

O. R. S. T. O. M.
Service Hydrologique

Note technique n° 29

Diffusion restreinte

EXPLOITATION SYSTEMATIQUE des DONNEES METEOROLOGIQUES

OBTENUES sur BASSINS REPRESENTATIFS

par

G. GIRARD

Directeur de Recherches
au Service Hydrologique de l'ORSTOM

Paris, Avril 1972

S O M M A I R E

	Pages
1. PRESENTATION des DONNEES METEOROLOGIQUES	2
1.1 Identification des stations	2
1.2 Codification des données météorologiques	2
1.3 Cadence et périodes des relevés	3
1.3.1 Nombre de relevés par carte	3
1.3.2 Nombre de cartes pour un mois donné et pour un nombre de relevés donné par jour de ce mois	4
1.3.3 Valeurs numériques de NRJ, NRJE et NCAL	4
1.4 Description de la carte CØH 521	4
1.5 Exemple de présentation sur fiches des données d'observations en vue de leur perforation	5
2. TRAITEMENT des DONNEES METEOROLOGIQUES	6
2.1 Lecture des cartes	6
2.2 Détermination des valeurs moyennes et classement journalier	6
2.3 Cas de détermination de variables climatologiques obtenues à partir de deux données d'observations (humidité relative)	7
2.3.1 Tests de synchronisation des observations	7
2.3.2 Traitement et calcul de l'humidité relative	8
2.4 Traitement et calcul de la vitesse moyenné du vent	8
2.5 Traitements d'autres variables climatologiques	9
3. UTILISATION des DONNEES CLIMATOLOGIQUES dans les MODELES HYDROLOGIQUES	10
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	11

Les données météorologiques ont été depuis fort longtemps collectées sur les bassins représentatifs dans un but parfaitement défini, celui de caractériser les particularités de ces bassins vis à vis du climat régional. Totaux, moyennes et variations furent ainsi calculés pour les données de différentes natures. Actuellement, et compte tenu de leur nouvelle utilisation comme données d'entrées des modèles d'écoulement de bassins, il est indispensable de prévoir un support de base (cartes perforées) susceptible de contenir sous une forme définie et homogène toutes les informations concernant ces données brutes d'observations et même celles déjà interprétées ou élaborées.

Cette Note Technique présente donc le support de base adopté par le Service Hydrologique de l'ORSTOM pour établir un fichier de toutes ces données obtenues sur bassins représentatifs, la logique de lecture de ces cartes quel que soit le nombre de mesures effectués chaque jour et la méthode de détermination des valeurs journalières de chacune de ces données.

Le dépouillement et le traitement des renseignements obtenus à l'aide d'enregistreurs ne seront pas abordés dans ce rapport qui traite seulement des données d'observations dont le nombre des relevés oscille entre un et neuf par jour. Toutefois, il est bien certain que le traitement de cette information enregistrée en continue pourra être faite selon la méthode dite "à pas de temps variable" déjà exposée par M. ROCHE [1] pour les relevés limnigraphiques et étendue depuis aux relevés pluviographiques [2] .

Le contenu de cette Note Technique ne s'applique pas aux stations climatologiques de réseau, pour lesquelles un autre modèle de carte et une codification plus complexe ont été retenus.

1. PRESENTATION des DONNEES METEOROLOGIQUES

1.1 Identification des stations

Le codage d'identification de chacune des stations climatologiques exploitées sur les bassins versants représentatifs est directement déduit de celui adopté par le Service Hydrologique pour les stations pluviométriques et hydrométriques.

Chaque station - sous-entendue climatologique dans la suite de ce rapport - est identifiée par 8 chiffres : les deux premiers sont relatifs à l'Etat, les troisième et quatrième désignent le bassin versant hydrographique, puis les cinquième, sixième, septième représentent le numéro du bassin versant représentatif et enfin le dernier la station elle-même.

- Code "Etat" et code "Bassin Hydrographique"

Ces codes utilisés pour désigner l'Etat et le Bassin ont été définis par M. ROCHE [3].

- Code "Bassin Versant Représentatif"

Ce code utilisé pour désigner le Bassin Versant Représentatif est celui défini par P. DUBREUIL [4].

- Code "Station"

Le numéro de code pour désigner la station est généralement pris dans l'ordre d'ancienneté d'installation sur le bassin.

