MICROFICHE N°

02563

République Tunisienne

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية

وزارة الفلاحة

المركز القومي

للتوثيق الفلاحي

تونس

F 1

DIVISION DES RESSOURCES EN EAU

-•-

# PROPOSITION D'UN MODELE DE CALCUL DES LAMES RUISSELEES ET DES DEBITS SUR LES BASSINS VERSANTS DU SUD TUNISIEN

-•-

NOVEMBRE 1979

M. FERSI

E.T/

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU
ET EN SOL
DIVISION DES RESSOURCES EN EAU

ARRONDISSEMENT DE GABES

SERVICE HYDROLOGIQUE

# PROPOSITION D'UN MODELE DE CALCUL DES LAMES RUISSELEES ET DES DEBITS SUR LES BASSINS DU SUD TUNISIEN

NOVEMBRE 1979

FERSI MOHAMED
Hydrologue Principal

## SOMMAIRE

# PROPOSITION D'UN MODELE DE CALCUL DES LAMES RUISSELEES ET DES DEBITS SUR LES BASSINS VERSANT DU SUD TUNISIEN

## 1/ - INTRODUCTION

Les résultats des mesures effectuées sur quelques bassins du Sud tunisien au cours de la dernière décade et en particulier celles effectuées à la suite des pluies exceptionnelles de Mars 1979, montrent la nature délicate et subjective de toute analyse même sommaire s'appuyant sur ces résultats ne tenant pas compte de la distribution pluviométrique chronologiquement et spatialement, des teneurs en eau des sols des différents bassins et de la façon dont ces teneurs en eau évoluent à l'avènement d'une pluie.

Sachant que tout ce qui s'infiltre comme pluie à l'échelle annuelle sur les bassins du Sud tunisien est repris par évaporation ou évapotranspiration et que par conséquent la teneur en eau en tout point du bassin reprend sa valeur initiale après les saisons sèches et que le ruissellement ne se produit que si l'intensité de la pluie dépasse le régime d'infiltration (autrement dit et avec un langage quantitatif si l'intensité de la pluie est supérieure à la capacité d'absorption). Les caractéristiques d'une crue sont fonctions de :

- L'intensité de la pluie, de sa distribution spatiale et de sa durée
- de la teneur en eau initiale des sols du bassin.
- de l'infiltrabilité du bassin, cette dernière est une fonction des caractéristiques géomorphologiques des différentes portions du bassin intéressées par la pluie et du déficite de la teneur en eau des sols du bassin par rapport à la teneur en eau finale ou maximum.

En tenant compte de toutes ces conditions nous proposons le modèle suivant qui permet une analyse assez réconfortable du phénomène pluie - ruissellement à l'échelle du bassin versant et entre autre propose une méthode de calcul des lames ruisselées et des débits.

## 2/ - INFILTRABILITE

On désigne par infiltrabilité le régime avec lequel le sol peut absorber l'eau fournie en surface. Elle dépend :

- de la texture du sol
- de la teneur en eau initiale : plus un sol est humide à l'origine moins son finfiltrabilité sera moins élevée et plus le régime final sera atteint plus tôt
- du déficite de la teneur en eau du sol par rapport à la teneur en eau finale ou maximum. Dans le cas des petits bassins tels que les parcelles de Diasa, l'infiltrabilité est une fonction exponentielle décroissante du déficit de la teneur en eau par rapport à sa valeur maximum.
- Enfin, de la durée de la pluie et de son intensité.

### 2-1 - Infiltrabilité d'un bassin versant

Dans le cas des petits bassins la diversité des conditions morphologiques en tout point du bassin est très faible. Si on désigne par Ca1 l'infiltrabilité de la portion $\frac{a1}{A}$ du bassin caractérisée par les mêmes conditions morphologiques, Ca2 l'infiltrabilité de la portion $\frac{a2}{A}$ du bassin, ... et Can l'infiltrabilité de la portion $\frac{an}{A}$ du bassin. Nous définissons l'infiltrabilité moyenne du bassin par :

$$\text{Ca moy.} = \sum_{i=1}^{n} \text{Cai}\,\frac{ai}{A}$$

Les écarts par rapport à cette valeur moyenne des infiltrabilités des différentes unités morphologiques sont faibles.
Le problème du comportement du bassin à l'avènement d'une pluie qui est supposée homogène dans l'espace peut être simplifié en se ramenant au cas ponctuel avec comme infiltrabilité la valeur moyenne.

