

MICROFICHE N°

02297

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الزراعي
تونس

F 1

25 OCT. 1979

CNDA 02297

D DIVISION DES RESSOURCES EN EAU

*E*E*E*E*

M MODELE DE CALCUL DES LAMES RUISSELEES
ET DES DEBITS A PARTIR DES RESULTATS
DE MESURE SUR DISSA I ET DISSA II

MAI 1979

—
—

M. FERSI

7 B
REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU
ET EN SOL
DIVISION DES RESSOURCES EN EAU
ARRONDISSEMENT DE GABÈS
SERVICE HYDROLOGIQUE

7-7-7 ODELE DE CALCUL DES LAMES RUISSELEES
ET DES DEBITS A PARTIR DES RESULTATS
DE MESURE SUR DISSA I ET DISSA II

mai 1979

7 ERSI M. L. ED
Ingénieur Principal

II SOMMAIRE

I - INTRODUCTION

II - RELATION DU STOCK D'EAU DANS LE SOL - CAPACITE D'ABSORPTION

II-1 - Calcul du stock d'eau dans le sol

II-2 - Calcul de l'évapotranspiration réelle

II-3 - Relation reserve en eau dans le sol capacité d'absorption

III - CALCUL DE LA LAME RUISSELEE ET DES DEBITS A PARTIR DES RELATIONS
TECHNIQUES OBTENUES

IV - CONCLUSION

I) INTRODUCTION

Une des actions principales de l'étude de Djebel Dissa est l'étude de la dynamique de l'eau et l'établissement du bilan hydrique sur des parcelles type du sud Tunisien.

Les résultats de mesure des deux premières années ont fait l'objet de deux publications en Décembre 73 et en Décembre 1974.

Les résultats de mesure des trois dernières campagnes feront l'objets d'une publication au courant du deuxième trimestre 1979.

En attendant le rapport de synthèse des 5 années d'observation nous nous proposons dans cette note de donner la synthèse des mesures sur les parcelles de Dissa I et Dissa II (voir rapport campagne 1973).

Les premiers résultats de cette synthèse ont eu pour suite un modèle de simulation à caractère évolutif pour le calcul des lames ruisselées qui fera l'objet d'une publication au courant de la 2ème trimestre 1979.

Vu l'importance des derniers résultats auxquels nous avons abouti et leur incidence possible dans l'amélioration du modèle de simulation, nous avons pensé utile de publier ces résultats à part sans attendre le rapport de synthèse dont la publication risque de tarder jusqu'à la fin de cette année ou le début de l'année prochaine.

II) RELATION DU STOCK D'EAU DANS LE SOL - CAPACITE D'ABSORPTION

II-1 - Calcul du stock d'eau dans le sol

Pour le calcul du stock d'eau dans le sol nous partons de la relation.

$$S(J) = S(J-1) + P(J-1) - R(J-1) - ETR(J-1)$$

avec $S(J)$ = Stock d'eau au début du Jour J

$S(J-1)$ = Stock d'eau au début du Jour J-1

$P(J-1)$ = Pluie du Jour J-1

$R(J-1)$ = Ruissellement causé par la pluie $P(J-1)$

$ETR(J-1)$ = Evapotranspiration réelle.

Le comptage commence à partir de la première journée de pluie après la saison sèche.

Pour une pluie du jour J, au moment du déclenchement du ruissellement, nous calculons la réserve en eau du sol par la relation.

$$S = S(J) + P'(J)$$

Nous négligeons l'évapotranspiration réelle entre le début de la journée et l'instant du déclenchement du ruissellement.

$P'(J)$, pluie du Jour J avant l'instant du déclenchement du ruissellement.

Dans le cas de plusieurs crues en un jour $P'(J)$ pluie infiltrée avant le déclenchement de la crue en question.

II-2 - Calcul de l'évapotranspiration réelle

Pour le calcul de l'évapotranspiration réelle nous adoptons le schéma suivant :

$$E.T.R. (J) = K [S (J-1) - S_0]$$

avec $S(J)$ = stock d'eau au début du jour $J-1$

S_0 = " " initial après la saison sèche.