1.2 Codification des données météorologiques

Dans le but de réduire à un seul modèle de carte le support pour les diverses données météorologiques (température, humidité relative, insolation, radiation, vitesse du vent, etc ...) et afin d'éviter toute confusion entre ces données et les données pluviométriques et hydrométriques, nous avons défini un caractère alphabétique pour chacune des données selon les conventions suivantes :

T : Température moyenne journalière en dixièmes de degré C
X : Température maximale journalière en "
N : Température minimale journalière en "
B : Evaporation Bac en dixièmes de mm
P : Evaporation Piche en "
U : Humidité relative journalière en millièmes
G : Rayonnement global en langley par minute ly/min
Q : Rayonnement total en ly/min
R : Bilan radiatif en ly/min

- S : Insolation en dixièmes d'heure
- E : Tension de vapeur en millibar mb
- V : Vitesse moyenne journalière du vent en m/s

Ces conventions sont celles portées sur le modèle de carte CØH 521 du Service Hydrologique de l'ORSTOM dite carte des "Données météorologiques" dans la colonne 9 "Nature des données" (figure 1).

On peut encore y ajouter par exemple :

- A : Température "Sèche" de l'air en dixièmes de degré C
- H : Température "Humide" de l'air en "
- W : Température de l'eau du bac évaporatoire en dixièmes de degré C

L'on pourrait ainsi consigner toutes données mesurées jusqu'à concurrence de 26 données.

1.3 Cadence et période des relevés

Il est bien rare que lors de l'exploitation manuelle des stations climatologiques, le nombre de relevés effectués par jour dépasse la valeur "9" et que le nombre de relevés change d'un jour à l'autre au cours d'un même mois.

A partir de ces constatations, nous proposons un système d'enregistrement des données pour un nombre de relevés par jour constant au cours d'un même mois; cette constante ayant l'unité pour valeur minimale et 9 pour valeur maximale.

La position dans le temps de chaque relevé est complètement définie par l'ensemble de quatre éléments : le nombre de relevés par jour, l'année, le mois et le numéro de la carte dans le mois (colonnes 10 à 16 de la carte).

Ce système implique que toute variation du nombre de relevés par jour au cours d'un mois donné entraîne pour ce mois soit une perte d'information en abandonnant certaines observations ou soit une estimation de l'information manquante. Par rapport aux autres mois, le contenu en information diffèrera.

1.3.1 Nombre de relevés par carte

Si NRJ est le nombre de relevés par jour, le nombre de relevés par carte, désigné par NRJE, est déterminé de telle manière que toutes les observations faites au cours d'une même journée soient obligatoirement groupées sur une même carte et sachant qu'il est alloué sur une carte 16 champs successifs de 4 colonnes aux valeurs numériques des données. Il en résulte qu'un nombre de relevés NRJE maximal pour chaque cadence NRJ sera contenu dans toutes les cartes d'un mois sauf pour la dernière carte de fin de mois où dans ce cas le nombre NRJE est égal à la valeur de l'expression

$$NRJ \cdot JØX - (NCAL - 1) \cdot NRJE$$

dans laquelle JØX désigne le nombre de jours du mois, NCAL le nombre total de cartes de ce mois, et NRJE le nombre maximal précédent.

Dans ce système, le nombre NRJ de relevés par jour pour un mois donné est égal à l'un quelconque des nombres de l'intervalle ouvert (1 - 9).

1.3.2 Nombre de cartes pour un mois donné et pour un nombre de relevés donné par jour de ce mois

Le nombre de cartes NCAL varie aussi pour un nombre de relevés par jour donné selon le nombre de jour JØX du mois. Ce nombre est donné par la valeur entière de l'expression suivante :

$$(JØX \cdot NRJ - 1) / NRJE$$

dans laquelle NRJE est le nombre maximal possible de relevés par carte pour le nombre entier de journées.

1.3.3 Valeurs numériques de NRJ, NRJE et NCAL

Nombre de relevés par jour	Nombre maximal de relevés par carte	Nombre de cartes	
		minimal	maximal
1	16	2	2
2	16	4	4
3	15	6	7
4	16	7	8
5	15	10	11
6	12	14	16
7	14	14	16
8	16	14	16
9	9	28	31

Le tableau ci-dessus donne la série des valeurs caractéristiques attribuées à NRJ et NRJE et le nombre minimal ou maximal de cartes correspondant selon les différents mois d'une année normale ou bissextile.

1.4 Description de la carte CØH 521

Compte tenu des indications fournies dans les paragraphes précédents et du système d'enregistrement compatible avec une lecture sans équivoque des cartes, nous reprenons le contenu de la carte CØH 521 du Service Hydrologique de l'ORSTOM (figure 1).

