUDE = 323.1  
 HAUTEUR DE L'AVIONNETTE = 7.00 EN M  
 ALBECC = 0.05  
 INDICE D'ARIDITE = 3.85

PRECIPITATION MOYENNE MENSLIELLE EXPRIIMEE EN CAL/CM2-JOUR

754.46 870.22 858.60 891.65 899.72 872.62 869.35 883.40 892.07 865.03 814.86 762.46

INSOLATION MOYENNE MENSLIELLE THEORIQUE EN HEURES

11.7 11.9 12.1 12.3 12.6 12.7 12.7 12.6 12.4 12.1 11.9 11.7

CORRECTION F AFFLICHEE A LA VALEUR DE L'EVAPORATION D'UNE NAPPE D'EAU LIBRE SELON L'EQUATION DE PENMAN POUR OBTENIR L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE

0.776 0.811 0.828 0.823 0.810 0.792 0.775 0.775 0.781 0.796 0.797 0.774

EVALUATION DE L'ETP A PARTIR DE LA TEMPERATURE MAXIMALE  
 STATION NC= 90103 LATITUDE = 5.35

ANNEE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	TOTAL	
1950													1950	
1951	1505	1326	1608	1511	1366	1241	1143	1087	1106	1236	1331	1455	15915	1951
1952	1468	1556	1710	1565	1412	1277	1105	1050	1025	1273	1412	1440	16293	1952
1953	1676	1427	1617	1556	1357	1124	1012	1031	1106	1325	1448	1412	16055	1953
1954	1561	1477	1533	1439	1394	1178	1031	947	1106	1264	1367	1468	15765	1954
1955	1552	1528	1561	1493	1422	1169	1031	1031	1016	1254	1439	1325	15825	1955
1956	1477	1521	1515	1412	1310	1169	994	1031	1106	1347	1376	1375	15633	1956
1957	1455	1452	1524	1376	1319	1178	1115	1055	1057	1254	1412	1524	15769	1957
1958	1561	1469	1673	1511	1422	1160	1068	1050	1160	1347	1358	1412	16191	1958
1959	1552	1561	1729	1628	1394	1223	1152	1022	1043	1366	1484	1477	16631	1959
1960	1585	1652	1701	1354	1384	1187	1096	1056	1124	1354	1421	1487	16525	1960
1961	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1022	1115	1450	1547	1645	-999	1961
1962	1682	1544	1775	1484	1403	1106	1078	1040	1088	1375	1475	1264	16314	1962
1963	1682	1570	1766	1511	1543	1241	1171	1078	1205	1217	1448	1561	16993	1963
1964	1524	1713	1784	1502	1366	1223	1105	901	1016	1357	1358	1291	16140	1964
1965	1354	1536	1756	1538	1384	1156	1087	1012	1133	1403	1538	1456	16473	1965
1966	1384	1570	1651	1484	1443	1257	1226	1096	1142	1338	1475	1585	16685	1966
1967	1654	1586	1682	1520	1505	1232	1161	1031	1088	1384	1484	1496	16823	1967
1968	1580	1603	1682	1412	1457	1241	1124	1124	1160	1403	1430	1580	16786	1968
1969	1682	1679	1756	1610	1626	1259	1143	1115	1133	1180	1412	1617	17212	1969
1970	1747	1673	1849	1583	1412	1277	1059	1087	1057	1487	1466	1468	17202	1970
1971	1608	1561	1682	1529	1524	1205	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1971
MOY	1564	1549	1679	1502	1421	1236	1100	1045	1103	1332	1434	1469	16380	MOY

MOYENNE GENERALE 16474

.. VALEURS EN DIXIEMES DE MILLIMETRE ..

EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE A PARTIR DU PICE

ANNEE	STATION NC= 90100												LATITUDE =	S	ARIDITE =	C.85
	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	ACUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE				
1950																1950
1951	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	645	655	767	1208	1871	-999			1951
1952	2350	2724	2700	2067	1353	1116	765	680	579	627	1226	1795	18281			1952
1953	2459	1646	2201	1735	1050	743	551	612	667	567	1368	2043	16242			1953
1954	2465	2353	1695	1452	1162	775	745	566	650	780	1142	1657	15442			1954
1955	2011	2020	1656	1530	1168	705	642	547	512	762	1232	1356	14181			1955
1956	2143	1756	1698	1156	914	837	645	656	634	581	949	1558	13987			1956
1957	2258	2273	1683	1182	1019	727	634	612	564	656	1017	1552	14257			1957
1958	1820	2054	1639	1313	1008	775	642	712	600	806	778	1462	14049			1958
1959																1959
1960	2274	2523	2225	1177	944	699	670	573	555	849	1077	1689	15255			1960
1961	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	632	550	948	1148	1844	-999			1961
1962	2411	2617	2494	1406	1147	703	616	589	507	660	954	1522	15826			1962
1963	1870	1607	2401	1352	1213	729	695	601	687	693	1107	1472	14427			1963
1964	1430	1760	2110	1561	1019	758	3244	477	442	770	919	869	15360			1964
1965	1610	1559	2343	1839	1154	930	608	566	574	850	1365	1568	15766			1965
1966	2251	2422	2168	1446	1092	846	818	535	613	810	1081	1652	15738			1966
1967	2555	2353	2275	1449	1335	933	811	535	521	832	1289	1778	16666			1967
1968	2423	2060	1584	1235	1179	846	722	541	612	682	1086	1519	15089			1968
1969	2231	2315	2130	1721	1667	946	724	631	612	679	1020	1424	16100			1969
1970	2173	2432	2515	1574	1134	857	625	584	522	1080	1165	1409	16114			1970
1971	2177	1875	1831	1384	1241	828	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999			1971
MOY	2167	2168	2111	1476	1155	821	644	594	586	836	1112	1602	15457			MOY

MOYENNE GENERALE 15472

.. VALEURS EN DIXIEMES DE MILLIMETRE ..

EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE MENSUELLE SELON LA FORMULE DE PENMAN

ANNEE	STATION CLIMATOLOGIQUE DE FERKESSECOUGOU ( COTE D IVOIRE )												STATION NO=	90100		
	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	ACUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE			TOTAL	
1955																1955
1956																1956
1957																1957
1958	1277	1289	1665	1629	1529	1315	1221	1133	1249	1507	1388	1252	16454			1958
1959																1959
1960	1213	1347	1658	1550	1654	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999			1960
1961	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1130	1258	1596	1537	1428	-999			1961
1962	1362	1300	1629	1755	1702	1311	1216	-999	1217	-999	1788	1619	-999			1962
1963	1501	1719	-999	1871	1772	1418	1491	1222	1348	1417	1667	1299	-999			1963
1964	1152	1655	1541	1596	1593	1347	1280	1061	1137	1458	1349	1138	16757			1964
1965	1200	1368	1641	1545	1455	1299	-999	1170	1223	1454	1457	1355	-999			1965
1966	1242	1417	1766	1710	1713	1438	1233	1155	1300	1544	1469	1308	17395			1966
1967	1423	1442	1516	1656	1651	1434	1285	1112	1212	1549	1436	1206	16932			1967
1968	1205	1354	1650	1587	1701	1428	1266	1217	1277	1506	1370	1283	16885			1968
1969	1265	1394	1690	1599	1707	1384	1294	1235	1255	1387	1390	1320	16920			1969
1970	1314	1323	1723	1543	1561	1523	1202	1211	1185	1531	1365	1177	16662			1970
MOY	1320	1422	1708	1640	1639	1389	1298	1164	1241	1502	1474	1307	16862			MOY

MOYENNE GENERALE 17114

.. VALEURS EN DIXIEMES DE MILLIMETRE ..

EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE SELON LA FORMULE DE PERMAN MODIFIEE PAR PICU  
STATION CLIMATOLOGIQUE DE FERKESSEDCLECCU ( COTE D'IVOIRE ) STATION NC= 90100

ANNEE	JANV	FEVR	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	TOTAL	
1955													1955	
1956													1956	
1957													1957	
1958	1057	1050	1099	1475	1310	1140	1034	933	1077	1235	1213	1043	13994	1958
1959													1959	
1960	561	1092	1369	1223	1464	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1960
1961	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	952	1098	1428	1409	1355	-999	1961
1962	1292	1033	1621	1668	1555	1119	1185	-999	1071	-999	1874	1755	-999	1962
1963	2124	1754	-999	1819	1655	1283	1469	1088	1204	1297	1689	1153	-999	1963
1964	971	1631	1824	1337	1395	1161	1141	901	968	1317	1166	943	14715	1964
1965	978	1134	1338	1258	1218	1094	-999	991	1041	1311	1282	1260	-999	1965
1966	1675	1261	1591	1553	1568	1273	1158	997	1160	1366	1331	1157	15489	1966
1967	1341	1282	1207	1482	1451	1376	1122	952	1070	1400	1274	982	14895	1967
1968	971	1148	1389	1436	1537	1280	1088	1035	1088	1320	1167	1068	14496	1968
1969	1028	1179	1414	1231	1458	1195	1115	1092	1077	1211	1209	1120	14339	1969
1970	1097	1054	1426	1271	1355	1383	1025	1020	1002	1316	1150	960	14045	1970
MOY	1169	1233	1459	1441	1451	1223	1149	992	1077	1330	1342	1163	14568	MOY

MOYENNE GENERALE 15028  
.. VALEURS EN DIXIEMES DE MILLIMETRE ..

EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE MENSUELLE SELON LA FORMULE DE TURC

STATION CLIMATOLOGIQUE DE FERKESSEDCLECCU ( COTE D'IVOIRE ) STATION NC= 90100

ANNEE	JANV	FEVR	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	TOTAL	
1950													1950	
1951													1951	
1952													1952	
1953	-999	-999	-999	-999	-999	1251	995	-999	-999	1420	1437	1225	-999	1953
1954	1510	1351	1389	1413	1526	1257	1077	857	1187	1340	1452	1461	15815	1954
1955	1405	1531	1675	1378	1529	1287	1054	1167	1077	1447	1566	1381	16320	1955
1956	1510	1368	1497	1523	1338	1294	1083	1084	1268	1595	1446	1372	16382	1956
1957	1631	1559	1634	1518	1459	1326	1244	1223	1183	1385	1499	1472	17133	1957
1958	1402	1395	1564	1517	1436	1289	1201	1057	1204	1521	1418	1410	16433	1958
1959													1959	
1960	1636	1759	1646	1451	1631	1373	1222	1248	-999	1517	-999	-999	-999	1960
1961	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1068	1233	1624	1526	1473	-999	1961
1962	1695	1828	1659	1366	1535	1292	1232	-999	1135	-999	1457	1335	-999	1962
1963	1419	1298	-999	1529	1563	1365	1271	1121	1280	1335	1494	1378	-999	1963
1964	1472	1705	1574	1577	1550	1326	1178	899	1077	1510	1387	1189	16464	1964
1965	1349	1451	1593	1435	1352	1250	-999	1127	1174	1503	1465	1545	-999	1965
1966	1650	1527	1526	1489	1578	1440	1327	1049	1237	1496	1456	1377	17152	1966
1967	1716	1371	1374	1464	1585	1379	1278	1048	1178	1560	1505	1335	16793	1967
1968	1512	1403	1567	1425	1604	1366	1240	1168	1241	1496	1374	1392	16788	1968
1969	1439	1424	1578	1447	1622	1344	1277	1193	1214	1370	1443	1464	16795	1969
1970	1497	1386	1616	1373	1479	1488	1164	1158	1121	1516	1393	1252	16443	1970
MOY	1522	1494	1552	1455	1519	1333	1189	1097	1187	1477	1457	1379	16592	MOY

MOYENNE GENERALE 16661  
.. VALEURS EN DIXIEMES DE MILLIMETRE ..

