

INFILTROMÈTRE A ASPERSION

DEPOUILLEMENT DES DONNÉES DE TERRAIN PAR MICRO-ORDINATEUR

II - PROGRAMMES POUR CASIO PB 700

Par : Richard ESCADAFAL et Jean ASSELINE, Pédologues à l'ORSTOM
Août 1985

E-S 223

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
Direction des sols

ORSTOM

Mission en Tunisie

INFILTROMETRE À ASPERSION

DÉPOUILLEMENT DES DONNÉES
DE TERRAIN PAR MICRO-ORDINATEUR
* * * * *

II - PROGRAMMES pour CASIO PB 700

Août 1985

par Richard ESCADAFAL
et Jean ASSELINE,
pédologues à l'ORSTOM

RESUME

La conception, le contenu et le mode d'emploi d'un programme complet de traitement des données, obtenues lors des expérimentations utilisant un minisimulateur de pluie, sont présentés et illustrés par des exemples de résultats édités sous forme de tableaux et de graphiques.

SOMMAIRE

| | Page |
|---------------------------------------|------|
| Introduction..... | 2 |
| Conception générale..... | 3 |
| Utilisation..... | 5 |
| 1. Menu "Saisie"..... | 5 |
| 2. Menu "Corrections"..... | 7 |
| 3. Menu "Calculs + Courbes"..... | 7 |
| 4. Menu "Impression des données"..... | 8 |
| Exemples de sorties imprimées..... | 9 |
| Remarques..... | 12 |
| Remerciements - Bibliographie..... | 13 |
| Annexes (liste du programme)..... | 14 |

INTRODUCTION

L'utilisation de l'infiltromètre à aspersion se développe depuis plusieurs années, et notamment depuis 1984 à Gabès en Tunisie, au sein de la Direction des sols du Ministère de l'Agriculture (ASSELINE, 1981 et 1984).

Les premières campagnes de mesure ont montré que c'est un outil très performant pour la mesure de l'aptitude des sols au ruissellement et leur sensibilité à l'érosion hydrique en Tunisie aride, où le caractère sporadique des précipitations rend les mesures en conditions naturelles très difficiles.

Les données de terrain obtenues avec ce type d'appareil sont essentiellement de deux types : d'une part un enregistrement en continu du niveau d'eau dans la cuve recueillant l'eau qui ruisselle sur une parcelle de 1 mètre carré, d'autre part des échantillons de cette eau prélevés à intervalles définis pour en déterminer la turbidité au laboratoire (cf. ASSELINE et VALENTIN, 1978 ; VALENTIN, 1981 ; CASENAVE, 1982).

Le dépouillement complet de ces données par des méthodes manuelles est assez long et sujet à erreurs, car il faut faire de nombreuses corrections pour tenir compte des vidanges de la cuve, des quantités d'eau prélevées lors de l'échantillonnage, etc...

L'utilisation de l'informatique est vite apparue comme la solution vers une exploitation rapide et efficace des données de terrain et, en nous inspirant de logiciels mis au point par des collègues (IRIS, 1983 ; POSS, 1984), nous avons développé un premier programme sur un micro-ordinateur de poche (ESCADAFAL, 1984). Ce matériel est cependant très limité en capacité mémoire et en sortie imprimée nécessitant un traitement séparé de chaque séquence et de l'érosion. Nous avons donc acquis une machine qui, tout en restant de petite taille et autonome, nous a permis, grâce à une mémoire de 16 K octets et une petite table traçante, de développer un logiciel complet de traitement de pluies simulées complexes avec saisie, correction et sauvegarde des données, calcul du ruissellement et des débits solides, édition des résultats sous forme de tableaux et de courbes.

Ce logiciel présenté ici est implanté sur CASIO PB 700 et pourrait être adapté à d'autres machines de ce type (CANON par exemple). Cette configuration constitue un ensemble de traitements des données infiltrométriques performant, peu coûteux et très facile à transporter et à utiliser sur le terrain.

CONCEPTION GENERALE

Le dépouillement de l'enregistrement du niveau de la cuve (limnigramme) se fait en notant sur un bordereau adapté (cf. ESCADAFAL, 1984) les références, les intensités moyennes des averses utilisées, les volumes et charges des échantillons et la hauteur de la courbe enregistrée par rapport à une ligne de base quelconque. Cette mesure de la hauteur se fait par lecture, toutes les minutes, du début de la pluie à la fin du ruissellement (cf. fig. 1). Aucune correction de ces données n'est nécessaire pour tenir compte des "accidents" intervenus dans l'enregistrement ; les prélèvements d'échantillons sont simplement indiqués sur le bordereau en faisant précéder du signe (-) la hauteur lue à la minute suivant immédiatement un prélèvement. Pour améliorer la précision des calculs, il est donc recommandé de faire les prélèvements suivant des minutes entières (par exemple à 3'00", 6'00", 10'00", ... après le début de la pluie), et n'excédant pas une durée de 60 secondes. La durée de la prise de l'échantillon et son volume sont notés sur la fiche de terrain, ceci permet de mesurer la turbidité même en cas de ruissellement faible.

La saisie de l'ensemble des données se fait par un programme se déroulant automatiquement, permettant d'introduire successivement les références, les caractéristiques de la pluie simulée et les hauteurs. A chaque introduction d'une hauteur précédée du signe (-), les données sur l'échantillon correspondant sont demandées.

Après la saisie, les corrections sont rendues possibles par un ensemble de sous-programmes permettant d'accéder aux différents types de données. Cette option permet notamment de vérifier les données introduites, car elles sont rappelées à l'écran ; cette vérification est également facilitée par la possibilité d'imprimer les données, qui peuvent être aussi sauvegardées sur microcassette.

Le calcul du ruissellement se fait en déterminant à chaque minute la pente de la courbe enregistrée et en utilisant le volume de l'échantillon lorsqu'il y a eu prélèvement ; seul dans le cas d'une vidange (détectée dans le programme par une variation de hauteur négative) il n'y a pas la possibilité de calculer le ruissellement et il est interpolé entre les valeurs précédente et suivante. Là aussi, il est donc recommandé de vidanger la cuve durant une minute entière au maximum (par ex. entre 14' et 15').