Cette carte comporte les colonnes suivantes avec leur contenu :

1 à 8 - Identification du poste :

- Code Etat colonnes 1 et 2
- Code Bassin " 3 et 4
- Code B.R.E. " 5 à 7
- Numéro de station " 8

Fac-similé de la carte modèle COH 521.
pour les données météorologiques
collectées sur B.R.E.

ETAT Bassin B.R.E.	N° DE POSTE	POSTE Nom Nbre relevés j.	DATE		MOIS	N° ordre mois	DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES				NATURE DES DONNÉES				T temp. moy jr 1/10 °C				B évaporat. bec. 1/10mm				G rayon global ly/mm				S insolation 1/10h			
			AN	MOIS			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	X temp. max jr 1/10 °C	P évaporat. piche 1/10mm	Q rayon total ly/mm	E tns. vapeur mb	N temp. min jr 1/10 °C	U humidité relat. %/oo	R bilan radiatif ly/mm	Y vit. moy jr vent m/s
B . R . E .																														

Modèle COH 521

9 - Identification de la nature de la donnée

10 à 16 - Repérage dans le temps :

- Nombre de relevés par jour NRJ (1 à 9) colonne 10
- Année (65 pour 1965) colonnes 11 et 12
- Mois (de 1 à 12) " 13 et 14
- Numéro de la carte (de 1 à NCAL maximal) " 15 et 16

17 à 80 - Enregistrement au plus de 16 données dont chacune occupe 4 colonnes.

Rappelons que toutes les observations faites au cours d'une même journée sont obligatoirement groupées sur une même carte; par conséquent le nombre de journées est constant pour chaque carte, sauf pour la dernière carte d'un mois.

En cas d'absence de relevé, par convention, il est perforé - 999 dans la colonne réservée à celui-ci.

Pour l'anémomètre totalisateur, on perfore -99 dans le cas d'une panne ou d'un arrêt de fonctionnement, ce qui est différent d'une absence de relevé.

1.5 Exemple de présentation sur fiches des données d'observations en vue de leur perforation

La fiche présentée en figure 2 contient tous les éléments nécessaires à la mise sur cartes des données météorologiques brutes ou élaborées. Il faut que toutes les données à perforer soient présentées selon la forme de cette fiche.

On peut établir une fiche par mois, mais si le nombre de relevés par jour ne varie pas d'un mois au suivant, on peut mettre plusieurs mois sur la même fiche. En cas de variation de NRJ d'un mois au suivant, l'indication peut être portée en tête de fiche sur la ligne "heure des relevés" en regard du nom du mois.

Les données sur fiches seront les données brutes pour les relevés de nature suivante :

- températures "sèches"
- températures "humides"
- température maximale journalière au thermomètre à maxima
- température minimale journalière au thermomètre à minima
- température de l'eau du bac

Toutes ces données sont en dixièmes de degrés

- vent : les indications du compteur exprimées en dizaine d'unités (4 chiffres) dans le cas de l'anémomètre totalisateur à compteur, le plus usité

- durée d'insolation en dixièmes d'heure
- etc ...

Pour certains relevés comme :

- évaporation Piche en dixièmes de mm
- évaporation Bac

Il est recommandé de présenter sur les fiches la donnée déjà élaborée, c'est-à-dire la lame évaporée au cours de l'intervalle de temps entre deux relevés consécutifs correction faite pour le bac de la hauteur de précipitation.

2. TRAITEMENT des DONNEES METEOROLOGIQUES

2.1 Lecture des cartes

Ce chapitre présente la logique qui permet la lecture des cartes des données météorologiques pour les cas suivants :

- données complètes pour chaque mois
- nombre de relevés par jour variable d'un mois à l'autre
- nombre de mois quelconque mais obligatoirement classés en séquence

Le diagramme logique (figure 3) explique les différentes phases du programme écrit en FORTRAN IV.

Si on le désire, les cartes, pour une durée complète ou partielle, toujours présentées en séquence mensuelle, sont précédées d'une carte d'identification de la station portant la nature de la donnée météorologique, écrite en clair.