RAYONNEMENT NET MENSUEL EN DIXIEMES DE MM D EAU  
STATION CLIMATOLOGIQUE DE FERKESSECOUGOU ( COTE D'IVOIRE ) STATION NC= 90100

ANNEE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	TOTAL	
1950														1950
1951														1951
1952														1952
1953	-555	-599	-599	-559	-999	1181	503	-599	-595	1318	1236	897	-995	1953
1954	574	1139	1337	1293	1416	1182	567	798	1071	1256	1275	1131	13795	1954
1955	571	1246	1447	1251	1426	1279	540	1052	583	1348	1266	1047	14186	1955
1956	527	1229	1417	1390	1250	1211	576	985	1151	1473	1281	1068	14348	1956
1957	560	1044	1519	1386	1361	1240	1105	1102	1072	1291	1303	1134	14517	1957
1958	1060	1136	1507	1403	1336	1211	1059	556	1054	1410	1253	1067	14485	1958
1959														1959
1960	922	1141	1452	1327	1512	1288	1082	1128	-555	1401	-999	-999	-999	1960
1961	-555	-559	-599	-999	-999	-999	-999	579	1124	1504	1334	1071	-999	1961
1962	572	1061	1405	1217	1477	1190	1099	-595	1041	-595	1182	1028	-995	1962
1963	1032	1184	-999	1399	1461	1300	1142	1028	1163	1271	1302	1065	-999	1963
1964	514	1057	1446	1324	1438	1230	1048	825	551	1387	1206	557	13907	1964
1965	553	1209	1417	1237	1243	1152	-999	1023	1060	1381	1203	554	-555	1965
1966	552	566	1408	1357	1479	1351	1176	564	1128	1425	1253	1065	14464	1966
1967	524	1039	1287	1361	1487	1310	1157	573	1055	1484	1319	1098	14444	1967
1968	555	1238	1491	1316	1482	1277	1106	1058	1106	1383	1193	1093	14698	1968
1969	1013	1153	1506	1305	1464	1253	1133	1076	1055	1283	1247	1146	14714	1969
1970	1067	1113	1502	1246	1387	1383	1045	1041	1018	1363	1165	564	14298	1970
MOY	565	1135	1437	1320	1409	1248	1062	595	1079	1373	1253	1045	14350	MOY

MOYENNE GENERALE 14325

.. VALEURS EN DIXIEMES DE MILLIMETRE ..

EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE MENSUELLE SELON LA FORMULE DE PRESCOTT

STATION CLIMATOLOGIQUE DE FERKESSECOUGOU ( COTE D'IVOIRE ) STATION NC= 90100

ANNEE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	TOTAL	
1950														1950
1951														1951
1952	2473	2640	2611	2142	1727	1469	1164	1143	1177	1476	1845	2049	21920	1952
1953	2537	2284	2544	2027	1484	1227	1059	-999	-595	1420	1736	2311	-999	1953
1954	2624	2457	2124	1822	1627	1283	1156	503	1199	1305	1546	1953	20003	1954
1955	2475	2498	2152	1555	1608	1283	1246	1110	1088	1261	2136	2172	21088	1955
1956	2508	2163	2254	1806	1538	1322	1090	1054	1103	1472	1443	1901	19654	1956
1957	2622	2746	2347	1814	1566	1346	1239	1166	1165	1261	1663	2110	21142	1957
1958	2220	2444	2375	1807	1670	1277	1285	1207	1138	1433	1514	2143	20523	1958
1959	2775	2722	2669	2343	1743	1443	1257	1110	1042	1238	1815	2286	22787	1959
1960	2788	2557	2625	1822	1634	1288	1263	1135	1175	1505	1800	2353	22549	1960
1961	-555	-999	-599	-999	-999	-999	-999	1016	1066	1471	1640	2260	-999	1961
1962	2680	3147	3038	2126	1813	1472	1187	1068	1052	1474	2080	1858	23035	1962
1963	2388	2125	2651	1879	1672	1168	1117	590	1163	1112	1545	1582	15836	1963
1964	2635	3023	2739	2224	1627	1424	1223	1031	552	1525	1606	1535	21588	1964
1965	2207	2549	2607	2408	1766	1519	1218	1100	1205	1525	2073	2463	22837	1965
1966	2665	2577	2533	1934	1587	1317	1267	999	1085	1290	1488	2018	21097	1966
1967	2782	2726	2466	1751	1691	1168	1003	830	821	1162	1535	2152	20001	1967
1968	2543	2337	2283	1723	1711	1364	1203	1150	1255	1515	1730	2064	20982	1968
1969	2531	2662	2384	2174	2151	1442	1256	1198	1220	1303	1663	2055	22039	1969
1970	2532	2695	2691	2117	1573	1429	1130	1235	1164	1635	1966	2040	22411	1970
MOY	2555	2615	2528	1993	1672	1346	1189	1080	1123	1425	1728	2092	21381	MOY

MOYENNE GENERALE 21346

.. VALEURS EN DIXIEMES DE MILLIMETRE ..