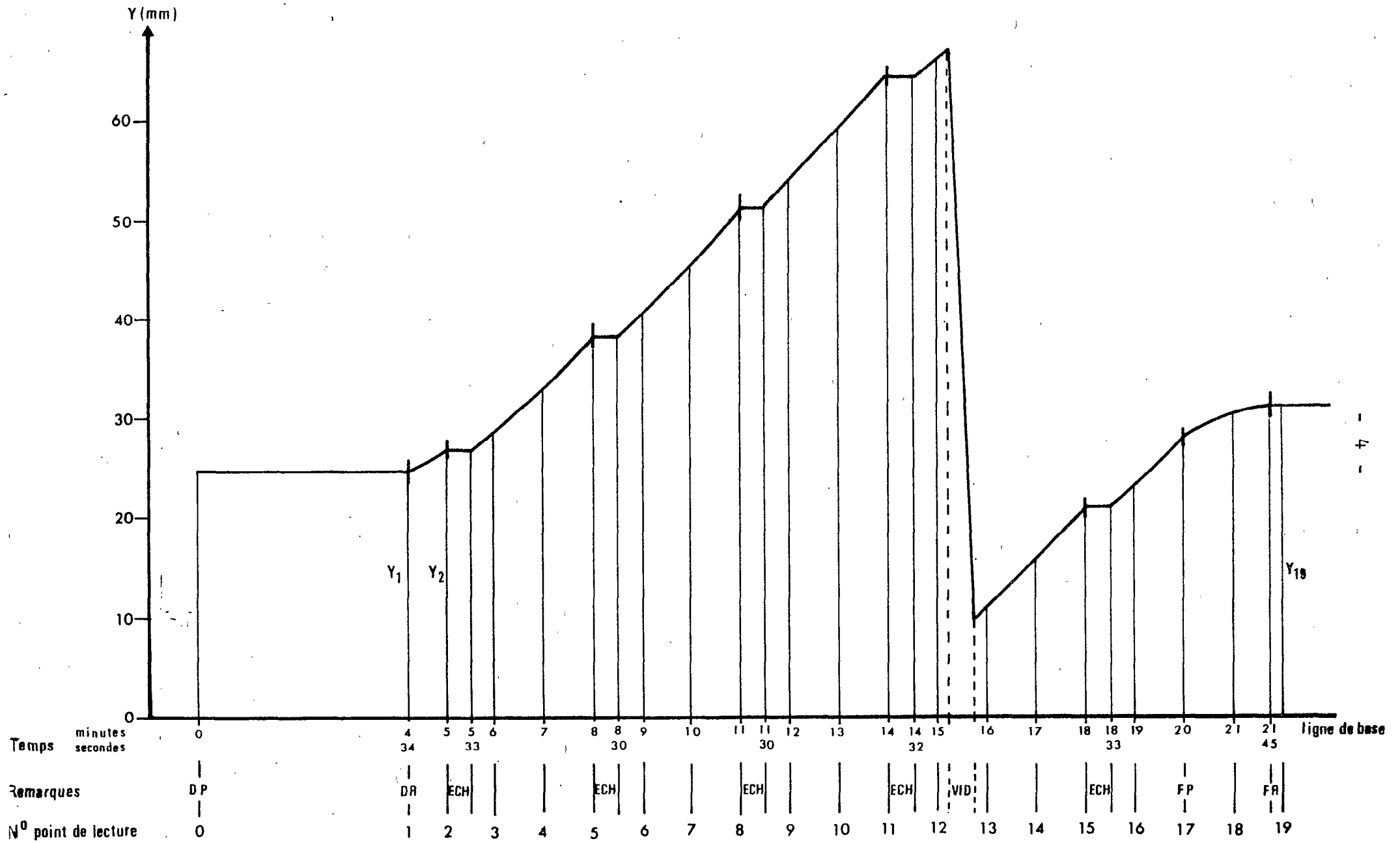


Fig. 1- Exemple de limnigramme et méthode de dépouillement

Le calcul du débit solide est fait en supposant linéaires les variations de turbidité (ou charge) entre le début de la pluie où elle est nulle, les temps où les échantillons ont été prélevés et la fin du ruissellement. Le débit solide est alors calculé pour chaque minute en multipliant le ruissellement (en mm/h) par la turbidité (en g/l) ; on obtient un débit solide (en g/h).

L'impression des résultats est faite sous forme de deux types de tableaux, l'un représentant les valeurs du ruissellement et du débit solide minute par minute, l'autre représentant un total cumulé séquence par séquence et sur l'ensemble de la pluie. Le tracé de courbes (avec un pas de 0,2 mm) permet une bonne visualisation de l'ensemble des données (voir exemple de tracé plus loin).

UTILISATION

Le programme stocké sur cassette est chargé en utilisant la commande "LOAD ALL". Il est structuré autour d'un ensemble de "menus" hiérarchisés qui permettent de choisir entre différentes options par simple pression d'une touche du clavier.

Le menu principal propose les quatre grands types d'opérations sur les données : saisie, corrections, impression, calculs et édition des résultats. Il apparaît après appel du programme PØ (SHIFT Ø).

1. - MENU SAISIE

1.1. - Saisie/effacement : permet d'introduire au clavier de nouvelles données après effacement de celles éventuellement préexistantes en mémoire. Dans l'ordre, sont demandées les *références* puis le nombre de *séquences*, la durée et l'intensité de chacune d'elle. Dans les références, qui permettent d'initialiser les paramètres pour la saisie des autres données, il faut veiller à répondre exactement aux questions sur les nombres de séquences, sur les temps de fin et de début de ruissellement en particulier. Lorsqu'il n'y a pas eu de ruissellement, introduire les temps de début et fin de ruissellement égaux à celui de fin de pluie ; dans le cas contraire, les *hauteurs* mesurées en dixièmes de mm sur le limnigramme sont ensuite demandées pour chaque minute.

Lorsque le limnigramme présente des parties linéaires, il est possible de sauter l'introduction des données des minutes intermédiaires entre les deux extrémités d'un segment de droite en introduisant le symbole "." au clavier pour chacune d'elles. Le programme calcule ensuite ces valeurs par interpolation.

La détection d'une variation négative entre deux hauteurs successives fait apparaître le message "VIDANGE O/N ?". Répondre "O" (oui) si cela correspond effectivement à une vidange de la cuve ; sinon il s'agit d'une erreur de lecture, en répondant "N" l'introduction de la donnée erronée est à nouveau demandée.

L'introduction de hauteurs précédées du signe (-), qui suivent donc la prise d'un échantillon (cf. "conception générale"), provoquent la demande des caractéristiques de ce prélèvement : durée, volume, et charge. Pour pouvoir faire les calculs de ruissellement, le volume doit être connu : soit mesuré au labo en même temps que la charge, soit mesuré ou estimé sur le terrain. La charge peut être considérée comme nulle si l'on veut faire un premier dépouillement en attendant les résultats.

Lorsqu'il n'y a pas concordance entre le nombre de prélèvements introduits en référence et le nombre décompté lors de la saisie des hauteurs, un message d'erreur apparaît et le programme est interrompu.

1.2. - Lecture/effacement : permet l'introduction de données stockées sur microcassette après effacement de celles existant éventuellement en mémoire. Le défilement de la bande se fait jusqu'à lecture du fichier où est sauvegardé le nom de la pluie, celui-ci apparaît alors à l'écran avec le message "OK ?".