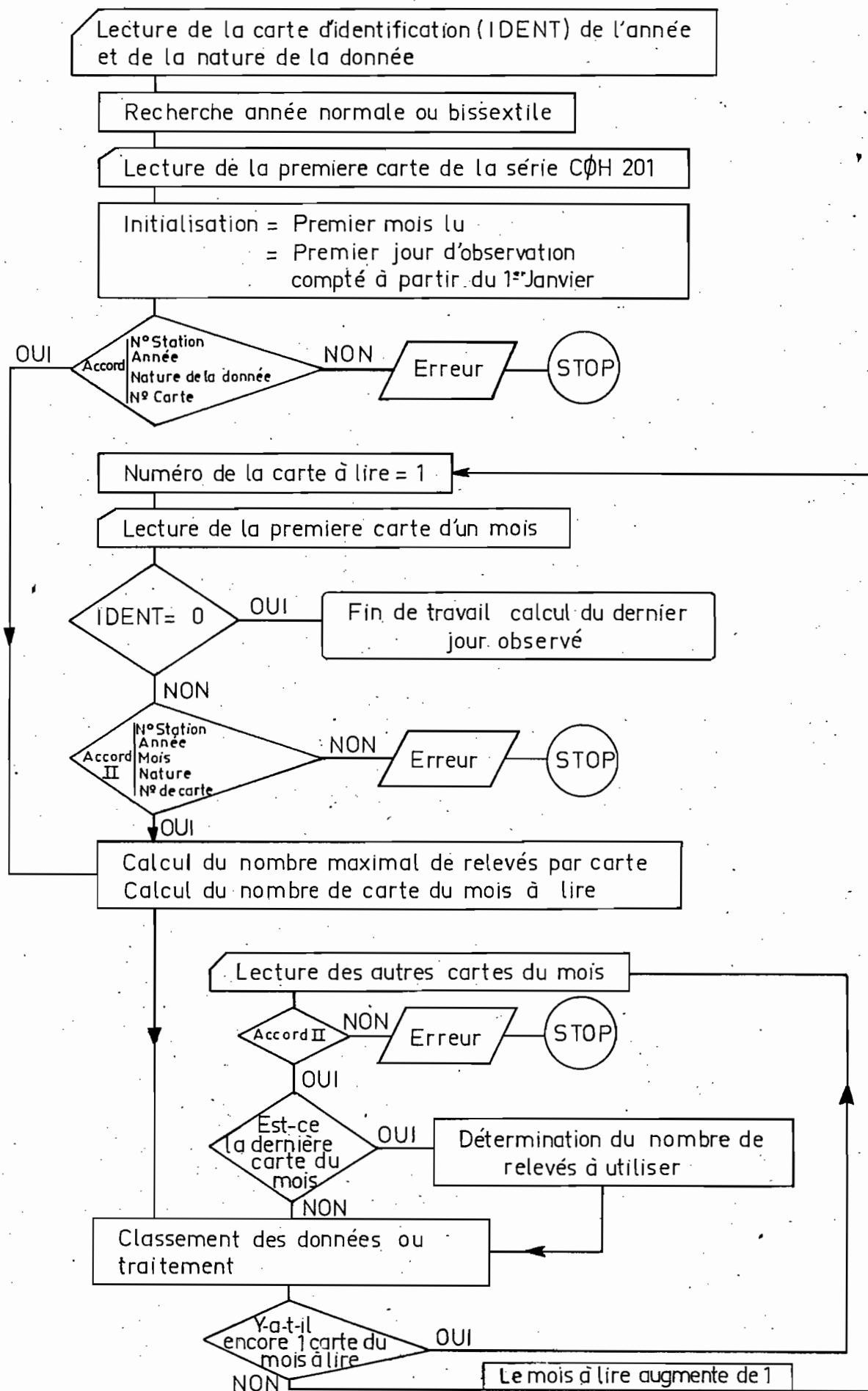
2.2 Détermination des valeurs moyennes et classement journaliers

La partie indiquée dans le diagramme logique de la figure 3 par "Classement des données et traitement" ne sera pas développée dans ce paragraphe. Cette partie est en tous points semblable à celle présentée sur le diagramme logique de la figure 5 consacré à titre d'exemple au calcul des humidités relatives.

Dans le cas où le nombre de relevés par jour est égal à l'unité (NRJ = 1), le programme assure seulement le classement des données entrées en séquence dans un vecteur journalier.

Si ce nombre est différent de l'unité, le programme assure le calcul de la valeur moyenne journalière puis un classement identique à celui défini précédemment.

Diagramme logique de Lecture des données météorologiques



Le calcul de la valeur journalière est approximatif; en effet, les observations entre minuit et le lever du jour n'ayant jamais lieu, nous avons admis une interpolation linéaire de calcul entre les valeurs du début du jour et de fin de la journée précédente.