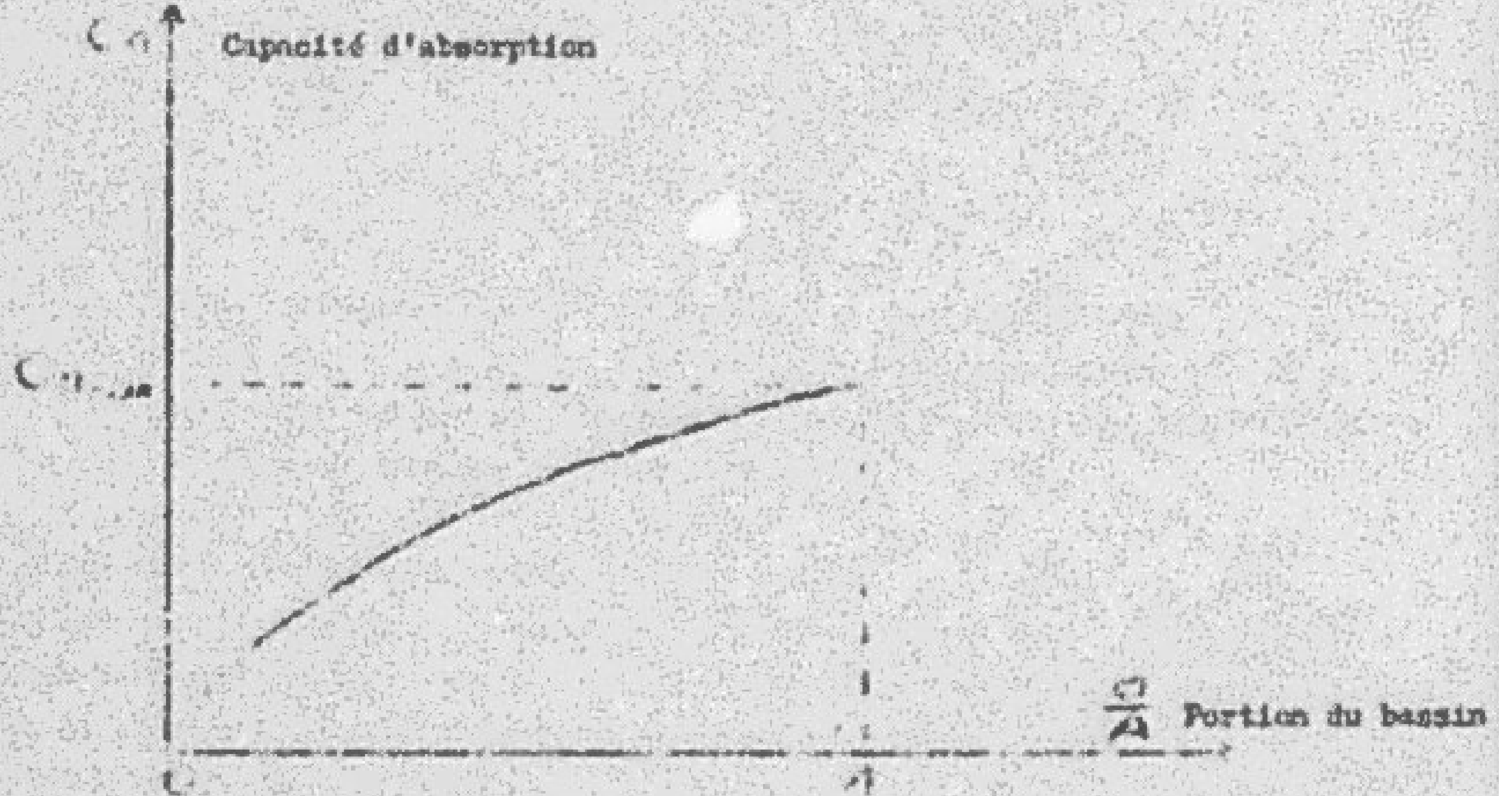
Dans le cas des grands bassins, les conditions morphologiques sont beaucoup plus variées et les pluies et leurs intensités sont très hétérogènes.