S'il s'agit bien de l'enregistrement recherché, répondre "O", sinon le défilement se poursuit jusqu'au fichier suivant. La fin de la lecture des données est signalée par un bip sonore.

1.3. - Sauvegarde : permet le stockage des données sur microcassette. A la fin de la sauvegarde, le numéro de la cassette utilisée ainsi que les valeurs du compteur en début et fin d'enregistrement sont introduites au clavier puis imprimées. Cette sauvegarde dure 3 à 10 mn suivant la taille des fichiers, mais n'est utile que si l'on souhaite modifier les données et refaire les calculs ultérieurement.

2. - MENU CORRECTIONS

L'ensemble des quatre types de données présentes en mémoire pour être corrigé :

- 1) REFERENCES
- 2) SEQUENCES
- 3) HAUTEURS
- 4) PRELEVEMENTS

Le numéro de la référence, de la séquence ou le temps à corriger sont demandés. La donnée existante est alors rappelée à l'écran avec la possibilité d'introduire la nouvelle valeur sur la ligne suivante. Pour conserver l'ancienne valeur, appuyer simplement sur "Return" (↵) et la donnée suivante apparaît.

Il est ainsi possible de faire défiler toutes les données à l'écran pour les vérifier. Le retour du menu principal est automatique lorsque la dernière donnée a été visualisée, mais à tout moment le processus peut être interrompu par la touche "BRK" ; le retour au menu se fait alors en relançant le programme PØ.

3. - MENU CALCULS + COURBES

Ce menu propose 3 rubriques :

3.1. - Calculs : cette routine traite en moins d'une minute l'ensemble des données de ruissellement et de turbidité sans intervention de l'opérateur, les résultats sont stockés en mémoire. Dans ces calculs, les valeurs exactes des temps de début et fin de ruissellement ou fin de séquences sont utilisées, mais ces valeurs sont représentées arrondies dans les tableaux et graphiques.

3.2. - Tableaux : le choix de cette option provoque l'impression du tableau des valeurs de ruissellement et de débit solide minute par minute.

La valeur imprimée en face du temps t correspond au ruissellement et au débit solide entre $t - 1$ et t . Ensuite, le tableau récapitulatif fait apparaître pour chaque séquence :

- la durée, en mn ;
- l'intensité de la pluie, en mm/h ;
- la hauteur d'eau correspondante, en mm ;
- la lame ruisselée, en mm (LRUISS) ;

- la pluie d'inhibition (PI), en mm ;
- la pluie efficace (PE), en mm ;
- le coefficient de ruissellement (KRU), en pourcentage de la pluie utile ;
- la lame d'eau infiltrée (W), en mm ;
- l'"érosion", en g, qui est le débit solide cumulé sur l'ensemble de la séquence.

Lorsqu'il y a plusieurs séquences, le total dans chacune de ces rubriques est fait pour l'ensemble de l'averse simulée.

3.3. - Courbes : cette option permet de tracer les courbes suivantes :

- séquence pluie,
- ruissellement,
- érosion.

Le programme propose à chaque fois, tracé d'axe ou non, les courbes pouvant être superposées. Dans ce cas, il faut commencer par le tracé de la courbe ayant les plus fortes valeurs : soit "érosion", soit "séquence pluie", le ruissellement étant toujours inférieur à cette dernière. Ceci permet de dimensionner l'axe des ordonnées.

Pour le ruissellement et l'érosion, l'option "lissage des valeurs 0/N" permet de faire éventuellement un lissage utilisant une moyenne glissante sur 3 minutes ; ce lissage n'intervient que sur le traçage, les valeurs brutes des résultats stockées en mémoire ne sont pas modifiées.

Enfin, le type de trait est choisi par un menu proposant soit un trait continu, soit des pointillés serrés (S), moyens (M) ou lâches (L). En fin de tracé, le retour au menu permet le dégagement du papier.

4. - MENU "IMPRESSION DES DONNEES"

Il est divisé en deux parties, les références (et les séquences), et les hauteurs (et les prélèvements) et permet l'impression de toutes les données stockées en mémoire dans la machine, soit après saisie au clavier, soit après lecture de données sur cassette. Ces données ne sont modifiées par aucune des opérations de calcul ou de tracé de courbes et peuvent donc à tout moment être vérifiées, corrigées ou sauvegardées.

TABLEAU RECAPITULATIF DES DONNEES

1) Références

| *** INFILTROMETRE *** | |
|-----------------------|----------|
| ESSAI No DEK 5-1 | |
| Date | : 250485 |
| Heure(h.mn) | : 11.13 |
| t d.rt(mn.s) | : 6.58 |
| ht d.rt (mm) | : 6 |
| Vol.ech (ml) | : 260 |
| Nbre sequen. | : 3 |
| Nbre prelevé | : 10 |
| t fin rlt(mn) | : 48 |

2) Séquences

| No SEQ | DUREE (mn) | INTENSITE (mm/h) | HAUTEUR (mm) |
|--------|------------|------------------|--------------|
| 1 | 15.0 | 30.5 | 7.6 |
| 2 | 15.0 | 68.6 | 17.2 |
| 3 | 15.0 | 19.7 | 4.9 |

4) Prélèvements

| No ECH. | TEMPS (mn) | DUREE (s) | VOLUME (cm3) | CHARGE (mg/l) |
|---------|------------|-----------|--------------|---------------|
| 1 | 11 | 60 | 220 | 790 |
| 2 | 14 | 60 | 240 | 641 |
| 3 | 16 | 22 | 260 | 1411 |
| 4 | 18 | 18 | 260 | 1076 |
| 5 | 20 | 17 | 255 | 882 |
| 6 | 23 | 18 | 265 | 894 |
| 7 | 26 | 18 | 260 | 815 |
| 8 | 29 | 17 | 270 | 1151 |
| 9 | 31 | 55 | 270 | 1022 |
| 10 | 38 | 60 | 150 | 326 |

3) Hauteurs

| TEMPS (mn) | HAUTEUR (lue sur limnigramme) (mm) |
|------------|------------------------------------|
| 6 | 6.0 |
| 7 | 6.0 |
| 8 | 7.0 |
| 9 | 8.2 |
| 10 | 10.0 |
| 11 | 12.1 |
| 12 | -12.2 |
| 13 | 14.7 |
| 14 | 16.2 |
| 15 | -16.2 |
| 16 | 18.5 |
| 17 | -25.0 |
| 18 | 33.5 |
| 19 | -40.0 |
| 20 | 49.0 |
| 21 | -56.0 |
| 22 | 65.0 |
| 23 | 74.0 |
| 24 | -80.2 |
| 25 | 89.5 |
| 26 | 99.5 |
| 27 | -105.7 |
| 28 | 115.0 |
| 29 | 125.0 |
| 30 | -132.4 |
| 31 | 138.0 |
| 32 | -138.8 |
| 33 | 140.5 |
| 34 | 142.0 |
| 35 | 143.5 |
| 36 | 145.0 |
| 37 | 146.5 |
| 38 | 148.0 |
| 39 | -148.0 |
| 40 | 149.5 |
| 41 | 151.0 |
| 42 | 152.5 |
| 43 | 154.0 |
| 44 | 155.6 |
| 45 | 157.0 |
| 46 | 158.3 |
| 47 | 159.0 |
| 48 | 159.2 |