A N N E X E 5  
- - - - -

LISTE FORTRAN

DU PROGRAMME POUR LE CALCUL DES DIFFERENTS  
DEFICITS HYDRIQUES

```

C      P.O.H 212
C
C      CALCUL DES DEFICITS HYDRIQUES MENSUELS
C      ( HYPOTHESES DE THORNTWAITE ET DE KALMAN )
C
C      RETENTION INITIALE EGALE AU DEMI DE LA RETENTION MAXIMALE
C
C      PRESENTATION DES CARTES DONNEES
C
C      1 CARTE DE DEFINITION DE LA STATION ,DU MOIS DE COUPEUR, RETENTION MAX.
C      1 CARTE DE DEFINITION DES DES PRECIPITATIONS MENSUELLES
C      11 CARTES DES PRECIPITATIONS MENSUELLES ET ANNUELLES
C      1 CARTE BLANCHE DE FIN D'ENTREE
C
C      1 CARTE DE DEFINITION DES E.T.P MENSUELLES
C      11 CARTES DES EVAPOTRANSPIRATIONS POTENTIELLES MENSUELLES ET ANNUELLES
C      1 CARTE BLANCHE DE FIN D'ENTREE
C
C      1 CARTE BLANCHE FIN DE TRAVAIL
C
C      DOUBLE PRECISION MOIS(12)
C      DIMENSION TITRE(10),PM(13,50),ETP(13,50),          DEF(13,50),PEX
C      1 (13,50),NAM(50),NAM(50),NAM(50),NAM(50),NOK(50)
C      DATA MOIS/'JANVIER ','FEVRIER ','MARS ','AVRIL ','MAY ','
C      1JUN ','JUILLET ','AOUT ','SEPTEMBR.','OCTOBRE ','NOVEMBRE','
C      2DECEMBRE'/
C
C      NV=50
C
C      READ(5,100) JSTA,JM,TENOSM,TITRE
C      888 CONTINUE
C      100 FORMAT(16,14,F5.1,10A4)
C      LECTURE DES PLUIES MENSUELLES
C      106 FORMAT(16,10A4)
C      READ(5,106) IST,TITRE
C      N=1
C      95 READ(5,102)IST,JAN,(PM(MO,N),MO=1,13)
C      102 FORMAT(16,14,12F5.1,F6.1)
C      IF(IST.EQ.0) GO TO 98
C      IF(JSTA.EQ.1ST) GO TO 10
C      119 PRINT 120 ,JSTA,IST,N
C      120 FORMAT(///' ERREUR DE STATION PLUVIOMETRIQUE OU DE DIMENSION',3I
C      1 10)
C      STOP
C      10 NAM(N)=JAN
C      N=N+1
C      IF(N.GT.NV) GO TO 119
C      GO TO 95
C      98 N=NAN-1
C      N=1
C
C      LECTURE DES E.T.P.
C      READ(5,106) IST,TITRE
C
C      96 READ(5,202)IST,JTYP,JAN,(ETP(MO,N),MO=1,13)
C      202 FORMAT(16,12,2X,14,12F5.1,F6.1)
C      IF(IST.EQ.0) GO TO 99
C      IF(IST.EQ.JSTA.AND.JTYP.EQ.41) GO TO 11
C      129 PRINT 130 , JSTA,IST,N,JTYP
C      130 FORMAT(///' ERREUR DE STATION METEO OU DE TYPE DE DONNEE OU DE DIM
C      1ENSION ',4I10)
C      STOP
C      11 NAM(N)=JAN
C      N=N+1
C      IF(N.GT.NV) GO TO 129
C      GO TO 96
C      99 NBAM=N-1
C
C      CALL COMPL(PM,NRAN,NV)
C
C      CALL COMPI(ETP,NBAM,NV)
C
C      NAN(NRAN+1)=10000
C      NAM(NRAM+1)=10000
C      M=1
C      N=1
C      NM=0
C      NOEB=NAM(1)
C      IF(NAM(1)-NAN(1)) 108,118,118
C      118 NOEB=NAM(1)
C      108 NFIN=NAM(NRAM)
C      IF(NAM(NBAN)-NAM(NRAM)) 128,138,138
C      138 NFIN=NAM(NBAN)
C      128 DO 121 J=NOEB,NFIN
C      IF(J-NAM(N)) 122,123,121
C      122 IF(J-NAM(M)) 121,127,121
C      127 M=M+1
C      GO TO 121
C      123 IF(J-NAM(M)) 125,126,121
C      126 NM=NM+1
C      MAN(NM)=NAN(N)
C      DO 255 MO=1,13
C      PM(MO,NM)=PM(MO,N)
C      255 ETP(MO,NM)=ETP(MO,N)
C      N=N+1
C      M=M+1

```

```

      GO TO 121
125 N=N+1
121 CONTINUE
C
      PRINT 179,TITRE,JSTA
179 FORMAT(1H1,20X,'BILAN HYDRIQUE CLIMATIQUE MENSUEL ET ANNUEL'//
120X,'STATION DE ',10A4,10X,'NUMERO =',I8//)
      CALL DEFHC(NV,PM,ETP,NM,MAN,DEF,PEX)
      CALL DECAL(NV,DEF,PEX,PM,JM,NM,MAN)
      XRES=TCNOSM/2.
      PRINT 180,TITRE,JSTA ,TENOSM,XRES
180 FORMAT(1H1,20X,'BILAN HYDRIQUE MENSUEL ET ANNUEL'//
120X,'STATION DE ',10A4,10X,'NUMERO =',I8//5X,'TENEUR MAXIMALE EN
1 EAU ',F6.1,' MM',10X,'TENEUR MINIMALE EN EAU ',F6.1,' MM'//)
      CALL DEFHYD(NV,PM,ETP,NM,MAN,TENOSM,DEF,PEX,XRES)
      CALL DECAL(NV,DEF,PEX,PM,JM,NM,MAN)
C
      AK=10.
183 FORMAT(1H1,20X,'BILAN HYDRIQUE MINIMAL MENSUEL ET ANNUEL D UN SO
11'//20X,'STATION DE ',10A4,10X,'NUMERO =',I8//5X,'TENEUR MAXIMALE
2 EN EAU ',F6.1,' MM',10X,'TENEUR MINIMALE EN EAU ',F6.1,' MM',
310X,'COSE = 1/10 DE LA TENEUR MAXIMALE'//)
      PRINT 183 ,TITRE,JSTA,TENOSM,XRES
      CALL DEFHSM(NV,PM,ETP,NM ,MAN,TENOSM,DEF,PEX,XRES,AK)
      CALL DECAL(NV,DEF,PEX,PM,JM,NM,MAN)
C
185 FORMAT(1H1,20X,'BILAN HYDRIQUE MENSUEL ET ANNUEL D UNE PLANTE +SO
11'//20X,'STATION DE ',10A4,10X,'NUMERO =',I8//5X,'TENEUR MAXIMALE
2 EN EAU ',F6.1,' MM',10X,'TENEUR MINIMALE EN EAU ',F6.1,' MM',
310X,'TENEUR OPTIMUM EN EAU =',F6.1,' MM'//)
      OPTIM=100
      PRINT 185 ,TITRE,JSTA,TENOSM,XRES,OPTIM
      CALL DEFHSP(NV,PM,ETP,NM ,MAN,TENOSM,DEF,PEX,XRES,OPTIM)
      CALL DECAL(NV,DEF,PEX,PM,JM,NM,MAN)
C
C
      READ(5,100) JSTA,JM,TENOSM,TITRE
      IF(JSTA.NE.0) GO TO 888
      PRINT 800
800 FORMAT(1H1)
      STOP
      END

      SUBROUTINE COMPL(PM,NBAN,NV)
      DIMENSION PM(13,NV),PMOY(12)
      DO 2 MO=1,12
      S=0.
      I=0
      DO 1 N=1,NBAN
      IF(PM(MO,N).LT.-0.01)GO TO 1
      I=I+1
      S=S+PM(MO,N)
1 CONTINUE
2 PMOY(MO)=S/I
      L=0
      DO 10 N=1,NBAN
      S=0.
      DO 11 MO=1,12
      IF(PM(MO,N).GE.0.)GO TO 11
      L=L+1
      PM(MO,N)=PMOY(MO)
11 S=S+PM(MO,N)
      PM(13,N)=S+.001
10 CONTINUE
      IF(L*100.GT.NBAN*60) PRINT 1130
1130 FORMAT(///20X,'LE NOMBRE DE MOIS SANS MESURE EST EXCESSIF'///)
      RETURN
      END