L'approximation faite dans le cas des petits bassins devient impossible du fait de l'importance des écarts par rapport à la valeur moyenne des capacités d'absorption des différentes unités morphologiques et de l'hétérogénéité des pluies et de leurs intensités.

.../...

La grande diversité des conditions morphologiques rend la représentation de la distribution géographique de l'infiltrabilité très complexe et il est très difficile de la décrire sur une carte.

Pour résoudre ce problème nous adoptons une méthode statistique en représentant par une courbe en cumulée la distribution de la capacité d'absorption sur le bassin.




Cette courbe représente la capacité d'absorption à différents points du bassin en face des portions de surface correspondantes.

Nous désignons par :

Ca = capacité d'absorption

a = surface du sous bassin tel que la capacité d'absorption en tout point est inférieure à Ca

A = surface du bassin.

La capacité d'absorption moyenne du bassin est définie par :

$$\text{Ca moy.} = \int_0^{Ca_{max.}} \left(1 - \frac{a}{A}\right) d\,Ca$$

Ca max. désigne la valeur de la capacité d'absorption maximum tel que à tout point du bassin la capacité d'absorption est inférieure à cette valeur.

En partant de la teneur en eau minimum des sols du bassin c'est à dire après la saison sèche à laquelle correspond la plus forte valeur de capacité d'absorption en tout point du bassin nous avons une courbe en cumulée qui ne dépend que des

.../...

caractéristiques pédologiques géologiques et topographiques du bassin.

Pendant le premier pas de temps de la première pluie de l'année pluvieuse, la distribution de l'intensité de la pluie sur le bassin se présente sous forme d'une courbe en cumulée.

La pluie excédentaire moyenne correspondante est définie par :

$$\frac{\Delta R1}{\Delta t_1} = \int_0^{Imax.} \left(\frac{a}{A}\right) dI - \int_0^{Camax.} \left(1 - \frac{a}{A}\right) dCa - Co \quad (2)$$

Nous désignons par :

I max. = intensité maximum de la pluie sur le premier pas de temps

Co = correspond à l'intensité minimum de la pluie sur le même pas de temps qui ruisselle sur un sous bassin ayant la plus faible capacité d'absorption et qui n'arrive pas à l'exutoire.

La surface correspondante serait désignée par ao.
Co est une fonction de la capacité d'absorption qui est variable dans le temps mais elle garde toujours sa définition c'est à dire que c'est l'intensité minimum de la pluie qui ruisselle sur le sous bassin de surface ao et dont le ruissellement n'arrive pas à l'exutoire.

Plusieurs cas peuvent se présenter :

a- Quelque soit a/A sur l'intervalle $[0 , 1]$ l'intensité est toujours supérieure à la capacité d'absorption
En désignant par Imoy. et $Ca_o$moy. successivement l'intensité moyenne et la capacité d'absorption moyenne sur le bassin nous avons :

$$\frac{\Delta R1}{\Delta t1} = I\ moy. - (Ca_o moy. - Co) \qquad (3)$$

La teneur en eau de chaque unité morphologique devient $S = So + Ca_o \Delta t1$
La nouvelle valeur de la capacité d'absorption au bout de l'intervalle de temps $\Delta t1$ est obtenue par la relation exponentielle vérifiée sur les petits bassins

$$Ca = e^{-Ko(S - S\ max.)}$$ avec Ko : constante d'ajustement

S max. = teneur en eau limite ou maximum de l'unité morphologique considérée.

S = teneur en eau de la même unité morphologique au bout de l'intervalle de temps $\Delta t1$.

Soit en remplaçant S par $So + Ca_o \Delta t1$

.../...

$$Ca1 = e^{-Ko(S - Smax.)} = e^{-Ko\,(So - Smax. + Ca_o\,\Delta t1)}$$

$$\boxed{Ca1 = Ca_o\, e^{-Ko\, Ca_o \Delta t1}} \qquad (4)$$

Au bout de l'intervalle de temps $\Delta t1$ et le début de l'intervalle de temps $\Delta t2$ et quelque soit a/A sur l'intervalle $[0,1]$ la capacité d'absorption est donnée par la relation (4)

b- Si l'intensité de la pluie est supérieure à la capacité d'absorption quelque soit a/A sur un intervalle sous ensemble du $[0,1]$ c'est à dire