2.3 Cas de détermination de variables climatologiques obtenues à partir de deux données d'observations (humidité relative)

Afin de calculer automatiquement l'humidité relative de l'air aux stations météorologiques, la sous-routine par exemple HUMIC, dont la partie lecture des cartes des températures "sèches" et des températures "humides" est semblable à celle définie précédemment, assure la détermination de l'humidité relative moyenne de chaque journée.

Le diagramme logique de la figure 4 présente l'ensemble des tests de contrôle de synchronisation des observations. La partie traitement proprement dite et le calcul de cette humidité relative moyenne journalière sont présentés sous le diagramme logique de la figure 5.

A la suite de cette détermination, les valeurs journalières des humidités relatives moyennes calculées sont perforées sur des cartes CØH 521 dont le code des données est U. Remarquons aussi la possibilité de perforer les humidités relatives instantanées pour chaque couple de relevés de température.

2.3.1 Tests de synchronisation des observations

Nous avons admis que le calcul de l'humidité relative journalière devait être fait année par année d'observations. Ainsi à l'ensemble de cartes (A) donnant les températures mesurées au thermomètre sec pour l'année fait suite l'ensemble des cartes (B) donnant les températures mesurées au thermomètre mouillé pour la même année.

Les tests successifs répondent aux questions suivantes :

- test 1 : y a-t-il correspondance entre station et année
- test 2 : y a-t-il des données A au mois I
- test 3 : y a-t-il des données B au mois I
- test 4 : les fréquences des relevés sont-elles identiques

La routine de lecture des températures sèches ou des températures humides ne diffère de la routine de lecture des données de nature quelconque que par la nécessité d'assurer le classement dans deux vecteurs de toutes les données d'observations et de mettre en mémoire pour chaque mois le nombre de relevés bruts par jour relatifs à chaque type de données.

De cette manière, et à l'aide des tests précédemment vus, il est possible d'évaluer les humidités relatives correspondant à chaque instant de relevé de températures et la valeur moyenne journalière de ces humidités.

2.3.2 Traitement et calcul de l'humidité relative

Le diagramme logique figure 5 de traitement et de calcul de l'humidité relative journalière ne présente comme particularité que l'approximation sur la valeur de la moyenne par interpolation linéaire.

Le calcul de l'humidité relative instantané tient compte du coefficient de correction A due à l'appareil utilisé (type de psychomètre) et de la pression atmosphérique considérée comme constante pour la station à étudier.

En cas d'absence d'une seule des données de la journée notée par la convention -999, la valeur de l'humidité relative moyenne journalière est alors, par convention, notée égale à -999.

La perforation des valeurs de l'humidité relative moyenne journalière s'effectue sur les cartes CØH 521. Ces valeurs sortent également sur imprimante.

Ce programme calcule la tension de vapeur, sans prévoir ni l'impression ni la perforation de cette donnée, mais ceci est envisageable.

2.4 Traitement et calcul de la vitesse moyenne du vent

Les relevés effectués sur le compteur totalisateur de l'anémomètre à 4 coupelles hémisphériques de 88 mm de diamètre, appareil généralement utilisé au Service Hydrologique de l'ORSTOM, sont consignés comme indiqué au chapitre 1 sur la fiche de relevés puis sur les cartes CØH 521. Le nombre de dizaines d'unités-compteur cumulées (DC) est effectivement perforé pour chaque relevé.

Si la lecture de ces données sur carte reste identique au programme général de lecture, le traitement tient compte de la courbe d'étalonnage de l'anémomètre et de la répartition dans le temps des mesures. En effet, la distance L en m, parcourue par le vent entre les instants de deux relevés consécutifs est liée à la différence des nombres UC d'unités-compteur à ces deux instants par la relation :

$$L = \left(\frac{3}{2} (UC_2 - UC_1) \right)^{\frac{1}{1,17}} \quad [5]$$

la vitesse moyenne du vent en m/s pour l'intervalle entre ces deux instants s'exprime alors par l'équation :

$$V_{moy\ 1-2} = \frac{1}{DT} \times \left(\frac{30}{2} \times (DC_2 - DC_1) \right)^{\frac{1}{1,17}}$$

