

D. IBIZA

FONCTION DE PRODUCTION AUX PETITS PAS DE TEMPS

Cette fonction de production aux petits pas de temps a été établie à partir de résultats obtenus sur bassins versants situés dans des climats différents mais également à partir de l'observations de mesures d'humidité neutroniques dans les sols. Elle s'appuie sur un schéma de l'infiltration à une dimension "aménagé"(1). Elle est basée sur le principe du "bilan hydrique"

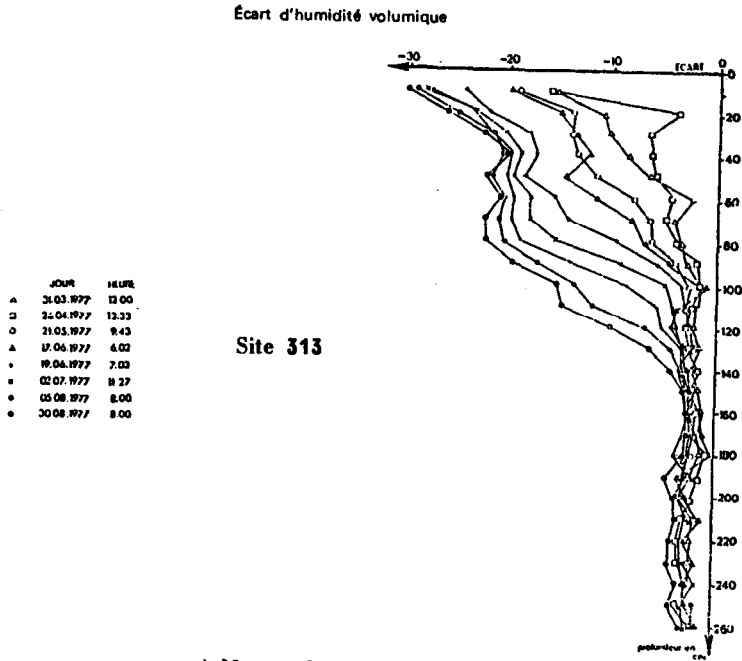
Le Bilan Hydrique est une approche macroscopique et globale de l'hydrologue qui garde sans cesse à l'esprit qu'il travaille sur des surfaces qui peuvent être assez grandes, parfois jusqu'au niveau d'un bassin versant entier. On recherche dans le sol des SYSTEMES qui sont responsables d'une même dynamique de l'eau et on écrit à chaque pas de temps l'équation de continuité, c.a.d que ce qui sort du système est égal à ce qui y est entré moins ce qui s'y est accumulé. Cette conception aboutit fatalement à un modèle à réservoir. Elle fait intervenir comme paramètres des dimensions de stockage qui correspondent à des dimensions physiques mesurables et elle met en évidence des dynamiques de remplissage qui sont liées aux niveaux de ces réservoirs. Mais les concepts ont cependant évolué par rapport à l'époque où on mettait des réservoirs dans tous les coins et où toute la batterie de cuisine y passait.

Identification des réservoirs et algorithme de remplissage

HORIZON VEGETAL

La figure 2 montre l'évolution de profils neutroniques en phase d'assèchement. Ces profils ont été effectués par DELUMHEAU en TUNISIE sous végétation de maquis (lentisques). En surface, il y a un manteau argilo-sableux d'épaisseur variable mais on est sûr d'avoir des argiles en profondeur. Ces profils sont rapportés au profil le plus humide, considéré comme état de saturation.

On distingue deux dynamiques. La première est une dynamique d'ensemble que l'on observe à la sortie de l'horizon végétal. Elle correspond à un mouvement de translation et traduit la percolation en profondeur. La teneur en eau évolue de l'état de saturation à un état qui se situe à peu près à 5% de l'état de saturation. Nous avons l'habitude de qualifier cet état "d'état de rétention" mais cette notion ne signifiait apparamment pas la même chose pour tout le monde de sorte que



a) **Maquis dégradé (classe 3)**
Écart d'humidité volumique

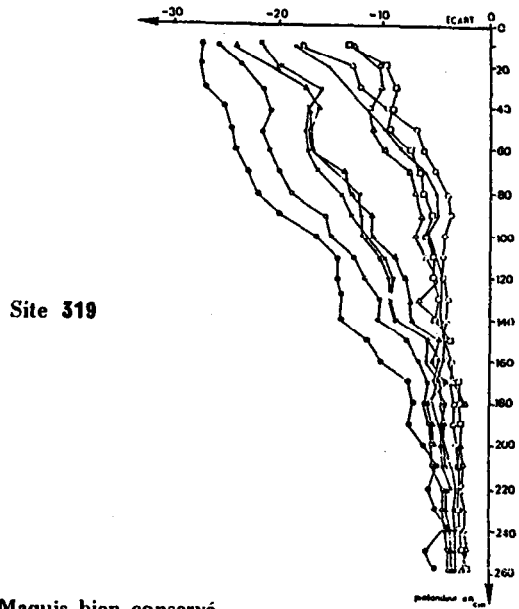


Fig. 2 Profils d'humidité sur sols argileux recouverts d'un manteau sablo-argileux.
Phase d'assèchement