K = E.T.R. moyenne journalière par mm de réserve en eau du sol susceptible d'être évaporée pour une période considérée ; il caractérise ainsi le pouvoir évapotranspirant d'un milieu donné (sol, végétation, climat) au cours de cette période.

K peut être déterminé en suivant la variation des réserves en eau sur des sites représentatifs du milieu considéré ou à partir d'une formule théorique applicable au milieu.

II-3 - Relation réserve en eau dans le sol capacité d'absorption

Pour toutes les averses enregistrées par le pluviographe, ayant provoqué un ruissellement nous calculons la capacité d'absorption en faisant le rapport entre la pluie efficace* et la pluie ruisselée.

Le temps efficace est généralement petit (de l'ordre de 5 à 30 minutes). La variation de la capacité d'absorption au cours de ce temps est estimée faible par rapport à la moyenne. Ce qui nous permet de faire l'approximation de prendre la capacité d'absorption moyenne pour la capacité d'absorption instantanée du début du ruissellement.

Nous obtenons pour les cinq années d'observation les deux tableaux suivants :

Tableau N° I Dissa I.

Date de la crue	S (mm)	Ca (mm/h)
1ère crue du 12 / 12 / 1973	74,8	18,7
2ème crue du 12 / 12 / 1973	85,5	27,8
3ème crue du 12 / 12 / 1973	100,9	19,6
crue du 10 / 10 / 1974	49,6	50,0
1ère crue du 27 / 10 / 1975	37,5	38,7
2ème crue du 27 / 10 / 1975	48,3	44,6
3ème crue du 27 / 10 / 1975	58,6	41,1
1ère crue du 09 / 01 / 1976	80,9	26,0
2ème crue du 09 / 01 / 1976	92,0	24,6
3ème crue du 09 / 01 / 1976	99,4	19,0
4ème crue du 09 / 01 / 1976	102,6	18,0
5ème crue du 09 / 01 / 1976	123	18,0
crue du 10 / 02 / 1976	42,0	41,0
crue du 27 / 02 / 1976	112	11,

* pluie efficace des hydrologues.

1ère Crue du 28/02/1976	123,9	13,2
2ème Crue du 28/02/1976	125,8	12,4
1ère Crue du 10/03/1976	104,9	17,1
3ème Crue du 10/03/1976	120,6	9,2
1ère Crue du 9/01/1977	35,5	42,0

Tableau N°2 Dissa II

Date de la Crue	S (mm)	Ca (mm/h)
Le 4 - 12 - 1973	65,0	13,3
Le 12 - 12 - 1973	66,0	15,5
Le 12 - 12 - 1973	93,3	13,2
Le 12 - 12 - 1973	96,8	10,8
Le 12 - 12 - 1973	102,8	9,2
Le 10 - 10 - 1974	48,2	22,8
2ème Crue du 27 - 10 - 1975	46,5	24,4
2ème Crue du 09 - 01 - 1976	88,4	13,2
3ème Crue du 09 - 01 - 1976	92,0	9,0
4ème Crue du 09 - 01 - 1976	100,5	12,0
5ème Crue du 09 - 01 - 1976	103,9	10,8
1ère Crue du 14 - 01 - 1976	122,5	6,2
2ème Crue du 14 - 01 - 1976	149,2	5,4
1ère Crue du 27 - 02 - 1976	121,5	7,7
Crue du 05 - 05 - 1976	47,0	21,6
Crue du 06 - 05 - 1976	40,0	20,0
Crue du 12 - 10 - 1976	41,0	22,8
Crue du 26 - 09 - 1977	34,5	27,2
Crue du 25 - 11 - 1977	35,0	28,8
Crue du 24 - 11 - 1977	31,2	30,0
2ème Crue du 25 - 11 - 1977	63,2	15,6

En portant les valeurs de chaque tableau sur un graphique nous obtenons deux courbes exponentielles décroissantes d'équations :

$$\text{Dissa I} : Ca = e^{-1,535 \left(\frac{S - 290}{100} \right)}$$

$$\text{Dissa II} : Ca = e^{-1,535 \left(\frac{S - 250}{100} \right)}$$

avec $S \approx 23$ mm

$S_{\max I} = 290$ mm réserve en eau maximum du sol de Dissa I

$S_{\max II} = 250$ mm réserve en eau maximum du sol de Dissa II.