$[0, \frac{a1}{A}]$ nous avons :

$$\frac{\Delta R1}{\Delta t1} = I\ moy.\ 1 - (Ca_o\ moy1 + Co)$$

avec $Imoy.\ 1 = \frac{A}{a1} \int_0^{\frac{a1}{A}} I \frac{da}{A}$

et Ca $moy.1 = \frac{A}{a1} \int_0^{\frac{a1}{A}} Ca_o \frac{da}{A}$

Au bout de l'intervalle de temps $\Delta t1$ et le début du pas de temps $\Delta t2$, la capacité d'absorption est obtenue :

- Pour $\frac{a}{A} \leqslant \frac{a1}{A}$ $\qquad \boxed{Ca_1 = Ca_o\, e^{-KoCa_o \Delta t1}} \qquad (4')$

- Pour $\frac{a}{A} > \frac{a1}{A}$ $\qquad \boxed{Ca_1 = Ca_o\, e^{-Ko\, I\, \Delta t1}} \qquad (5)$

Co est obtenu dans les deux cas par la relation

$$\boxed{Co1 = Coo\, e^{-Ko\, Coo\, \Delta t1}} \qquad (6)$$

Pour un pas de temps $\Delta t3$ succédant à $\Delta t2$ dans le cas où l'intensité excède partout sur le bassin la capacité d'absorption de la pluie excédentaire moyenne sur ce pas de temps est donnée par :

$$\frac{\Delta R3}{\Delta t3} = -(Ca2\ moy. + Co2) + Imoy.$$

La capacité d'absorption est calculée par :

$$\forall \frac{a}{A} \in [0, 1] \qquad \boxed{Ca_2 = Ca_1 \, e^{-K_o \, Ca_1 \Delta t_2}}$$

Dans le cas où l'intensité excède la capacité d'intervalle seulement sur une portion a1 du bassin.

$$\forall \frac{a}{A} \in \left[0, \frac{a_1}{A}\right] \qquad Ca_2 = Ca_1 \, e^{-K_o Ca_1 \Delta t_2}$$

$$\forall \frac{a}{A} \in \left[\frac{a_1}{A}, 1\right] \qquad Ca_2 = Ca_1 \, e^{-K_o I \Delta t_2}$$

Lorsque à la pluie succède une période de jours de sècheresse, l'évapotranspiration réelle de chaque jour de la période de sècheresse ne va pas être homogène dans l'espace puisqu'en tout point du bassin la réserve en eau disponible d'être évaporable n'est pas homogène.

Elle s'exprime en tout point du bassin par :

$$ETR\,(1) = K^{*} \left[ S(1) - So \right]$$

$$ETR\,(2) = K \left[ S(2) - So \right] = K \left[ S(1) - K\,(S(1) - So) - So \right]$$

$$ETR\,(J) = K \left[ S(J) - So \right]$$

S(1) : réserve en eau au début du 1er jour qui succède au jour de la pluie.

$$S(1) = So + \sum_{i=1}^{n} Ca_{i-1} \Delta t_i$$

n = nombre de pas de temps de pluie

$Ca_{i-1} \Delta t_i$ = augmentation de la réserve en eau au cours du pas de temps $\Delta t_i$

$$S(2) = S(1) - ETR\,(1)$$

$$ETR(1) = K \cdot \sum_{i=1}^{n} Ca_{i-1} \cdot \Delta t_i$$

$$S(2) = S(1) - K \sum_{i=1}^{n} Ca_{i-1} \Delta t_i$$

$$S(2) = So + (1-K) \sum_{i=1}^{n} Ca_{i-1} \Delta t_i$$

$$S(3) = S(2) - ETR\,(2)$$

.../...

(*) voir modèle de calcul des lames ruisselées et des débits à partir des résultats de mesure de Dizan.