DT - intervalle de temps en secondes entre deux relevés

DC₁ - nombre de dizaines d'unités-compteur au temps t₁

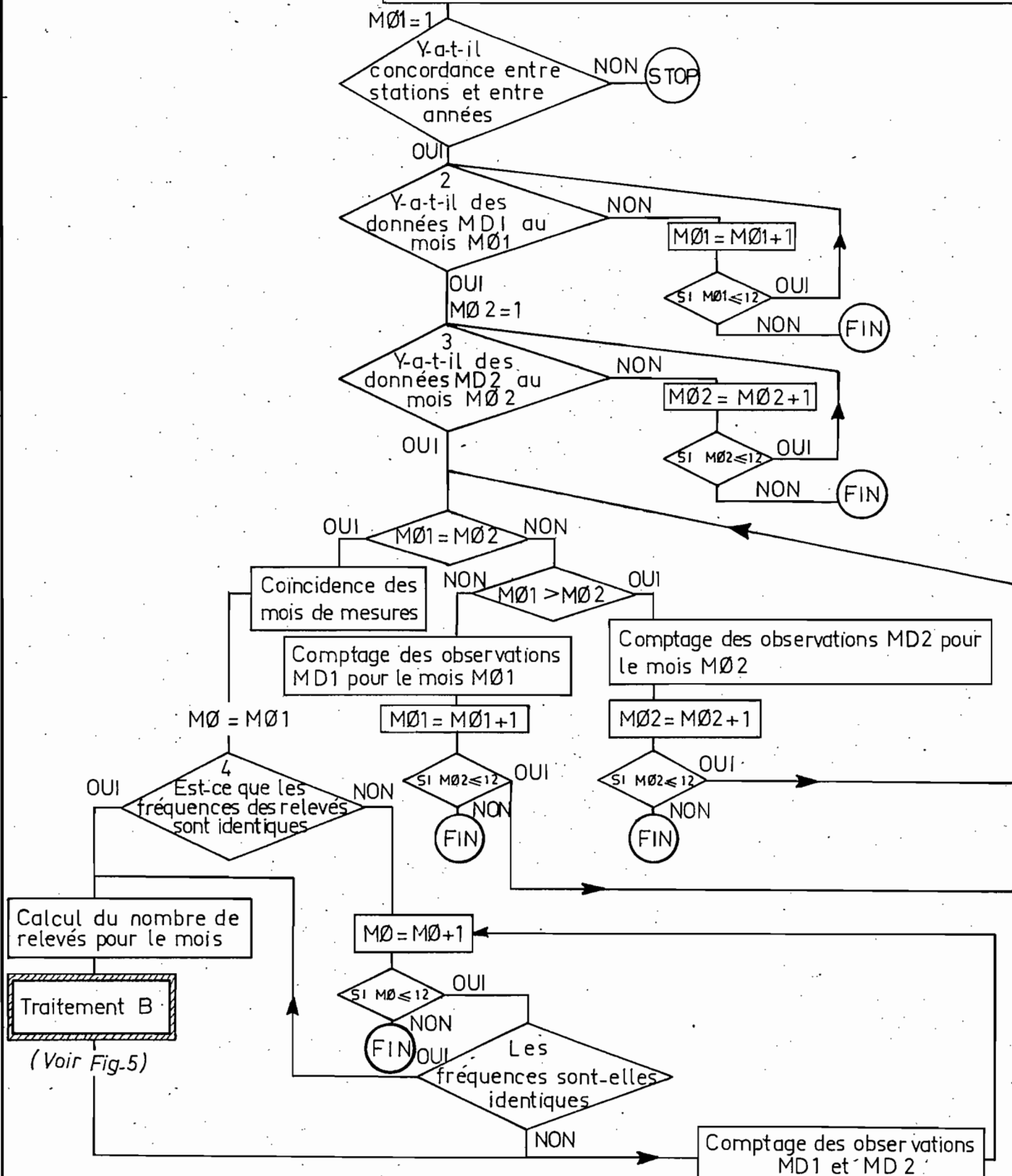
DC₂ - nombre de dizaines d'unités-compteur au temps t₂

Fig-4

Logique du calcul de l'humidité relative

Lecture des températures sèches MD1 avec enregistrement dans un vecteur U1 du nombre de relevés par jour pour l'année X1 à la station Y1

Lecture des températures humides MD2 avec enregistrement dans un vecteur U2 du nombre de relevés par jour pour l'année X2 à la station Y2