S_{\max} est apparemment une fonction des caractéristiques physiques et pédologique du bassin versant; sachant que la capacité d'absorption s'écrit aussi :

$$Ca = \frac{dS}{dt} \quad \text{nous avons :}$$

$$\frac{dS}{dt} = e^{-1,535 \left(\frac{S - S_{\max}}{100} \right)}$$

.../...

$$e^{-1,535 \left(\frac{S - S_{\max}}{100} \right)} dS = dt \quad (2)$$

Si on considère la réserve en eau au profil le plus sec de l'année au quel on fait correspondre le temps $t_0 = 0$ du début de la première pluie d'intensité au minimum égale à la capacité d'absorption. Pendant tout le stock d'eau dans le sol à partir de la valeur minimum S_0 l'intégration des deux membres de l'équation (2) donne :

$$\int_{S_0}^S e^{-1,535 \left(\frac{S - S_{\max}}{100} \right)} dS = \int_0^t dt$$

t est exprimé en heure

$$S = S_{\max} + \frac{100}{1,535} \log \left(\frac{1,535}{100} t + e^{-1,535 \frac{S_0 - S_{\max}}{100}} \right) \quad (3)$$

Soit en utilisant le logarithme décimal

$$S = S_{\max} + \frac{100}{0,653} \log \left(\frac{1,535}{100} t + e^{-1,535 \frac{S_0 - S_{\max}}{100}} \right) \quad (3')$$

En dérivant $S(t)$ par rapport au temps nous obtenons :

$$Ca = \frac{1}{\frac{1,535}{100} + e^{-1,535 \left(\frac{S_0 - S_{\max}}{100} \right)}} \quad (4)$$

III) CALCUL DE LA LAME RUISSELEE ET DES DEBITS / PARTIE DES RELATIONS THEORIQUES OBTENUES

Pendant de la réserve minimum d'eau du sol la première pluie ne peut ruisseler que si

$$\frac{dP}{dt} > Ca \text{ c'est à dire } \frac{dP}{dt} > \frac{dS}{dt}$$

Plusieurs cas peuvent se présenter :

a) Pendant toute la période nous avons $\frac{dP}{dt} > \frac{dS}{dt}$

Le stock d'eau dans le sol varie alors en suivant l'équation (3) avec $t_0 = 0$ temps du début de la pluie.

La pluie excédentaire instantanée est définie par $q(t) = \frac{dP}{dt} - \frac{dS}{dt}$

nous définissons ainsi un débit laminaire instantané.

La pluie excédentaire totale est définie par :

$$I_r = \int_{t_0}^{t_1} q(t) dt = P - \int_{t_0}^{t_1} \frac{dS}{dt} dt = P - S(t_1) + S_0$$

avec t_1 : temps de fin de la pluie.

En partant du stock d'eau S_1 avec une pluie dont $\frac{dP}{dt} > \frac{dS}{dt}$ et t_2 temps de fin de la pluie nous écrivons :

$$I_r = P - \frac{1}{K} \log \frac{Kt_2 - e^{-K} (S_0 - S_{\max})}{Kt_1 - e^{-K} (S_0 - S_{\max})} \quad (5)$$

avec $K = \frac{1,535}{100}$

I_r est exprimé en mm

b) Pendant toute la durée de la pluie nous avons : $\frac{dP}{dt} < \frac{dS}{dt}$

Toute la pluie serait infiltrée et le stock d'eau dans le sol devient :

$$S = S_0 + P$$

S est exprimé en mm

Pour une autre pluie P' qui succède à la première et dont l'intensité $\frac{dP'}{dt}$ est supérieure à $\frac{dS}{dt}$, le sol se comporte comme si l'augmentation de la réserve d'eau due à la première pluie s'est produite à la suite d'une pluie dont l'intensité $\frac{dP}{dt} = \frac{dS}{dt}$. Le comptage du temps t' pour la deuxième pluie P' se fait à partir du début de cette pluie. La variation du stock d'eau dans le sol suit toujours l'équation (3) mais dans la quelle la variable t est définie par $t = t_1 + t'$ avec t_1 : temps qui correspond à la variation du stock d'eau de sa valeur minimum à sa valeur au début de la deuxième pluie P' avec une intensité $\frac{dP}{dt} = \frac{dS}{dt}$