Abréviations utilisées

- d. : début
- h. : heure
- ht : hauteur (lue sur limnigramme)
- mn : minute
- Nbre : nombre
- rt : ruissellement
- s : secondes
- t : temps
- Vol. : volume

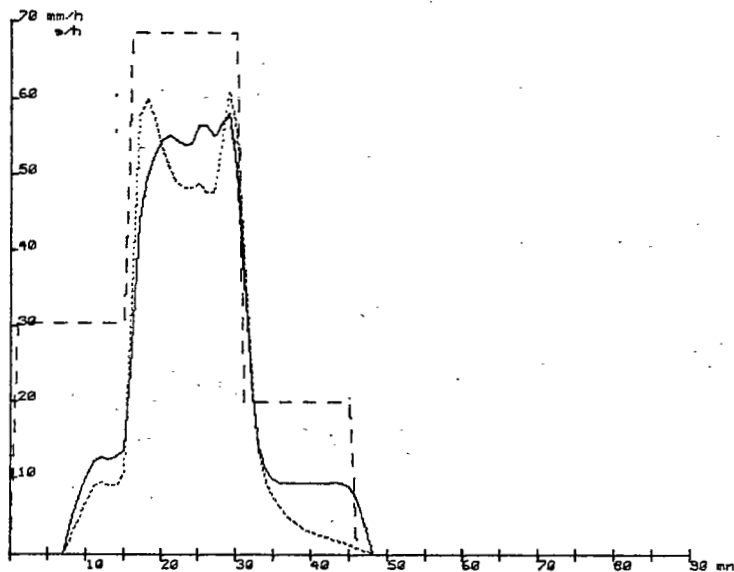
TABLEAU DES RESULTATS
MINUTE PAR MINUTE

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No DEK 5-1

| TEMPS (mn) | RUISSLT (mm/h) | DEBIT SOL. (s/h) |
|---------------|-------------------|---------------------|
| 6 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | 6.0 | 3.0 |
| 9 | 7.2 | 4.1 |
| 10 | 10.8 | 7.0 |
| 11 | 12.6 | 9.0 |
| 12 | 13.8 | 10.9 |
| 13 | 12.0 | 8.9 |
| 14 | 12.0 | 8.3 |
| 15 | 14.4 | 9.2 |
| 16 | 13.8 | 14.2 |
| 17 | 54.6 | 77.0 |
| 18 | 51.0 | 63.4 |
| 19 | 54.6 | 58.7 |
| 20 | 54.0 | 52.9 |
| 21 | 57.3 | 50.5 |
| 22 | 54.0 | 47.8 |
| 23 | 54.0 | 48.1 |
| 24 | 53.1 | 47.5 |
| 25 | 55.8 | 48.4 |
| 26 | 60.0 | 50.5 |
| 27 | 52.8 | 43.0 |
| 28 | 55.8 | 51.7 |
| 29 | 60.0 | 62.3 |
| 30 | 58.2 | 67.0 |
| 31 | 36.0 | 39.1 |
| 32 | 21.0 | 21.5 |
| 33 | 10.2 | 9.4 |
| 34 | 9.0 | 7.4 |
| 35 | 9.0 | 6.5 |
| 36 | 9.0 | 5.6 |
| 37 | 9.0 | 4.7 |
| 38 | 9.0 | 3.8 |
| 39 | 9.0 | 2.9 |
| 40 | 9.0 | 2.6 |
| 41 | 9.0 | 2.3 |
| 42 | 9.0 | 2.1 |
| 43 | 9.0 | 1.8 |
| 44 | 9.6 | 1.6 |
| 45 | 8.4 | 1.1 |
| 46 | 7.8 | 0.8 |
| 47 | 4.2 | 0.3 |
| 48 | 1.2 | 0.0 |
| 49 | 0.0 | 0.0 |

TABLEAU DES RESULTATS
PAR SEQUENCE

| No SEQ | PI (mm) | PE (mm) | Kru (o/o) | W (mm) | EROS (s) | DUREEE (mn) | INTENS. (mm/h) | HAUTEUR (mm) | LRUISS. (mm) |
|--------|------------|------------|--------------|-----------|-------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 3.5 | 4.1 | 19.4 | 6.1 | 1.0 | 15.0 | 30.5 | 7.6 | 1.5 |
| 2 | 0.0 | 17.2 | 76.7 | 4.0 | 13.1 | 15.0 | 68.6 | 17.2 | 13.2 |
| 3 | 0.0 | 4.9 | 59.3 | 2.0 | 1.9 | 15.0 | 19.7 | 4.9 | 2.9 |
| TOT. | 3.5 | 26.2 | 59.1 | 12.2 | 15.9 | 45.0 | 39.6 | 29.7 | 17.6 |

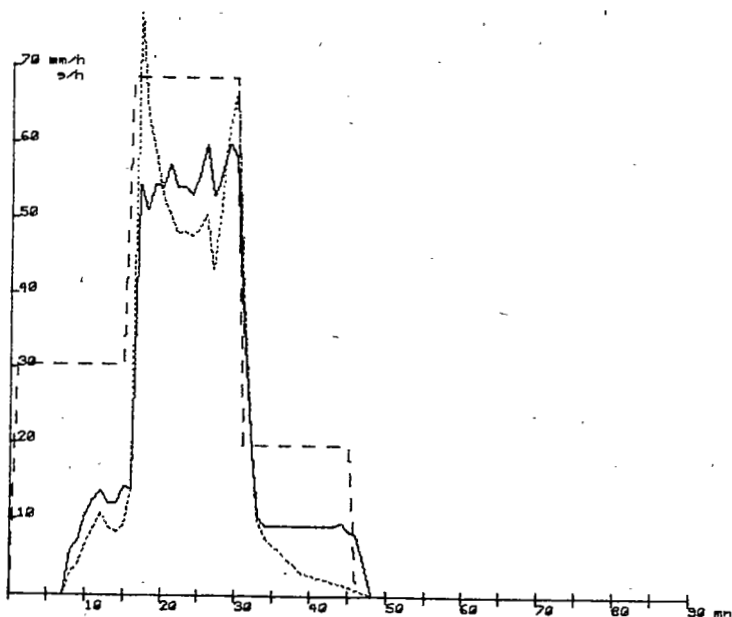


DEK 5-1

250485

COURBES LISSEES

- ruissellement
- - - pluie simulée
- érosion



DEK 5-1

250485

COURBES NON LISSEES

EXEMPLE DE TRACE DE COURBES

REMARQUES

1. - Différents messages d'erreurs peuvent apparaître à l'écran :
 - . NR error : la table traçante n'est pas activée :
 - soit elle est à l'arrêt, dans ce cas la mettre en marche ;
 - soit elle est dans un mode inapproprié, il faut alors l'arrêter puis la remettre en marche.
 - . PR error : fausse manoeuvre ou tentative de lister ou modifier le programme protégé par un mot de passe (ce mot de passe sera fourni avec la cassette de logiciel), relancer le programme.
 - . RW error : erreur ou mauvais fonctionnement pendant la lecture de données sur cassettes, recommencer l'opération.
 - . UV error : apparaît après "corrections", "calculs" ou "tracé", lorsque les données sont absentes en mémoire (ou incomplètes), introduire les données soit au clavier, soit en lisant une cassette de données.