```

```

SUBROUTINE DEFCAL (NV,DEF,PEX,PM,JM,NBAN,NAN)
C
C SOMMATION DU DEFICIT SUR PERIODE FIXEE PAR JM
C
      DIMENSION DEF(13,NV),PEX(13,NV),PM(13,NV),NAN(50)
      DATA MOIS/'JANVIER ','FEVRIER ','MARS ','AVRIL ','MAI ','
      1/JUN ','JUILLET ','AOUT ','SEPTEMB. ','OCTOBRE ','NOVEMBRE ','
      2/DEC. ' /
      JM1=JM+1
      JM2=JM1
      IF (JM.EQ.12) JM2=1
      PRINT 1097,MOIS(JM2),MOIS(JM1)
      DO 98 N=2,NBAN
      S=0.
      S1=0.
      S2=0.
      NBANN=N-1
      DO 100 MO=1,JM
      S1=S1+PEX(MO,N)
      S2=S2+PM(MO,N)
100 S=S+DEF(MO,N)
      IF (JM.EQ.12) GO TO 110
      MO=JM1,12
      S1=S1+PEX(MO,NBAN)
      S2=S2+PM(MO,NBAN)
111 S=S+DEF(MO,NBAN)
110 PRINT 1098,NAN(N),S,S1,S2
      98 CONTINUE
1098 FORMAT(16X,115,3F15.1)
1097 FORMAT(///22X,'PAR PERIODE SECHE DE ',1A8,' A ',1A8//23X,' ANNEE
1
1 DEFICIT,CAU PLUIF EXCES PLUIF '/')
      RETURN
      END

SUBROUTINE DEFCO(NV,PM,ETP,NBAN,NAN,DEF,PEX)
C CALCUL DU DEFICIT HYDRIQUE CLIMATIQUE
      DIMENSION PM(13,NV),ETP(13,NV),NAN(NV),DEF(13,NV),PEX(13,NV)
      WRITE(5,800)
      800 FORMAT(1X,'ANNEE',12X,'JANVIER FEVRIER MARS AVRIL MAI JU
      1IN JUILLET AOUT SEPT. OCTOBRE NOVEMBRE DECEMBRE',8X,'ANNEE'
      2/)
      DO 200 N=1,NBAN
      SPEX=0.
      SDEF=0.
      DO 150 MO=1,12
      PE=0.
      DE=ETP(MO,N)-PM(MO,N)
      IF (DE)110,120,120
110 PE=-DE
      PE=0.
120 DEF(MO,N)=DE
      PEX(MO,N)=PE
      SDEF=SDEF+DE
150 SPEX=SPEX+PE
      DEF(13,N)=SDEF
      PEX(13,N)=SPEX
      WRITE(6,810)NAN(N),(PM(MO,N),MO=1,13)
      WRITE(6,820)(ETP(MO,N),MO=1,13)
      WRITE(6,830)(PEX(MO,N),MO=1,13)
      WRITE(6,840)(DEF(MO,N),MO=1,13)
      810 FORMAT(1X,14,3X,'PLUIF ',12F8.1,8X,F8.1)
      820 FORMAT(8X,'ETP ',12F8.1,8X,F8.1)
      830 FORMAT(8X,'EXCEDENT ',12F8.1,8X,F8.1)
      840 FORMAT(8X,'DEFICIT ',12F8.1,8X,F8.1/)
      200 CONTINUE
      RETURN
      END

```

```

SUBROUTINE DEFHYD(INV,PM,FTP,NBAN,NAN,TENOSM,DEF,PEX,XRES)
C CALCUL DES PLUIES EXCEDENTAIRES ET DES DEFICITS EN FAU DU SOL
DIMENSION PEX(13,NV),DEF(13,NV),FTP(13,NV),PM(13,NV),NAN(50)
EAU=TENOSM
KD=2
WRITE(6,800)
800 FORMAT(1X,'ANNEE',12X,'JANVIER FEVRIER MARS AVRIL MAI JU
11N JUILLET AOUT SEPT. OCTOBRE NOVEMBRE DECEMBRE',8X,'ANNEE'
2/)
I=0
DO 100 N=1,NBAN
SPEX=0.
SDEF=0.
DO 120 MO=1,12
PF=0.
DE=0.
126 ETR=(FTP(MO,N)/KD)*EAU/TENOSM
EAU=EAU-ETR+PM(MO,N)/KD
IF(EAU.GT.TENOSM) GO TO 4
IF(EAU.GT.XRES) GO TO 125
IF(EAU.LT.0.) GO TO 5
DE=DE+XRES-EAU
EAU=XRES
GO TO 125*
5 DE=DE+XRES-EAU
EAU=0.
GO TO 125
4 PF=PF+EAU-TENOSM
EAU=TENOSM
125 I=I+1
IF(MOD(I,KD).NE.0) GO TO 126
DEF(MO,N)=DE
PEX(MO,N)=PE
SPEX=SPEX+PF
109 SDEF=SDEF+DE
120 CONTINUE
PEX(13,N)=SPEX
DEF(13,N)=SDEF
NANN=NAN(N)
WRITE(6,810)NANN,(PM(MO,N),MO=1,13)
WRITE(6,820)(FTP(MO,N),MO=1,13)
WRITE(6,830)(PEX(MO,N),MO=1,13)
WRITE(6,840)(DEF(MO,N),MO=1,13)
100 CONTINUE
810 FORMAT(1X,14,3X,'PLUIE ',12F8.1,8X,F8.1)
820 FORMAT(8X,'FTP ',12F8.1,8X,F8.1)
830 FORMAT(8X,'EXCEDENT ',12F8.1,8X,F8.1)
840 FORMAT(8X,'DEFICIT ',12F8.1,8X,F8.1)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE DEFISM(NV,PM,FTP,NBAN,NAN,TENOSM,DEF,PEX,XRES,AK)
C CALCUL DES PLUIES EXCEDENTAIRES ET DES DEFICITS EN FAU DU SOL
DIMENSION PEX(13,NV),DEF(13,NV),FTP(13,NV),PM(13,NV),NAN(50)
EAU=TENOSM
KD=3
IF(TENOSM.LT.1.) STOP
WRITE(6,800)
800 FORMAT(1X,'ANNEE',12X,'JANVIER FEVRIER MARS AVRIL MAI JU
11N JUILLET AOUT SEPT. OCTOBRE NOVEMBRE DECEMBRE',8X,'ANNEE'
2/)
I=0
DO 100 N=1,NBAN
SPEX=0.
SDEF=0.
DO 120 MO=1,12
PF=0.
DE=0.
126 IF(PM(MO,N)/KD+EAU.GT.TENOSM) GO TO 154
EAU=EAU+PM(MO,N)/KD
152 ETR=(FTP(MO,N)/KD)*EAU/TENOSM
153 IF(EAU-ETR.GE.XRES) GO TO 154
DE=DE+TENOSM/AK
EAU=EAU+TENOSM/AK
GO TO 152
156 PF=PF+EAU+PM(MO,N)/KD-TENOSM
EAU=TENOSM
GO TO 152
154 EAU=EAU-ETR
C
125 I=I+1
IF(MOD(I,KD).NE.0) GO TO 126
DEF(MO,N)=DE
PEX(MO,N)=PE
SPEX=SPEX+PEX(MO,N)
109 SDEF=SDEF+DEF(MO,N)
120 CONTINUE
PEX(13,N)=SPEX
DEF(13,N)=SDEF
NANN=NAN(N)
WRITE(6,810)NANN,(PM(MO,N),MO=1,13)
WRITE(6,820)(FTP(MO,N),MO=1,13)
WRITE(6,830)(PEX(MO,N),MO=1,13)
WRITE(6,840)(DEF(MO,N),MO=1,13)
100 CONTINUE
810 FORMAT(1X,14,3X,'PLUIE ',12F8.1,8X,F8.1)
820 FORMAT(8X,'FTP ',12F8.1,8X,F8.1)
830 FORMAT(8X,'EXCEDENT ',12F8.1,8X,F8.1)
840 FORMAT(8X,'DEFICIT ',12F8.1,8X,F8.1)
RETURN
END