De la même façon nous définissons la pluie excédentaire par :

$$q(t) = \frac{dP'}{dt} - \frac{dS}{dt} = \frac{dP'}{dt'} - \frac{dS'}{dt'}$$

(6)

$$q(t) = I(t) - \frac{1}{Kt + e^{-K(S_0 - S_{\max})}}$$

La lame ruisselée serait égale à

$$I_r = P' - S(t) + S(t_1)$$

$$I_r = P' - \frac{1}{K} \log \frac{Kt - e^{-K} (S_0 - S_{\max})}{Kt_1 - e^{-K} (S_0 - S_{\max})} \quad (7)$$

c) Si à la suite de la pluie P' , une pluie P'' se produit avec une intensité $\frac{dP''}{dt} < \frac{dS}{dt}$ toute la pluie P'' s'infiltrerait et on se retrouve au cas (b) pour une pluie qui succède à la pluie P'' .

.../...

d) Si à la suite d'une série de pluie succède une période de sécheresse, le sol va se dessécher et le nouveau stock d'eau dans le sol, pour une pluie qui se produit après cette période de sécheresse sera calculer par les schémas des paragraphes II-1 et II-2.

IV) CONCLUSION :

La précision du matériel pluviographique ne permet de connaître à tout instant la pluviométrie. Seule la pluie pendant des intervalles de temps supérieures ou égaux à un pas de temps choisi au préalable suivant les caractéristiques des appareils peut être calculée et les intensités ainsi obtenues sont des intensités moyennes sur ces intervalles de temps. Avec les appareils à déroulement 10 à 15 mm/h il est possible de travailler avec pas de temps de cinq minutes. Cet intervalle de temps est petit par rapport à la durée de l'averse efficace et de l'estimation faite au paragraphe II-3.

Pour calculer la lame ruisselée nous utilisons à la place des capacités d'absorption instantanées les capacités d'absorption moyennes pendant les mêmes intervalles de temps et nous écrivons :

$$I_r = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta P_i}{\Delta t_i} - \frac{\Delta S_i}{\Delta t_i} \right) \Delta t_i \quad (8)$$

avec n : nombre de pas de temps Δt_i où $\frac{\Delta P_i}{\Delta t} > \frac{\Delta S_i}{\Delta t_i}$