 2. - Le matériel utilisé étant doté de mémoires permanentes, le programme de calcul et les données sont conservés après l'arrêt de la machine pendant une durée limitée toutefois à quelques mois.

 3. - Ce programme peut être bien entendu modifié et amélioré, et des renseignements complémentaires peuvent être obtenus auprès des auteurs :
- R. ESCADAFAL : Atelier de télédétection, Centre ORSTOM,
route d'Aulnay - 93140 BONDY.
- J. ASSELINE : ORSTOM, BP 94 - 6018 GABES.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Monsieur Jérôme CLERY, enseignant à l'Ecole Nationale Supérieure de Gabès, pour sa participation à la mise au point de la partie graphique du logiciel présente ici.

BIBLIOGRAPHIE

- ASSELIN J., VALENTIN C. (1978) - Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion.
Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., 15(4), p.321-349.
- ASSELIN J. (1981) - Construction d'un infiltromètre à aspersion.
ORSTOM, Abidjan, 22 p. + 30 fig. bibl. (3 p.).
- ASSELIN J. (1984) - Notice technique - Particularités du nouvel infiltromètre à aspersion construit à Gabès.
Direction des sols-ORSTOM, Tunis, 16 pl. multic.
- CASENAVE A. (1982) - Le mini-simulateur de pluie, conditions d'utilisation et principe de l'interprétation des mesures. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., 19(4), p. 207-227.
- ESCADAFAL R. (1984) - Infiltration à aspersion - Dépouillement des données de terrain par micro-ordinateur.
I - programmes pour Casio FX-702P. Direction des sols ORSTOM, Tunis, 11 p. multic.
- IRIS J.M. (1983) - Présentation d'un programme de dépouillement des données de ruissellement et d'infiltration sous simulation de pluie. ORSTOM, Abidjan, 17 p. multicop.
- POSS R. (1984) - Programme de dépouillement des limnigrammes pour HP 85. Groupe méthodologique simulation de pluie, ORSTOM, Abidjan, 8 p. multicop.
- VALENTIN C. (1981) - Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de région subdésertique.
Thèse 3ème cycle, Université Paris VI, 223 p., + pl. h.t., bibl. (34 p.).

ANNEXES

LISTE DU PROGRAMME

COMMENTAIRES

P0

```

20 CLS :PRINT "INFILTRO 2**E.R.85",
30 PRINT "1:Saisie 2:Correct."
40 PRINT "3:Calculs+Courbe", "4:Impres
s. donnees":
50 E=VAL(INKEY$):IF E<1 THEN 50 ELSE
IF E>4 THEN 50
60 BEEP :GOTO E*1000

```

MENU PRINCIPAL

```

1000 CLS :PRINT "1:SAISIE/eff.", "2:LECT
URE/eff. ", "3:SAUVEGARDE", "4:MENU"
:
1010 E=VAL(INKEY$):IF E<1 THEN 1010 ELS
E IF E>4 THEN 1010
1020 BEEP :GOTO 1000+E*200
1100 DATADate ,Heure(h.mn) ,t d.
rt(mn.s),ht d.rt (mm),Vol.ech (ml)
1110 DATANbre sequen.,Nbre prelevt,t fi
n rt(mn)

```

MENU "SAISIE"

```

1200 GOSUB 8200
1250 CLS :INPUT "REFERENCES:":M$(0)
1260 O=0:GOSUB 5000
1330 F=1:GOSUB 5500
1335 IF DR<0 THEN 20
1340 KA=INTDR+1:T(0,KA-1)=R(3):K=KA:L=0
:CP=0:GOSUB 6000
1350 IF L<>NP THEN CLS :PRINT "ERREUR N
bre Ech.":STOP
1360 GOTO 20

```

ROUTINE SAISIE AU CLAVIER

Remise à zéro (effacement données en mém.)
Introduction du Nom de la pluie traitée
Appel souspros. introd. références
Appel souspros. introd. séquences

Appel souspros. introd. hauteurs lues
sur le limnisramme

```

1400 CLS :GOSUB 8200:PRINT "CASSETTE su
r PLAY?":
1405 B$=INKEY$:IF B$<>"0" THEN 1405 ELS
E BEEP
1410 CLS :PRINT "RECHERCHE en COURS", "
....Ueuillez", " patient
er! ":
1415 GET "No" M$(0):CLS :BEEP :BEEP 1:BE
EP :PRINT "ESSAI No ":M$(0), "->OK?
":
1420 B$=INKEY$:IF B$="N" THEN 1410 ELSE
IF B$<>"0" THEN 1420
1440 CLS :PRINT "CHARGEMENT en COURS", "
....Ueuillez", " patien
ter! ":
1450 GET "INF-ref"R(0),R(1),R(2),R(3),R
(4),R(5),R(6),R(7),R(8)
1460 NS=R(5):NP=R(6):DR=INTR(2)+(FRACR(
2))/6:U=R(4):FR=R(7):YF=R(8):KA=I
NTDR+1
1480 FOR I=1 TO NS:GET "INF-seq"S(0,I),
S(1,I),S(2,I):NEXT I
1490 FOR I=KA-1 TO FR:GET "INF-ht"T(0,I
):NEXT I
1500 FOR I=1 TO NP:GET "INF-ech"P(0,I),
P(1,I),P(2,I),P(3,I):NEXT I
1510 BEEP :BEEP :BEEP :BEEP :BEEP :GOTO
20

```

LECTURE DONNEES/CASSETTE

Recherche du nom de la pluie

Lecture des différents sous-fichiers
de données

Signal sonore en fin de lecture (toutes
les données de la pluie sont alors en
mémoire).