```

```

      SUBROUTINE DEFASP(NV,PM,FTP,NBAN,NAN,TENQSM,DEF,PEX,XRES,OPTIM)
C   CALCUL DES PLUIES EXCEDENTAIRES ET DES DEFICITS EN EAU DU SOL
      DIMENSION PEX(13,NV),DEF(13,NV),FTP(13,NV),PM(13,NV),NAN(50)
      FAU=TENQSM
      KD=3
      WRITE(6,800)
200  FORMAT(1X,'ANNEE',12X,'JANVIER FEVRIER MARS  AVRIL  MAI  JU
      11X  JUILLET AOÛT  SEPT.  OCTOBRE NOVEMBRE DECEMBRE',8X,'ANNEE'
      2/)
      I=0
      DO 100 N=1,NBAN
      SDEF=0.
      SDEF=0.
      DO 120 MO=1,12
      PF=0.
      DF=0.
C
      126 IF(PM(MO,N)/KD+FAU.GT.TENQSM) GO TO 156
      FAU=FAU+PM(MO,N)/KD
      GO TO 152
      156 PF=PF+FAU+PM(MO,N)/KD-TENQSM
      FAU=TENQSM
      152 FTR=(FTP(MO,N)/KD)*FAU/TENQSM
      IF(FAU.GE.OPTIM) GO TO 154
      DF=DF+OPTIM-(FAU-FTR)
      FAU=OPTIM
      GO TO 125
      154 FAU=FAU-FTR
C
      125 I=I+1
      IF(MOD(I,KD).NE.0) GO TO 126
      DEF(MO,N)=DF
      PEX(MO,N)=PF
      SDEF=SDEF+PEX(MO,N)
100  SDEF=SDEF+DEF(MO,N)
      120 CONTINUE
      PEX(13,N)=SDEF
      DEF(13,N)=SDEF
      NAN=NAN(N)
      WRITE(6,810)NAN,(PM(MO,N),MO=1,13)
      WRITE(6,820)(FTP(MO,N),MO=1,13)
      WRITE(6,830)(PEX(MO,N),MO=1,13)
      WRITE(6,840)(DEF(MO,N),MO=1,13)
100  CONTINUE
      910 FORMAT(1X,14,3X,'PLUIE      ',12F8.1,8X,F8.1)
      820 FORMAT(8X,'FTP      ',12F8.1,8X,F8.1)
      830 FORMAT(8X,'EXCEDENT  ',12F8.1,8X,F8.1)
      840 FORMAT(8X,'DEFICIT   ',12F8.1,8X,F8.1)
      RETURN
      END

```

A N N E X E 6

- - - - -

EXEMPLE DE SORTIE DU PROGRAMME

POH 212 (ANNEXE 5)

STATION DE TCHAD FORT LAMY NUMERO = 460001  
 TENEUR MAXIMALE EN FAU 155.0 MM TENEUR MINIMALE EN FAU 75.0 MM  
 DOSE = 1/10 DE LA TENEUR MAXIMALE