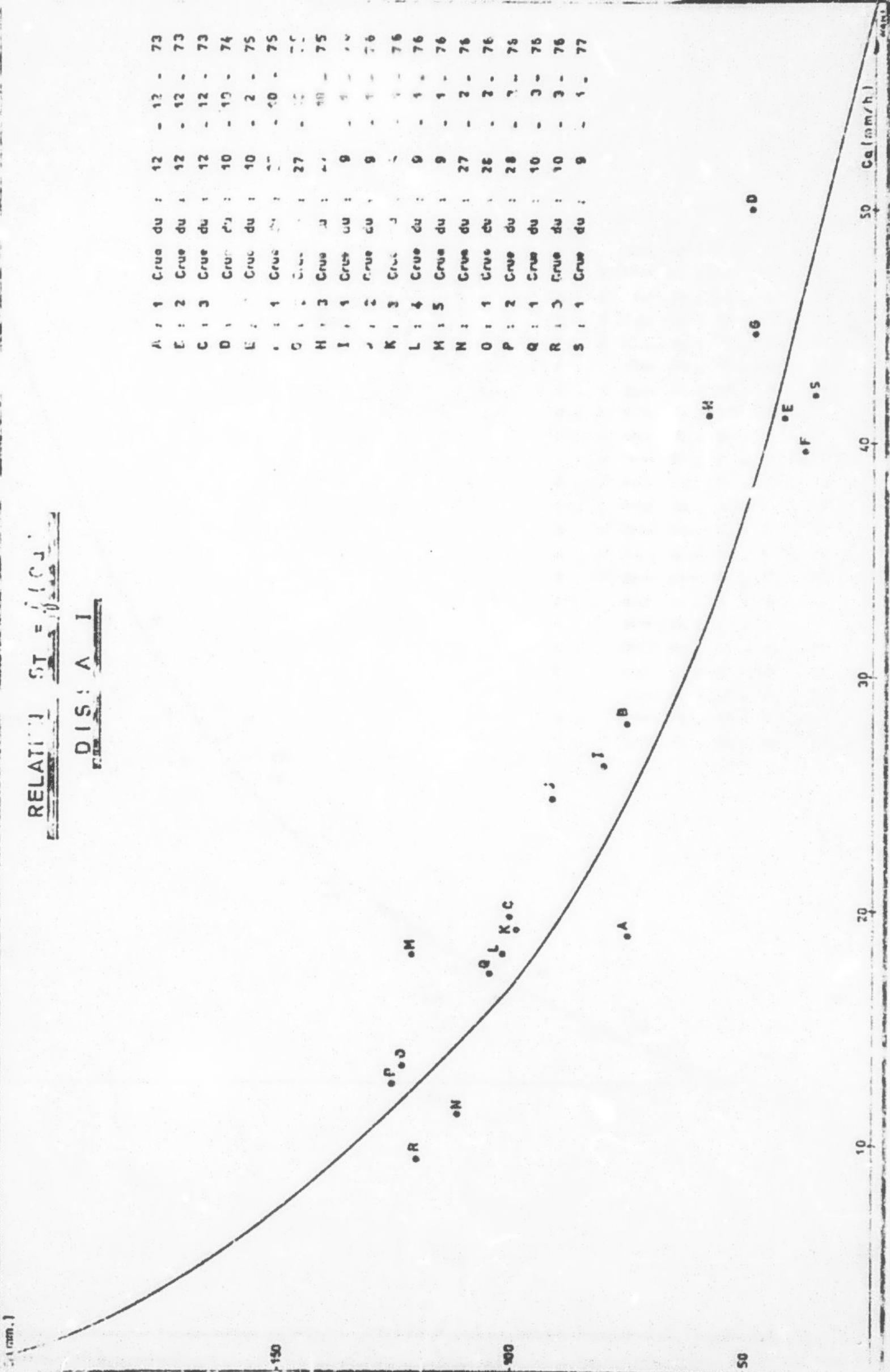
Nous définissons de même la pluie excédentaire par :

$$\bar{q}_i = \frac{\Delta P_i}{\Delta t_i} - \frac{\Delta S_i}{\Delta t_i} \quad (9)$$