SAUVEGARDE DES DONNEES

```

1600 CLS :PRINT "CASSETTE sur ENR.?" ;
1605 B$=INKEY$: IF B$<>"0" THEN 1605 FLS
      F BEEP
1607 CLS :PRINT "SAUVEGARDE en COURS","
      ....Veuillez","          Patien
      ter!";
1608 PUT "No" M$(0)
1610 PUT "INF-ref" R(0),R(1),R(2),R(3),R
      (4),R(5),R(6),R(7),R(8)
1620 FOR I=1 TO NS:PUT "INF-seq" S(0,I),
      S(1,I),S(2,I):NEXT I
1630 FOR I=KA-1 TO FR:PUT "INF-ht" T(0,I
      ):NEXT I
1640 FOR I=1 TO NP:PUT "INF-ech" P(0,I),
      P(1,I),P(2,I),P(3,I):NEXT I:BEEP :
      BEEP 1:BEEP
1650 CLS :INPUT "No Casette";B$;"Debut
      compteur";A;"Fin compteur";C
1660 GOSUB 8300:LPRINT "SAUVEGARDE sur
      CASSETTE No ";B$;"de";A;" a";C:GOS
      UB 9000
1665 LPRINT
1670 GOTO 20
1800 GOTO 70

```

Enregistrement sur microcassette des données présentes en mémoire

(sauvegarde des références, des séquences des hauteurs et des échantillons dans des fichiers différents)

Signal sonore en fin de sauvegarde

Impression des références de la cassette utilisée

```

2000 CLS :PRINT " 1:REFERENCES"," 2:SEQ
      UENCES"," 3:HAUTEURS"," 4:PRELEVEM
      ENTS";
2010 E=VAL(INKEY$): IF E<1 THEN 2010 ELS
      E IF E>4 THEN 20
2020 BEEP :GOTO 2000+E*200
2200 IF DR=0 THEN 20 ELSE DIM G$(0)*12
2210 CLS :INPUT "No REF a corriger";E:I
      F E>5 THEN 20
2220 PRINT "REF:";M$(0):INPUT "      ":G$
      (0):IF G$(0)<>" " THEN M$(0)=G$(0):
      ERASE G$
2230 O=E-1:GOSUB 5000:GOTO 20
2400 CLS :PRINT "Nbre SEQ.":NS:INPUT "
      ":B$
2410 IF B$<>" " THEN NS=VAL(B$)
2430 INPUT "No SEQ a corr.":F:IF F<1 TH
      EN 2430 ELSE IF F>NS THEN 2000
2440 GOSUB 5500:GOTO 20
2600 CLS :INPUT "Temps a corr.":K:IF K<
      0 THEN 2600 ELSE IF K>FR THEN 2200
2610 L=0:FOR J=KA-1 TO K-1:IF T(0,J)<0
      THEN L=L+1
2620 NEXT J
2630 C=1:CP=0:GOSUB 6000
2635 IF L<>NP THEN CLS :PRINT "ERREUR N
      bre Ech.":STOP
2640 GOTO 20
2800 CLS :PRINT "Nbre prelev.":NP:INPUT
      "      ":B$
2810 IF B$<>" " THEN NP=VAL(B$)
2830 INPUT "No prt a corr.":A:IF A<1 T
      HEN 2830 ELSE IF A>NP THEN 2000
2840 FOR I=A TO NP
2850 DIM Q$(3)*20:Q$(0)="Tes prelev No"
      :Q$(1)="Duree prt No"
2860 Q$(3)="Charge prt No":Q$(2)="Volum
      e prt No":CLS
2870 FOR J=0 TO 3
2880 PRINT Q$(J):I:"":P(J,I):INPUT "
      ":B$

```

MENU "CORRECTIONS"

CORRECTION DES REFERENCES

CORRECTION DES SEQUENCES

CORRECTION DES HAUTEURS

Vérification du nombre de prélèvements repérés par les hauteurs <0

CORRECTION DES PRELEVEMENTS

```

2890 IF B$<>" " THEN P(J,I)=VAL(B$)
2900 NEXT J:NEXT I
2990 GOTO 20
3000 GOTO PROG 1

```

```

4000 CLS :PRINT "IMPRESSION-DONNEES", "
      1:References", " 2:Hauteurs", " 3
      :MENU":
4010 E=VAL(INKEY$): IF E<1 THEN 4010 ELS
      E IF E>3 THEN 4010
4020 BEEP :BEEP :GOTO 4000+F*300
4300 GOSUB 8300
4320 FOR I=0 TO 7:LPRINT R$(I):" " :R
      (I):NEXT I:GOSUB 9000:LPRINT
4330 GOSUB 9000:LPRINT "No SEQ DUREE
      E INTENSITE HAUTEUR"
4340 LPRINT TAB(10):"(mn) (mm/h)
      (mm)":GOSUB 9000
4350 FOR I=1 TO NS
4360 LPRINT USING"#####":I:USING"#####
      #.#":S(0,I):S(1,I):" " :S(2,I)
4370 NEXT I:GOSUB 9000:LPRINT :GOTO 400
      0
4600 LPRINT :GOSUB 9000:LPRINT "TEMPS
      HAUTEUR (lue sur limnigramme)"
4605 LPRINT " (mn) (mm)":GOSUB 900
      0
4610 FOR I=KA-1 TO FR
4620 LPRINT USING"#####":I:USING"#####
      #.#":T(0,I)
4630 NEXT I:GOSUB 9000:LPRINT :IF NP=0
      THEN 20
4800 GOSUB 9000:LPRINT "No ECH. TEMPS
      DUREE VOLUME CHARGE":A=1000
4810 LPRINT TAB(10):"(mn) (s) (cm3)
      (m³/l)":GOSUB 9000:FOR I=1 TO N
      P
4820 LPRINT USING"#####":I:" " :P(0,I)
      ;" " :P(1,I):" " :P(2,I):" " :P(
      3,I)*A
4830 NEXT I:GOSUB 9000:LPRINT :LPRINT :
      LPRINT :LPRINT :LPRINT
4900 GOTO 20
4990 END

```

MENU IMPRESSION DES DONNEES

IMPRESSION DU TABLEAU DES REFERENCES

IMPRESSION DU TABLEAU DES SEQUENCES

IMPRESSION DU TABLEAU DES HAUTEURS

IMPRESSION DU TABLEAU DES PRELEVEMENTS

```

5000 CLS :FOR I=0 TO 7:PRINT R$(I):"=":
      R(I)
5010 INPUT " " =":B$:IF B$<>""
      THEN R(I)=VAL(B$)
5015 NEXT I
5020 NS=R(5):NP=R(6):DR=INTR(2)+(FRACR(
      2))/6:V=R(4):FR=R(7)
5025 FOR I=1 TO NP:P(2,I)=V:NEXT I
5030 IF FRACFR<>0 THEN FR=INTFR+1
5040 RETURN