ANNEE	JANVIER	FEBVIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPT.	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE	ANNEE
1932	PLUIE 0.0 ETP 119.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 45.0	0.0 144.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	1.8 238.0 0.0 270.0	7.1 241.0 0.0 270.0	43.9 214.0 0.0 270.0	107.8 196.0 0.0 75.0	341.5 170.0 160.3 0.0	205.9 177.0 31.7 0.0	20.8 190.0 0.0 150.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	728.8 2265.0 191.5 1605.0
1933	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	0.9 238.0 0.0 270.0	40.1 241.0 0.0 210.0	125.8 214.0 0.0 90.0	190.4 196.0 0.0 0.0	277.0 170.0 95.4 0.0	102.3 177.0 0.0 0.0	0.0 190.0 0.0 180.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	756.9 2265.0 95.4 1500.0
1935	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 144.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	0.0 238.0 0.0 270.0	17.0 241.0 0.0 255.0	42.0 214.0 0.0 180.0	66.5 176.0 0.0 120.0	155.0 170.0 0.0 0.0	41.0 177.0 0.0 105.0	46.0 190.0 0.0 135.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	367.5 2265.0 0.0 1785.0
1936	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	51.0 238.0 0.0 270.0	45.2 241.0 0.0 225.0	55.2 214.0 0.0 165.0	239.7 196.0 40.1 0.0	206.2 170.0 27.5 0.0	113.4 177.0 0.0 30.0	10.7 190.0 0.0 165.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	723.4 2265.0 67.7 1515.0
1937	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	0.0 238.0 0.0 270.0	52.7 241.0 0.0 225.0	3.0 214.0 0.0 210.0	162.7 196.0 0.0 30.0	173.8 170.0 0.0 0.0	99.9 177.0 0.0 30.0	4.9 190.0 0.0 180.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	497.0 2265.0 0.0 1665.0
1938	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	4.9 238.0 0.0 270.0	10.4 241.0 0.0 270.0	136.5 214.0 0.0 75.0	281.4 196.0 75.8 0.0	225.1 170.0 46.4 0.0	146.7 177.0 0.0 0.0	3.4 190.0 0.0 180.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	808.4 2265.0 122.2 1515.0
1939	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	10.4 238.0 0.0 255.0	140.9 241.0 0.0 135.0	51.4 214.0 0.0 165.0	110.8 196.0 0.0 75.0	301.7 170.0 119.1 0.0	94.9 177.0 0.0 45.0	41.9 190.0 0.0 135.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	752.0 2265.0 119.1 1530.0
1940	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	0.0 238.0 0.0 270.0	46.8 241.0 0.0 225.0	86.0 214.0 0.0 135.0	218.3 196.0 17.9 0.0	197.5 170.0 18.8 0.0	65.8 177.0 0.0 75.0	11.6 190.0 0.0 165.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	624.0 2265.0 36.7 1590.0
1941	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	17.2 238.0 0.0 255.0	35.3 241.0 0.0 225.0	66.9 214.0 0.0 150.0	165.8 196.0 0.0 15.0	212.6 170.0 27.5 0.0	50.1 177.0 0.0 90.0	0.0 190.0 0.0 180.0	16.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 105.0	563.9 2265.0 27.5 1620.0
1942	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 120.0	0.5 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	1.7 238.0 0.0 270.0	20.4 241.0 0.0 240.0	92.0 214.0 0.0 135.0	136.5 196.0 0.0 45.0	389.1 170.0 204.9 0.0	17.2 177.0 0.0 120.0	95.0 190.0 0.0 90.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	752.4 2265.0 204.9 1635.0
1945	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	5.9 238.0 0.0 270.0	6.3 241.0 0.0 270.0	100.2 214.0 0.0 105.0	146.0 196.0 0.0 45.0	219.7 170.0 37.6 0.0	67.1 177.0 0.0 135.0	43.4 190.0 0.0 135.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	588.6 2265.0 37.6 1620.0
1946	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	0.0 238.0 0.0 270.0	7.3 241.0 0.0 270.0	93.3 214.0 0.0 120.0	236.5 196.0 35.1 0.0	396.4 170.0 217.7 0.0	117.6 177.0 0.0 30.0	26.4 190.0 0.0 135.0	0.0 169.0 0.0 150.0	0.0 147.0 0.0 105.0	877.5 2265.0 252.8 1545.0
1947	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 120.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	0.0 238.0 0.0 270.0	52.9 241.0 0.0 225.0	40.5 214.0 0.0 180.0	90.0 196.0 0.0 90.0	115.0 170.0 0.0 30.0	130.2 177.1 0.0 30.0	27.6 190.0 0.0 135.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	456.2 2265.1 0.0 1695.0
1948	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	11.2 238.0 0.0 255.0	5.2 241.0 0.0 270.0	64.6 214.0 0.0 150.0	87.7 196.0 0.0 70.0	148.5 170.0 0.0 0.0	37.0 177.1 0.0 120.0	0.0 190.0 0.0 180.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	354.2 2265.1 0.0 1785.0
1949	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	0.0 238.0 0.0 270.0	54.4 241.0 0.0 225.0	85.2 214.0 0.0 135.0	63.0 196.0 0.0 120.0	204.8 170.0 22.1 0.0	22.8 177.1 0.0 0.0	5.0 190.0 0.0 180.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	435.2 2265.1 22.1 1770.0
1950	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	3.5 238.0 0.0 270.0	34.1 241.0 0.0 225.0	15.6 213.8 0.0 210.0	156.3 196.0 0.0 15.0	582.2 170.0 393.9 0.0	156.7 177.1 0.0 0.0	3.5 190.0 0.0 180.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	951.9 2264.9 393.9 1620.0
1951	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	0.0 238.0 0.0 270.0	6.4 241.0 0.0 270.0	67.9 213.8 0.0 135.0	101.5 196.0 0.0 90.0	128.6 170.0 0.0 15.0	185.4 177.1 1.1 0.0	60.1 190.0 0.0 105.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	549.9 2264.9 1.1 1605.0
1953	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	0.0 238.0 0.0 270.0	47.0 241.0 0.0 225.0	82.1 213.8 0.0 135.0	232.0 196.0 31.1 0.0	158.0 170.0 0.0 0.0	117.9 177.1 0.0 30.0	5.6 190.0 0.0 165.0	0.0 169.0 0.0 150.0	0.0 147.0 0.0 120.0	642.6 2264.9 31.1 1560.0
1954	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	8.7 238.0 0.0 270.0	60.0 241.0 0.0 225.0	73.8 213.8 0.0 135.0	241.0 196.0 37.9 0.0	269.5 170.0 90.8 0.0	48.0 177.1 0.0 90.0	77.2 190.0 0.0 90.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	778.2 2264.9 128.7 1515.0
1955	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	0.0 238.0 0.0 270.0	12.3 241.0 0.0 270.0	119.4 213.8 0.0 90.0	49.1 196.0 0.0 135.0	354.6 170.0 170.5 0.0	169.0 177.1 0.0 0.0	30.7 190.0 0.0 135.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	735.1 2264.9 170.5 1620.0
1956	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.2 220.0 0.0 225.0	1.3 238.0 0.0 270.0	2.0 241.0 0.0 270.0	19.9 213.8 0.0 195.0	168.1 196.0 0.0 15.0	235.1 170.0 54.6 0.0	175.7 177.1 1.9 0.0	5.2 190.0 0.0 165.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	607.5 2264.9 56.5 1635.0
1957	PLUIE 0.0 ETP 139.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 105.0	0.0 164.0 0.0 135.0	0.0 220.0 0.0 225.0	0.0 238.0 0.0 270.0	29.0 241.0 0.0 240.0	123.5 213.8 0.0 90.0	186.3 196.0 0.0 0.0	249.1 170.0 65.9 0.0	151.9 177.1 0.0 0.0	0.2 190.0 0.0 180.0	0.0 169.0 0.0 135.0	0.0 147.0 0.0 120.0	740.0 2264.9 65.9 1500.0
1958	PLUIE 0.0 ETP 142.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 135.0	0.0 196.0 0.0 165.0	0.0 260.0 0.0 315.0	1.0 261.0 0.0 315.0	44.3 242.0 0.0 225.0	67.4 219.0 0.0 165.0	108.0 204.0 0.0 90.0	193.6 175.0 0.0 0.0	121.6 193.0 0.0 45.0	1.5 202.0 0.0 180.0	0.0 174.0 0.0 150.0	0.0 156.0 0.0 135.0	537.4 2434.0 0.0 1920.0
1959	PLUIE 0.0 ETP 151.0 EXCEDENT 0.0 DEFICIT 120.0	0.0 173.0 0.0 150.0	0.0 230.0 0.0 270.0	9.5 247.0 0.0 270.0	117.3 249.0 0.0 180.0	78.5 201.0 0.0 195.0	272.3 203.0 42.9 0.0	394.3 166.0 216.0 0.0	118.2 167.0 0.0 15.0	0.0 193.0 0.0 180.0	0.0 197.0 0.0 180.0	0.0 158.0 0.0 135.0	990.1 2344.0 278.8 1605.0