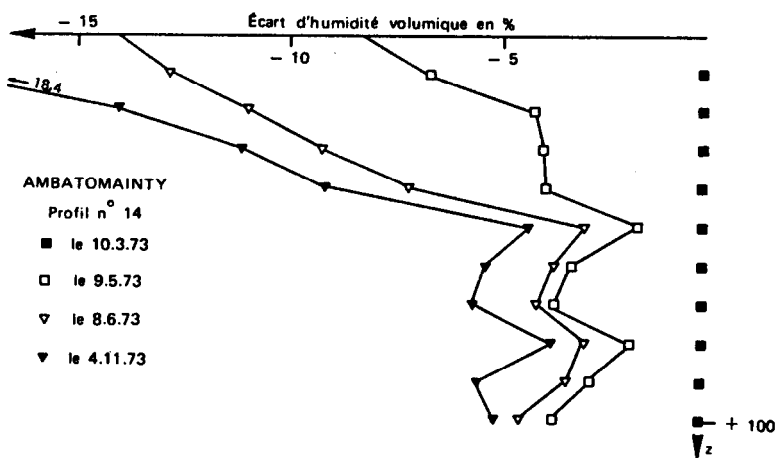
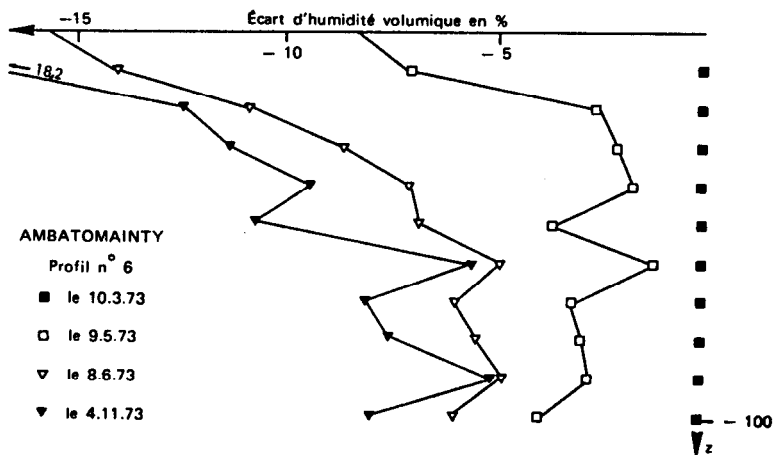


Fig. 3 Profils d'humidité sur sols assez perméables et couverts de graminées pérennes
Phase d'assèchement

les agronomes, plus prudents le qualifient actuellement d'état au champ.

Pour notre part nous estimons qu'il s'agit de l'état qui sépare la fin de la phase d'assèchement du début de la saturation (2). C'était d'ailleurs ce que nous entendions par "état de rétention"

Dans l'horizon végétal, la variation des profils est beaucoup plus ample et traduit l'assèchement des sols sous l'effet de l'ETR c.a.d. du prélèvement de l'eau par les plantes dans le sol. On remarque et c'est toujours ce que l'on observe que l'assèchement est plus important au voisinage de la surface.

Le profil le plus sec est bien connu car la saison sèche est en TUNISIE fortement accusée et chaque année, on vient buter sur ce profil. Le volume ainsi dégagé dans le sol par la plante est la R.F.U que j'appelle pour ma part dans mes programmes DEFMAX (déficit maximal).

Sur la figure 3, on a des profils semblables, mais cette fois sur des sols ferrallitiques très lessivés et plus perméables et avec un couvert de graminées perennes. L'horizon végétal a ici une profondeur de 60 cm et l'assèchement le plus fort, à la surface n'est qu'à 20% environ de l'état de saturation, de sorte que la RFU (DEFMAX) ne vaut que 60mm environ contre 180 mm dans le premier cas de plantes bien adaptées à la sécheresse, à enracinement profond.

Ces différents profils d'assèchement semblent correspondre à un certain équilibre et il serait avantageux que cet équilibre soit induit par les phénomènes de diffusion dans les sols, mais il semble bien que la plante a également son mot à dire et que cet équilibre est fortement conditionné par le mode de prélèvement des plantes dans le sol qui varie selon l'espèce et son adaptation à la sécheresse. En simplifiant beaucoup, on peut si on veut, assimiler ces différents profils à des exponentielles et admettre, en outre, qu'ils se déduisent les uns des autres sur un site donné, par affinité. De sorte que sur un site donné, on aurait:

- Pour le profil le plus sec:

$$HUMAX(z) = HUMAX_0 e^{-\delta z}$$

HUMAX₀ étant la teneur en eau à la surface correspondant au déficit maximal

- Pour un profil courant:

$$HUM(z) = HUM_0 e^{-\delta z}$$

C'est à dire qu'il y a un coefficient δ invariant, pour un site donné qui caractérise l'empreinte de la végétation dans le sol.