```

SOUS-PROGRAMMES

SOUS-PROGRAMME
Introduction/Correction des références

```

5500 FOR I=F TO NS
5510 CLS :PRINT "Duree seq No":I:"-":S(
      0,I):INPUT " " =":B$
5520 IF B$<>"" THEN S(0,I)=VAL(B$)
5530 CLS :PRINT "Int. seq No":I:"-":S(1
      ,I):INPUT " " =":B$
5540 IF B$<>"" THEN S(1,I)=VAL(B$)
5550 NEXT I:DT=0:PT=0
5560 FOR I=1 TO NS:DT=DT+S(0,I):S(2,I)=
      S(0,I)*S(1,I)/60:NEXT I
5580 IF FRACDT<>0 THEN INPUT "h fin plu
      ie(mm):":R(8):YF=R(8)
5590 RETURN

```

SOUS-PROGRAMME
Introduction/Correction des séquences

```

6000 FOR J=K TO FR
6005 PRINT "hl(mm)a"; J; "mn="; I(0, J)
6010 INPUT "      =": B$: IF B$=","
      THEN CP=CP+1: GOTO 6090
6015 IF B$(">") THEN T(0, J)=VAL(B$)
6017 IF CP>0 THEN GOSUB 7000
6020 IF T(0, J)=0 THEN 6060
6025 L=L+1: P(0, L)=J-1: IF C=1 THEN 6060
6030 INPUT "Duree prelev(s):": P(1, L): PK
      INT "Volume(cm3):": P(2, L)
6035 INPUT "      =": B$: IF B$(">")
      THEN P(2, L)=VAL(B$)
6040 IF P(2, L)<0 THEN 6090
6050 INPUT "Charge (g):": P(3, L)
6060 IF ABST(0, J)>=ABST(0, J-1) THEN 609
      0 ELSE PRINT "Vidange (O/N)"
6070 A$=INKEY$: IF A$="O" THEN 6000 ELSE
      IF A$="N" THEN J=J-1: GOTO 6000 EL
      SE 6070
6080 BEEP :BEEP
6090 NEXT J: RETURN

7000 X=J-CP-1: FOR I=J-CP TO J-1
7010 T(0, I)=ABST(0, X)+T(0, J)-ABST(0, X)
      )/(CP+1)*(I-X)
7020 NEXT I: CP=0: RETURN

8200 BEEP : CLEAR : DIM R$(7), R(8), T(2, 90
      ), S(5, 6), P(3, 20), M$(0)*12
8210 FOR I=0 TO 7: READ R$(I): NEXT I: RET
      URN
8300 GOSUB 9000: LPRINT "      *** I
      NFILTROMETRE ***"
8310 LPRINT TAB(10): "ESSAI No ": M$(0): G
      OSUB 9000: RETURN

9000 LPRINT CHR$(27):
9010 LPRINT "00,0,96,0": RETURN

```

SOUS-PROGRAMME
Introduction/Correction des hauteurs

Appel sous-programme d'interpolation

Test de "vidange"

SOUS-PROGRAMME
Interpolation des hauteurs lues sur le
limnigramme (parties linéaires)

SOUS-PROGRAMME
Effacement/Initialisation

SOUS-PROGRAMME
Impression du Titre

SOUS-PROGRAMME
Impression trait horizontal

```

P1
3000 CLS : PRINT "1: CALCULS", "2: TABLEAUX
      ", "3: COURBES", "4: MENU";
3030 E=VAL(INKEY$): IF E<1 THEN 3030 ELS
      E IF E>4 THEN 3030
3040 BEEP : GOTO 3000+E*200
3200 CLS : PRINT "CALCULS en COURS...":
3205 UD=0: L=0: T(1, KA)=(T(0, KA)-T(0, KA-1
      ))/(KA-DR)*6
3210 FOR I=KA+1 TO FR
3220 IF ABST(0, I)<ABST(0, I-1) THEN UD=1
      : GOTO 3260
3230 IF T(0, I)>=0 THEN T(1, I)=(T(0, I)-A
      BST(0, I-1))*6: GOTO 3250
3240 L=L+1: T(1, I)=(ABS(T(0, I))-T(0, I-1)
      +P(2, L)/100)*6
3250 IF UD=1 THEN T(1, I-1)=(T(1, I-2)+T(
      1, I))/2: UD=0
3260 NEXT I
3262 GOSUB 4000
3265 FOR I=1 TO NS: S(3, I)=0: S(5, I)=0: NE
      XT I: FS=0
3280 FOR I=1 TO NS: DS=FS+1: FS=FS+S(0, I)
3290 IF DR<DS-1 THEN 3320
3300 IF DR>FS THEN S(4, I)=S(2, I): GOTO 3
      320
3310 S(4, I)=(DR-DS+1)*S(1, I)/60
3320 FOR J=DS TO FS: S(3, I)=S(3, I)+T(1, J
      )/60: S(5, I)=S(5, I)+T(2, J)/60: NEXT
      J: NEXT I
3330 FOR I=0 TO 5: S(1, I)=0: NEXT I
3340 FOR I=0 TO 5: FOR J=1 TO NS: S(I, I)=
      S(I, 0)+S(I, J): NEXT J: NEXT I
3390 BEEP 1: BEEP 1: GOTO 3000

```

PROGRAMME SECONDAIRE (P1) appelé par le
PROGRAMME PRINCIPAL (P0)

MENU "CALCULS+COURBES"

CALCUL DU RUISSELLEMENT
(minute par minute)

Calcul après un prélèvement

Calcul après vidange

Appel sous-programme calcul débit solide

CALCUL DES VALEURS CUMULEES par SEQUENCE
et pour l'ensemble de la PLUIE

```

3400 LPRINT :LPRINT :LPRINT :GOSUB 8300
3405 LPRINT "TEMPS      RUISSLT      DFBIT
      SOL.", " (mn)      (mm/h)      (s/h)
"
3406 GOSUB 9000
3410 FOR I=KA-1 TO FR+1
3420 LPRINT USING "#####";I;USING"#####
      #.#";T(1,I);T(2,I)
3430 NEXT I:GOSUB 9000:LPRINT
3440 GOSUB 9000:LPRINT "No SEQ DUREEE
      INTENS. HAUTEUR LRUISS."
3450 LPRINT TAB(9);"(mm)      (mm/h)      (mm
      )      (mm)";GOSUB 9000
3460 FOR I=1 TO NS
3470 LPRINT USING "####";I;USING"#####.
      #";S(0,I);S(1,I);" ";S(2,I);S(3,I)
3480 NEXT I:GOSUB 9000:IF NS=1 THEN 348
      7
3485 LPRINT "TOT. ";USING"#####.#";S(0,
      0);S(1,0)/NS;" ";S(2,0);S(3,0):GOS
      UB 9000
3487 LPRINT
3490 GOSUB 9000:LPRINT "No SEQ PI
      PE      Kru      W      EROS"
3500 LPRINT TAB(8);"(mm)      (mm)      (o/o)
      (mm)      (s)";GOSUB 9000
3510 FOR I=1 TO NS:PE=S(2,I)-S(4,I)
3520 LPRINT USING "####";I;USING"#####.#
      ";S(4,I);PE:S(3,I)/S(2,I)*100;
3530 LPRINT USING "#####.#";S(2,I)-S(3,I
      );S(5,I)
3540 NEXT I:GOSUB 9000:IF NS=1 THEN 360
      0
3550 PE=S(2,0)-S(4,0)
3560 LPRINT "TOT. ";USING"#####.#";S(4,0
      );PE:S(3,0)/S(2,0)*100;
3580 LPRINT USING "#####.#";S(2,0) S(3,0
      );S(5,0):GOSUB 9000:LPRINT :GOTO 3
      000