Traitement et calcul de l'humidité relative et journalière

TRAITEMENT B

Initialisation

I = 0

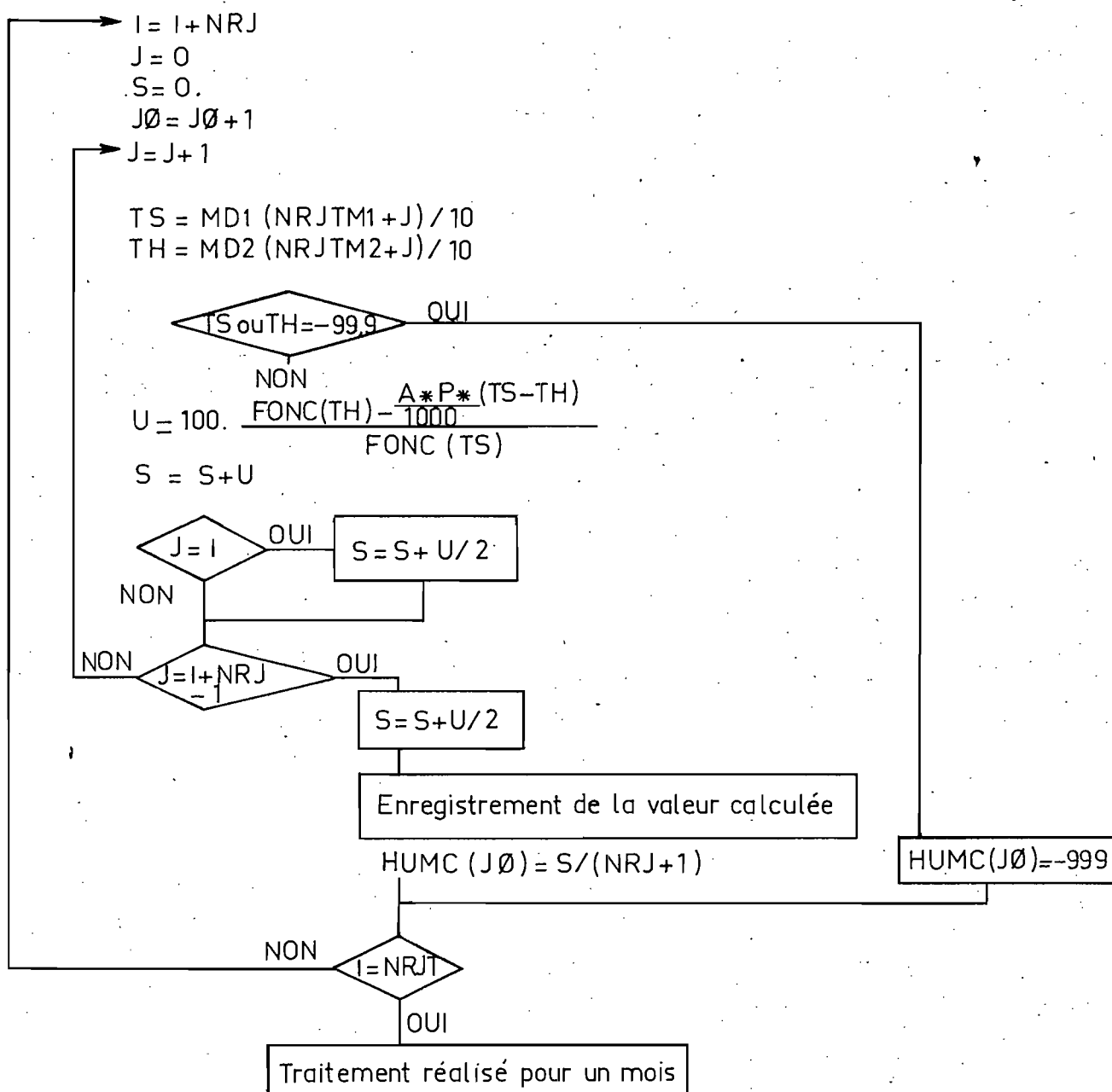
Nombre de relevés par jour

NRJ = NRJMI (MO)

Nombre de relevés pour le mois

NRJT = JØX (MO, IB) * NRJ (si JØX est le nombre de jours du mois)

Jour précédent le premier jour du mois $JØ \equiv JØT (MØ, IB)$



(Fin traitement B, suite Fig 4)

Compte tenu des heures d'observations habituelles, il ressort que la vitesse moyenne calculée pour chacune des observations est fonction des horaires choisis et du nombre de relevés par jour puisqu'elle est la moyenne sur l'intervalle de temps séparant chaque observation de celle qui la précède.