DIV 261 634

1950	PLUIE	0.0	0.0	0.0	7.5	24.7	45.7	207.4	128.1	108.6	11.7	0.0	0.0	533.3
	ETP	159.0	194.0	197.0	249.0	242.0	220.0	184.0	203.0	200.0	227.0	215.0	167.0	2519.0
	EXCEDENT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4
	DEFICIT	159.0	194.0	197.0	405.0	315.0	180.0	0.0	60.0	90.0	225.0	225.0	135.0	2130.0
1951	PLUIE	0.0	0.0	1.0	17.2	0.6	92.7	185.2	339.5	148.0	0.0	0.0	0.0	780.1
	ETP	171.0	194.0	276.0	312.0	276.0	211.0	167.0	129.0	158.0	198.0	174.0	171.0	2437.0
	EXCEDENT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	197.8	6.6	0.0	0.0	0.0	211.6
	DEFICIT	171.0	194.0	369.0	510.0	360.0	128.0	0.0	0.0	0.0	165.0	150.0	150.0	2145.0
1952	PLUIE	0.0	0.0	1.6	0.0	4.8	45.0	175.6	186.3	63.9	13.2	0.0	0.0	490.4
	ETP	127.0	140.0	229.0	243.0	238.0	228.0	221.0	165.0	171.0	191.0	179.0	173.0	2334.0
	EXCEDENT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2
	DEFICIT	127.0	140.0	255.0	270.0	270.0	195.0	45.0	0.0	75.0	165.0	150.0	150.0	1800.0
1953	PLUIE	0.0	0.0	0.0	24.7	8.1	40.7	85.7	182.8	135.9	19.2	0.0	0.0	497.1
	ETP	122.0	143.0	205.0	173.0	236.0	209.0	171.0	150.0	169.0	166.0	148.0	125.0	2018.0
	EXCEDENT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0
	DEFICIT	122.0	143.0	210.0	120.0	255.0	165.0	60.0	0.0	0.0	120.0	120.0	90.0	1335.0
1954	PLUIE	0.0	0.0	1.7	16.8	14.2	56.1	132.7	182.7	56.0	15.8	0.0	0.0	477.2
	ETP	133.0	150.0	205.0	222.0	248.0	232.0	178.0	163.0	177.0	174.0	148.0	129.0	2159.0
	EXCEDENT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7
	DEFICIT	133.0	150.0	195.0	210.0	270.0	195.0	30.0	0.0	75.0	135.0	120.0	90.0	1545.0
1955	PLUIE	0.0	0.0	1.6	1.1	3.4	78.6	114.9	217.7	159.6	10.5	0.0	0.0	587.4
	ETP	104.0	128.0	183.0	195.0	211.0	199.0	213.0	190.0	178.0	178.0	141.0	115.0	2039.0
	EXCEDENT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.7	0.0	0.0	0.0	0.0	17.7
	DEFICIT	75.0	70.0	165.0	180.0	210.0	195.0	90.0	0.0	0.0	135.0	120.0	90.0	1260.0
1956	PLUIE	0.0	0.0	0.0	25.3	47.4	102.3	172.9	151.2	65.4	28.8	0.0	0.0	593.3
	ETP	131.0	134.0	185.0	201.0	211.0	203.0	221.0	192.0	182.0	180.0	148.0	127.0	2105.0
	EXCEDENT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	DEFICIT	90.0	90.0	180.0	165.0	150.0	90.0	45.0	30.0	90.0	135.0	120.0	90.0	1275.0

PAR PERIODE SECHE DE JUILLET A JUIN

ANNEE	DEFICIT.FAU	PLUIE EXCES	PLUIE
1933	1515.0	191.5	862.8
1935	1635.0	95.4	629.1
1936	1680.0	0.0	461.9
1937	1620.0	67.7	625.7
1938	1575.0	0.0	593.1
1939	1455.0	122.2	859.3
1940	1605.0	119.1	680.1
1941	1590.0	36.7	612.6
1942	1650.0	27.5	559.1
1945	1620.0	204.0	750.2
1946	1635.0	37.6	576.8
1947	1575.0	252.8	870.3
1948	1680.0	0.0	443.8
1949	1740.0	0.0	412.8
1950	1845.0	22.1	348.8
1951	1590.0	393.9	973.0
1953	1560.0	1.1	604.7
1954	1545.0	31.1	656.0
1955	1530.0	128.7	767.4
1956	1725.0	170.5	626.8
1957	1500.0	56.5	736.6
1958	1755.0	65.9	700.2
1959	1695.0	9.0	630.0
1960	1905.0	278.8	862.3
1961	2415.0	14.4	562.3
1962	1680.0	211.6	725.0
1963	1530.0	7.2	512.5
1964	1485.0	13.0	514.0
1965	1275.0	8.7	471.5
1966	1200.0	17.7	677.7