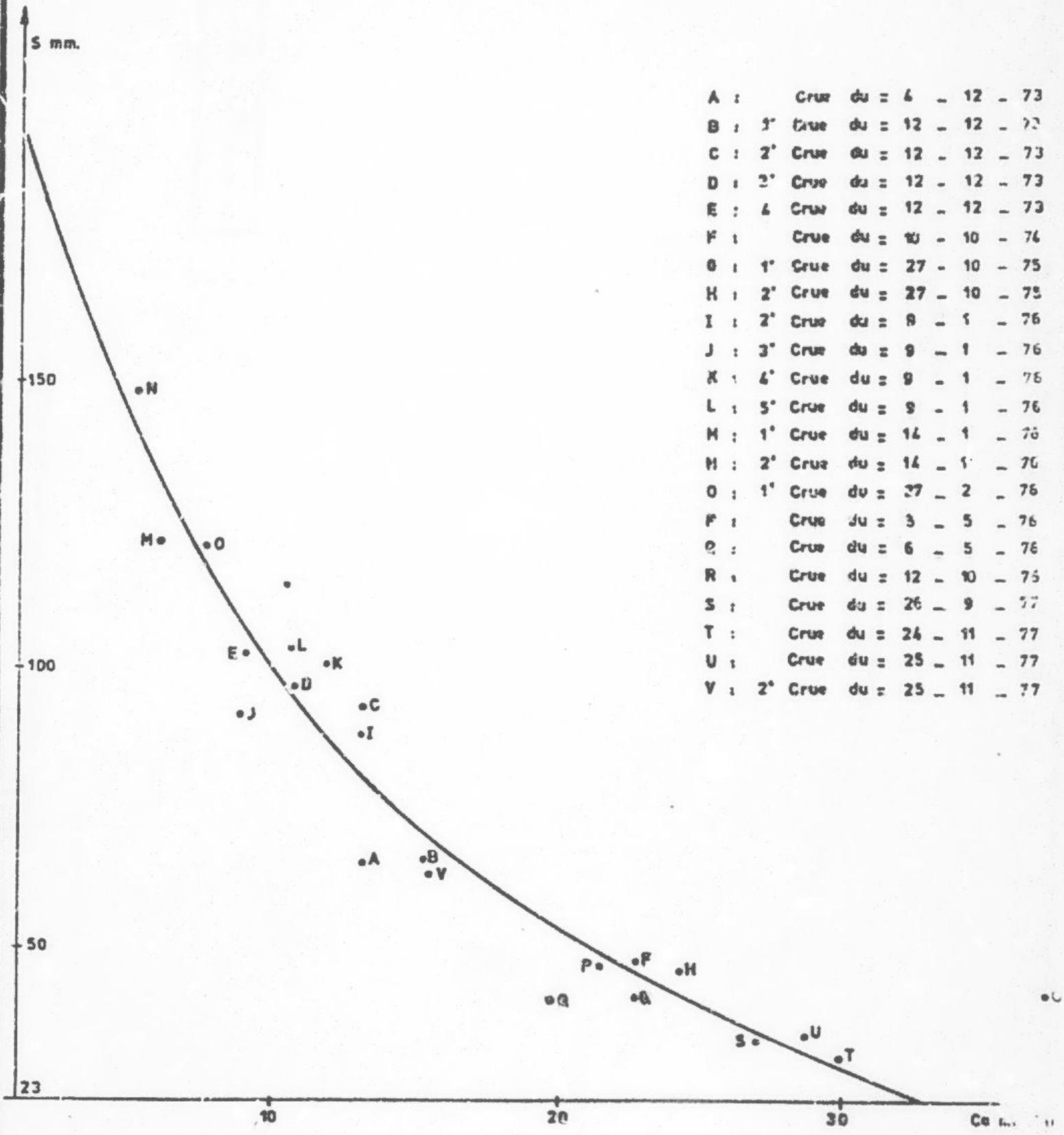
RELATION $ST = f(C, J)$

DIS: A I

A : 1	Crue du :	12	-	12	-	73
E : 2	Crue du :	12	-	12	-	73
C : 3	Crue du :	12	-	12	-	73
D :	Crue du :	10	-	10	-	74
E :	Crue du :	10	-	2	-	75
F :	Crue du :	10	-	10	-	75
G :	Crue du :	27	-	27	-	75
H :	Crue du :	9	-	10	-	75
I :	Crue du :	9	-	9	-	76
J :	Crue du :	9	-	9	-	76
K :	Crue du :	9	-	9	-	76
L :	Crue du :	9	-	9	-	76
M :	Crue du :	9	-	9	-	76
N :	Crue du :	27	-	27	-	76
O :	Crue du :	28	-	28	-	76
P :	Crue du :	28	-	28	-	76
Q :	Crue du :	10	-	10	-	76
R :	Crue du :	10	-	10	-	76
S :	Crue du :	9	-	9	-	77