Si pour la détermination des valeurs moyennes journalières de certaines caractéristiques climatologiques l'approximation faite reste valable, il n'en est pas de même pour la vitesse moyenne du vent.

Aussi nous avons établi une matrice qui donne, pour chaque nombre de relevés par jour, les durées entre deux intervalles de temps : $DT = DELTAT(NRJ, NØRE)$.

En voici un exemple pour 1 à 6 relevés par jour, choisis aux heures habituelles des relevés effectués sur les bassins de l'ORSTOM. Pour plus de 6 relevés, ou pour des horaires différents, il est facile de modifier cette matrice.

DELTAT (6, 6)

86400	0	0	0	0	0
50400	36000	0	0	0	0
28800	28800	28800	0	0	0
21600	21600	21600	21600	0	0
23400	14400	14400	12600	21600	0
27000	10800	10800	10800	10800	16200

NRJ nombre de relevés par jour
NØRE numéro du relevé du jour

La moyenne journalière est calculée entre l'heure du dernier relevé d'un jour et la même heure du jour suivant; l'interpolation à l'intervalle 0 h - 24 h a été jugée inutile.

Pour la détermination de la première valeur ou à la suite d'absence de relevés, il importe d'introduire le dernier relevé de la période précédente ou de conserver le précédent relevé et de cumuler les intervalles de temps.

En cas de panne de l'enregistreur, il est convenu, par convention, de perforer -99 et non pas -999 comme dans le cas d'absence de relevés.

Le programme calcule systématiquement la vitesse moyenne journalière et sur demande extérieure (carte spéciale d'entrée), il calcule la vitesse moyenne pour la période entre relevés.

2.5 Traitements d'autres variables climatologiques

A l'aide des deux sous-routines de lecture et de la logique des tests de la sous-routine HUMIC, il est possible de mettre au point un programme de calcul pour d'autres variables climatologiques.

Il serait particulièrement intéressant, en particulier, de calculer l'évapotranspiration potentielle journalière à l'aide de toutes les données météorologiques nécessaires. (Température de l'air, de l'eau - Insolation - Vent - Humidité relative - etc ...), mais dans ce cas, seules les valeurs journalières seraient nécessaires et l'ensemble des tests de synchronisation se trouverait réduit.

Bien que ces programmes libèrent les hydrologues d'un travail fastidieux, le contrôle des données d'entrée reste fondamental et requiert même une plus grande attention; en effet, la vérification automatique de ces données n'a pas été envisagée dans ces programmes. En particulier, les dépouillements des évaporations "Piche" et des évaporations "Bac" n'ont pas été envisagés; il nous semble préférable d'effectuer ceux-ci à la main dans le but d'assurer un meilleur contrôle des données (correction de la pluie, entre autres choses).

3. UTILISATION des DONNEES CLIMATOLOGIQUES dans les MODELES HYDROLOGIQUES

Disposant d'un ensemble de cartes CØH 521 pour les données journalières de natures diverses :

- Température moyenne de l'air
- Température moyenne de l'eau d'un bac enterré
- Humidité moyenne de l'air
- Vent moyen
- Durée de l'insolation
- Evaporation du bac enterré
- Evaporation Piche

nous avons tous les éléments nécessaires à la détermination de l'évapotranspiration potentielle sur de grandes périodes et la possibilité de vérifier si les valeurs obtenues sont comparables ou sont liées avec les données d'évaporation effectivement observées.

Parallèlement, la méthode des régressions multiples permet de détecter quelles sont les variables climatologiques qui, pour une période donnée, ont des écarts, par rapport à leur valeur moyenne, les mieux corrélés avec les chutes de pluies.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] ROCHE (M.) - "Traitement automatique des relevés limnigraphiques intégraux" -
Cahiers ORSTOM - Série Hydrologie -
Vol. VI - n° 2 - 1969 -
- [2] GIRARD (G.) - "Présentation des données pluviométriques et pluviographiques en vue de leur exploitation systématique dans les BRE"
ORSTOM - N.T. n° 24 -
PARIS, mars 1971 -
- [3] 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 -
- [4] DUBREUIL (P.) - "Principales consignes d'exploitation systématique des BRE" -
Note technique n° 20 -
ORSTOM - PARIS, nov. 1969 -
- [5] ROCHE (M.) - "Hydrologie de surface" p. 124 -
ORSTOM - GAUTHIER-VILLARS Ed. - PARIS -