.../...

$$ETR(2) = K \left[ S(2) - So \right]$$

$$= K \left[ So + (1-K) \sum_{i=1}^{n} Ca_{i-1} \Delta t_i - So \right]$$

$$= K \left[ (1-K) \sum_{i=1}^{n} Ca_{i-1} \Delta t_i \right]$$

$$S(3) = So + (1-K) \sum_{i=1}^{n} Ca_{i-1} \Delta t_i$$

$$- K (1-K) \sum_{i=1}^{n} Ca_{i-1} \Delta t_i$$

$$S(3) = So + (1-K)(1-K) \sum_{i=1}^{n} Ca_{i-1} \Delta t_i$$

$$ETR(3) = K (1-K)^2 \sum_{i=1}^{n} Ca_{i-1} \Delta t_i$$

$$S(4) = S(3) - ETR(3)$$

$$S(4) = So + (1-K)^2 \sum_{i=1}^{n} Ca_{i-1} \Delta t_i - K (1-K)^2 \sum_{i=1}^{n} Ca_{i-1} \Delta t_i$$

$$S(4) = So + (1-K)^2 (1-K) \sum_{i=1}^{n} Ca_{i-1} \Delta t_i$$

$$S(4) = So + (1-K)^3 \sum_{i=1}^{n} Ca_{i-1} \Delta t_i$$

$$S(j) = So + (1-K)^{(j-1)} \sum_{i=1}^{n} Ca_{i-1} \Delta t_i$$

a) - Lorsque $(1-K)^{(j-1)} \longrightarrow 0$

$S(j) \longrightarrow So$ et le stock d'eau dans le sol atteint sa valeur limite inférieure. Pour une pluie succédant au jour j la capacité d'absorption du bassin est celle définie après la saison sèche.

b) - Lorsque $(1-K)^{(j-1)} \neq 0$

$S(J) \neq So$

et la capacité d'absorption en tout point du bassin est définie par

$$Ca = e^{-Kc(S(J) - So)}$$

$$Ca = Ca_o \, e^{-Kc \Delta S}$$ avec

.../...

$$\Delta S = (1 - K)^{(j-1)} \sum_{i=1}^{n} Cai-1 \Delta ti$$

2-2 - Proposition d'une forme analytique de la courbe en cumulée de distribution de la capacité d'absorption sur le bassin

La forme proposée est l'équation d'une parabole d'ordre k'

$$\frac{Cao}{Cao\ max.} = 1 - (1 - \frac{s}{A})^{k'} \qquad (7)$$

k' = reflèche l'effet de la diversité des conditions géomorphologiques en tout point du bassin et souvent déterminé par des facteurs pédologiques topographiques et géologiques.
suivant les valeurs de k' nous obtenons :

- $k' < 1$ une parabole concave
- $k' = 1$ une droite d'équation $\frac{Ca}{Ca\ max.} = \frac{s}{A}$
- $k' > 1$ une parabole convexe.

En remplaçant $\frac{s}{A}$ par $1 - (1 - \frac{Cao}{Ca_o max.})^k$ avec $k' = 1/k$ dans les relations du paragraphe IV-1-1 nous obtenons :

a- Capacité d'absorption maximum à la fin de la saison sèche correspondant à l'ensemble du bassin

$$Ca_o max. = (k + 1)\ Ca_o moy.$$

b- Capacité d'absorption à la fin de la saison sèche correspondant à la portion du bassin so/a dont l'intensité doit être supérieure pour que le ruissellement arrive à l'exutoire.

$$\frac{Co}{Ca\ max.} = 1 - (1 - \frac{so}{A})^{k'}$$

$$Co = (k + 1)\ Ca_o moy. \left[ 1 - (1 - \frac{so}{A})^{k'} \right] \qquad (8)$$

3/ - RECOMMANDATIONS

Nous remarquons que l'utilisation d'une courbe en cumulée de répartition de la capacité d'absorption sur le bassin facilite une analyse synthétique assez reconfortante du problème de ruissellement sur un bassin avec l'utilisation de très peu de paramètres.

La multiplication de petit bassin du type citerne I, parcelle de Dissa avec des formes assez variées, et des impluviums plus importants permettrait de mieux préciser la relatiion capacité d'absorption - teneur en eau du sol et donc lui donner une application plus généralisée.

L'orientation des résultats de mesure sur les bassins observés pour férifier certaines hypothèses du modèle proposé et donc de préciser les erreurs qui s'en suivent et les effets du choix des paramètres sur les résultats obtenus.

La multiplication des bassins observée, où les relevés par leur nature peuvent répondre aux exigences d'utilisation du modèle, permet à l'échelle régionale de dégager les caractères généraux des paramètres utilisés dans le modèle et donc appliquer le modèle sur des bassins non suivi en utilisant seulement les caractéristiques générales des relevés pluviométriques et pluviographiques.-

FIN

12

VUES