DISSA II - Relation $S = f(c, a)$

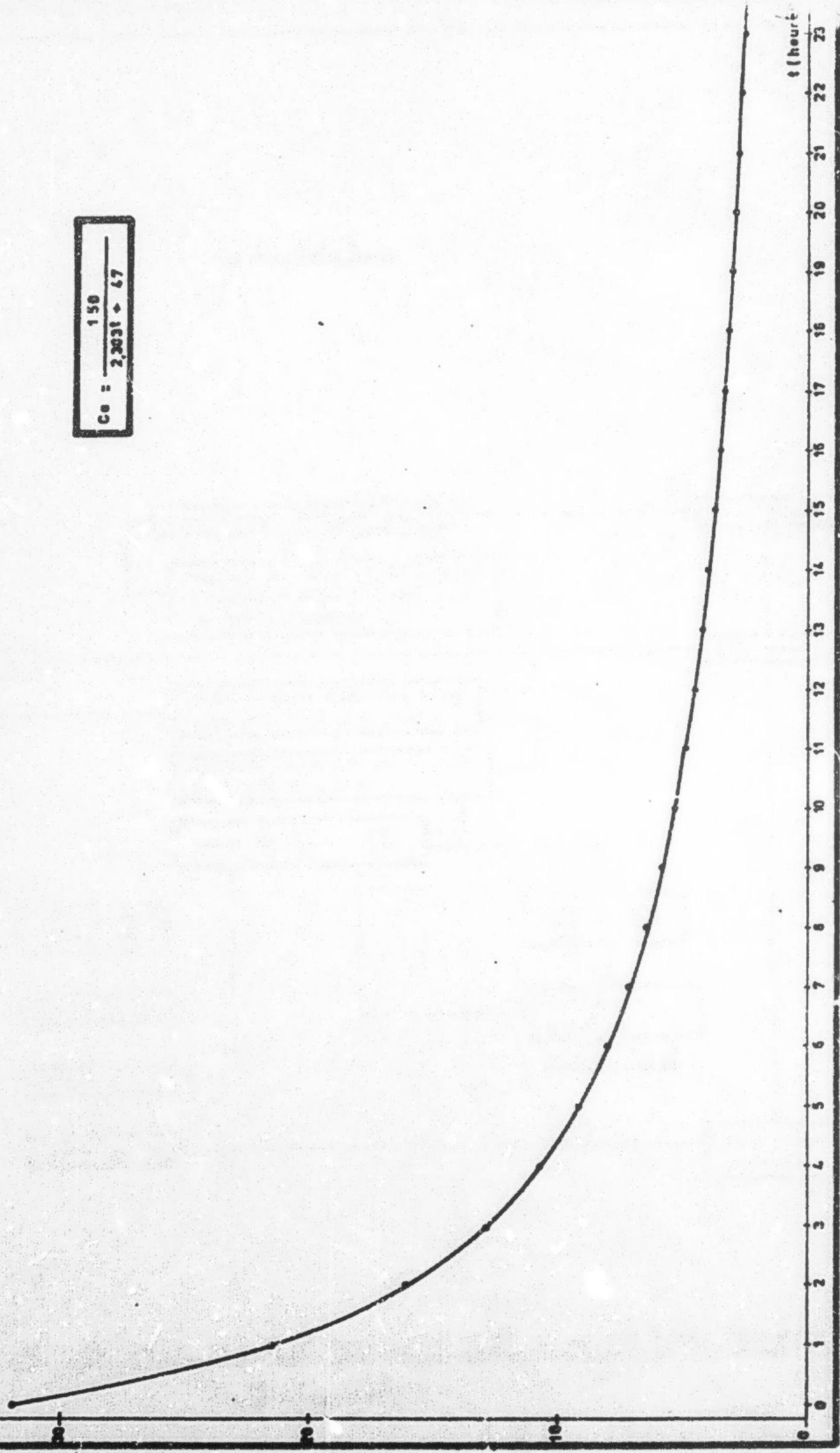


A :	Cruet	du = 4	- 12	- 73
B :	1° Cruet	du = 12	- 12	- 72
C :	2° Cruet	du = 12	- 12	- 73
D :	3° Cruet	du = 12	- 12	- 73
E :	4° Cruet	du = 12	- 12	- 73
F :	Cruet	du = 10	- 10	- 74
G :	1° Cruet	du = 27	- 10	- 75
H :	2° Cruet	du = 27	- 10	- 75
I :	2° Cruet	du = 8	- 1	- 76
J :	3° Cruet	du = 9	- 1	- 76
K :	4° Cruet	du = 9	- 1	- 76
L :	5° Cruet	du = 9	- 1	- 76
M :	1° Cruet	du = 14	- 1	- 76
N :	2° Cruet	du = 14	- 1	- 76
O :	1° Cruet	du = 27	- 2	- 76
P :	Cruet	du = 3	- 5	- 76
Q :	Cruet	du = 6	- 5	- 76
R :	Cruet	du = 12	- 10	- 76
S :	Cruet	du = 26	- 9	- 77
T :	Cruet	du = 24	- 11	- 77
U :	Cruet	du = 25	- 11	- 77
V :	2° Cruet	du = 25	- 11	- 77