```

IMPRESSION DES RESULTATS

RUISELLEMENT et DEBIT SOLTOE
(minute par minute)

VALEURS CUMULEES par SEQUENCE
et pour l'ensemble de la PLUIE
(lorsqu il y a plusieurs sequences)

```

3600 LPRINT CHR$(28);CHR$(37)
3605 CLS :BEEP :PRINT "1:SEQUENCE PLUIE
      ", "2:RUISELLEMENT", "3:EROSION", "4
      :MENU";
3607 ERASE Y:DIM Y(90)
3610 E=VAL(INKEY$):IF E<1 THEN 3610 ELS
      E IF E>4 THEN 3610
3612 GOSUB 7000
3615 BEEP :BEEP :GOTO 3615+5*E
3620 J0=1:FOR I=1 TO NS:J1=J0+S(0,I)-1
3621 FOR J=J0 TO J1:Y(J)=S(1,I):NEXT J
3622 J0=J1+1:NEXT I:GOTO 3650
3625 FOR I=1 TO 90:Y(I)=T(1,I):NEXT I
3626 Y(FR)=0:GOSUB 5000:GOTO 3650
3630 FOR I=1 TO 90:Y(I)=T(2,I):NEXT I
3631 Y(FR)=0:GOSUB 5000:GOTO 3650
3635 LPRINT "H15":LPRINT CHR$(28);CHR$(
      46):GOTO PROG 0
3650 CLS :BEEP :PRINT "TRACE D AXES ?:(
      O/N)"
3655 R$=INKEY$:IF R$<>"O" THEN IF R$<>"
      N" THEN 3655 ELSE IF R$="N" THEN B
      EEP :BEEP :GOTO 3760
3660 BEEP 1:BEEP :YM=0:GOSUB 7000
3665 FOR I=1 TO 90
3670 IF YM<Y(I) THEN YM=Y(I)
3675 NEXT I
3680 XM=90:NY=INT(YM/10+1):YM=10*NY
3685 LPRINT "00,":YM-20
3690 LPRINT "X1,":5,"":18
3695 LPRINT "X0,":10,"":NY

```

TRACE DES COURBES

MENU

TRACÉ SEQUENCE PLUIE

TRACÉ RUISELLEMENT

TRACÉ "EROSION"

OPTION TRACÉ des AXES

Recherche du maximum

```

3700 LPRINT "H":LPRINT "Y0":LPRINT "Q0"
      :LPRINT "S0"
3705 FOR I=10 TO 90 STEP 10
3710 LPRINT "M":I-1:";":-2
3715 LPRINT "P":I
3720 NEXT I
3721 LPRINT "P";" mm"
3725 LPRINT "H":LPRINT "Y0":LPRINT "Q0"
      :LPRINT "S0"
3730 FOR I=10 TO YM STEP 10
3735 LPRINT "M":0:";":I
3740 LPRINT "P":I
3745 NEXT I
3746 LPRINT "P mm/h":LPRINT "R-5,-2":LP
      RINT "P g/h"
3750 LPRINT "H":LPRINT "M0,-10":LPRINT
      "Y0":LPRINT "Q0":LPRINT "S2":LPRIN
      T "P":M$(0)
3755 LPRINT "H":LPRINT "MS7,-10":LPRINT
      "SI":LPRINT "P":R(0)
3760 CLS :PRINT "TRACE : 1-continu","
      2-tirets S","      3-tiret
      s M",
3761 PRINT "      4-tirets L":
3765 E=VAL(INKEY$)-1:IF E<0 THEN 3765 E
      LSE IF E>3 THEN 3765
3766 BEEP :LPRINT "M0,0":IF E=0 THEN LP
      RINT "L0" ELSE LPRINT "L1":LPRINT
      "B":(E-1)*1.6
3775 FOR I=1 TO 90
3780 IF Y(I)=0 THEN IF Y(I-1)=0 THEN LP
      RINT "M":I:";":Y(I):GOTO 3785
3782 LPRINT "D":":":I:";":Y(I)
3785 NEXT I
3790 GOTO 3605
3800 GOTO PROG 0
3900 END

```

TRACE des AXES avec impression du TITRE et de la DATE

CHOIX du style de TRACE

EXECUTION du TRACE avec déplacement du stylo sans traçage pour les valeurs nulles

```

4000 FOR I=1 TO NP
4010 DD=P(0,I-1):FF=P(0,I):FOR J=DD TO
      FF-1
4020 T(2,J+1)=T(1,J+1)*(P(3,I-1)+(P(3,I)
      )-P(3,I-1))*(J-DD)/(FF-DD)
4030 NEXT J:NEXT I
4040 FOR J=P(0,NP) TO FR
4050 T(2,J+1)=T(1,J+1)*P(3,NP)*(FR-J)/(
      FR-P(0,NP))
4060 NEXT J:RETURN

```

SOUS-PROGRAMME
Calcul des débits solides avec interpolation des turbidités mesurées aux temps des prélèvements

```

5000 BEEP 1:CLS :PRINT "LISSAGE des DON
      NEES? (O/N)"
5010 B$=INKEY$:IF B$="N" THEN 5050 ELSE
      IF B$("<"0" THEN 5010
5015 GOSUB 7000
5020 BEEP :FOR I=1 TO 90:IF Y(I)=0 THEN
      5030
5025 Y(I)=(Y(I-1)+Y(I)+Y(I+1))/3
5030 NEXT I
5050 BEEP :RETURN

```

SOUS-PROGRAMME
Lissage des résultats avant tracé de la courbe (moyenne glissante sur 3 points)

```

7000 CLS :PRINT :PRINT "....un instant
      S.U.P....":RETURN

```

SOUS-PROGRAMMES UTILITAIRES
(voir P0)

```

8300 GOSUB 9000:LPRINT "      *** I
      NFILTROMETRE ***"
8310 LPRINT TAB(10):"ESSAI No ";M$(0):G
      OSUB 9000:RETURN
9000 LPRINT CHR$(27):
9010 LPRINT "D0,0,96,0":RETURN

```