DISSA II - Relation $C_a = f(t)$

$$C_0 = \frac{150}{2,303t} \cdot 67$$

C_a (mg/l)



t (hour)

DISSA

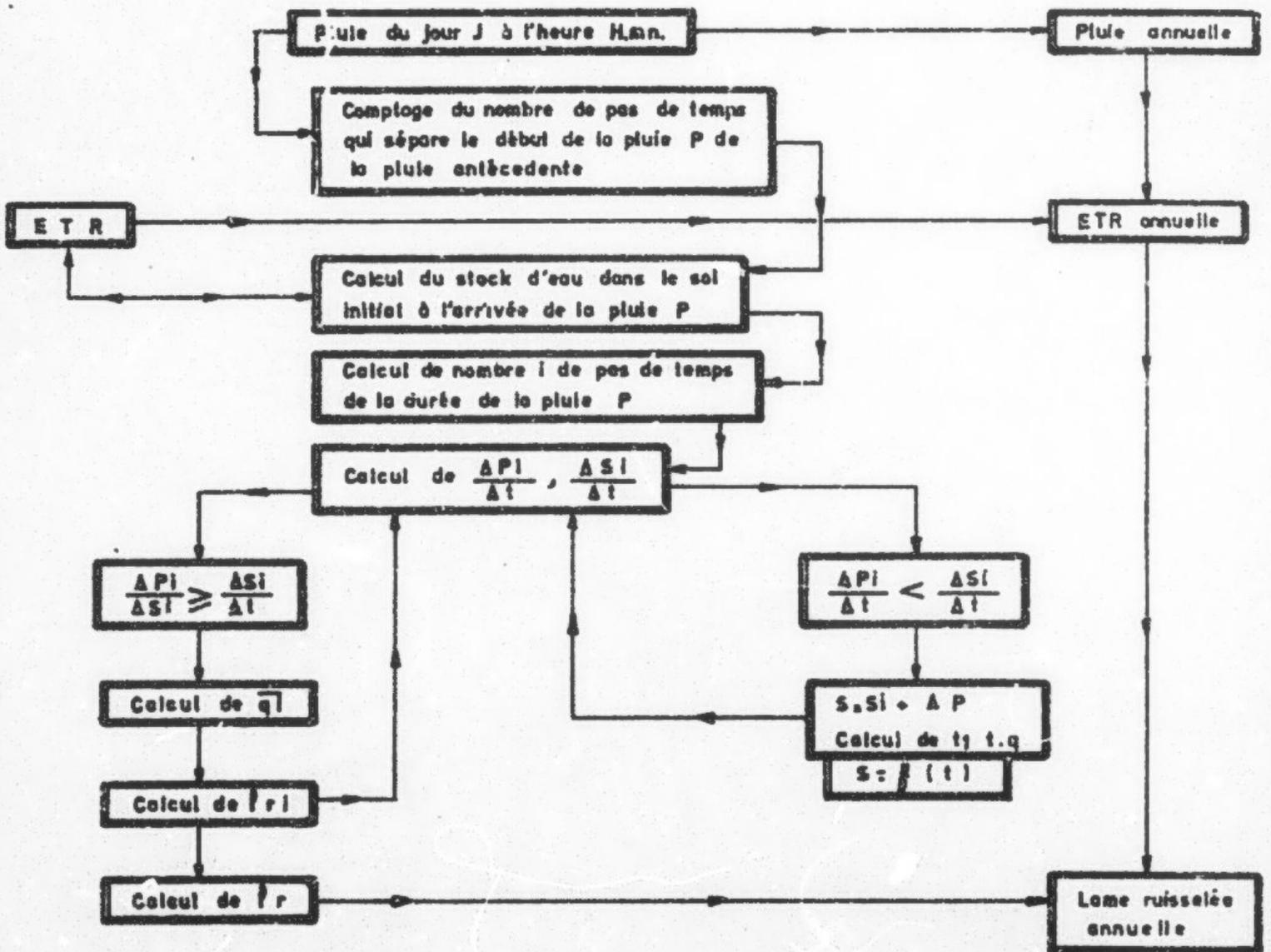


Schéma du modèle de prévision de crue et de calcul des lames ruisselées et des débits

FIN

..... **13**

VUES