RESERVOIR DE SURSATURATION

Ces profils ne montrent pas tout puisque le profil de saturation est ici vertical, par convention.

ON imagine en plus que les racines ainsi que la mésofaune tendent à aérer la surface proche de l'horizon végétal et que ces phénomènes de macroporéabilité qui provoquent des mises en charge peuvent, à leur tour, produire des ressuyages obliques, si le terrain est en pente, qui qui finissent par entraîner les particules fines du sol. L'ensemble de ces phénomènes de macroporosité et de microporosité entraînent, à la longue, dans l'horizon de proche surface une perméabilité décroissante de la surface vers le fond et qui se traduit par l'augmentation de la teneur en eau à la saturation lorsque l'on se rapproche de la surface.

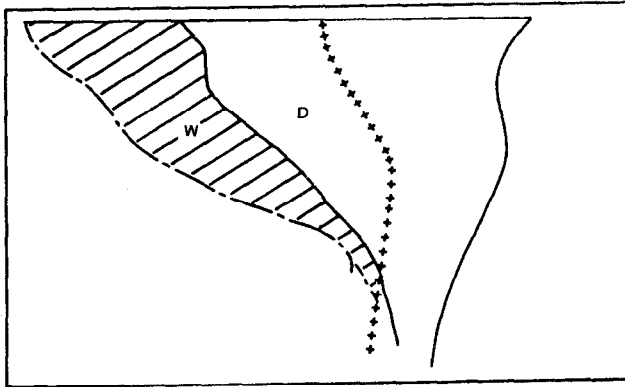
Sur la figure 7a on a dessiné un profil moyen courant, en début d'averse, caractérisé par son déficit initial D_0 . Sur la figure 8a, on montre comment on décompose ce profil du point de vue de la dynamique en trois caissons étanches, un triangle à gauche qui traduit l'assèchement, un canal médian qui traduit l'infiltration en régime permanent et un triangle de droite qui fait apparaître ce qu'on appelle un "réservoir de sursaturation" H_0 et qui produit du ressuyage rapide ou drainage oblique. On a inclus dans ce réservoir les interceptions de surface proprement dites dues au microrelief d'implantation des racines ou "rugosité". Ce réservoir donne du ressuyage rapide et on peut mesurer la quantité de cet écoulement de ressuyage dans la rivière à partir de l'observation des débits.

INFILTRATION SOUS PLUIES SATURANTES

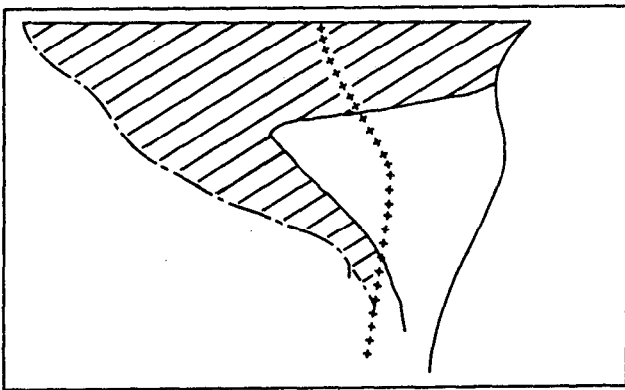
Sur les figures 7b, on montre ce qui se passe dans la réalité lorsque les pluies sont saturantes, c.a.d lorsque les intensités de pluie sont sans cesse supérieures à l'intensité d'infiltration. Sur la figure 8b, on a montré comment on a simplifié la dynamique. Le décrochement des "niveaux" est bien entendu une facétie, mais elle rappelle qu'on raisonne sur une grande surface et que ce profil est en réalité un profil moyen qui est la superposition de plusieurs profils.

Nous n'avons pas la prétention de faire une démonstration rigoureuse, mais simplement une approche synoptique de ce qui se passe en cours d'averse.

L'équation de continuité permet d'écrire que l'intensité d'infiltration à la surface est sans arrêt égale à l'infiltration au niveau du front,



a) Phase d'assèchement



b) En cours d'averse

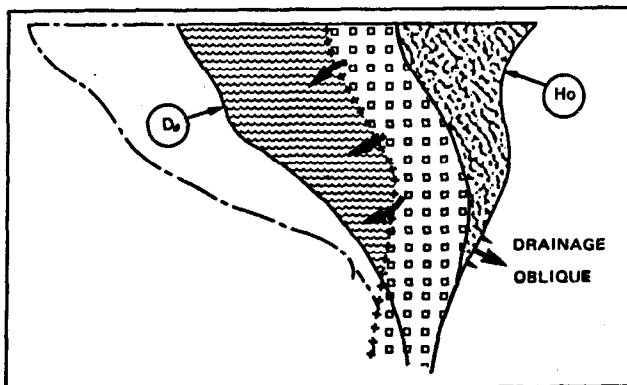
Fig. 7 CAS GÉNÉRAL : ÉVOLUTION D'UN PROFIL HYDRIQUE

LÉGENDE

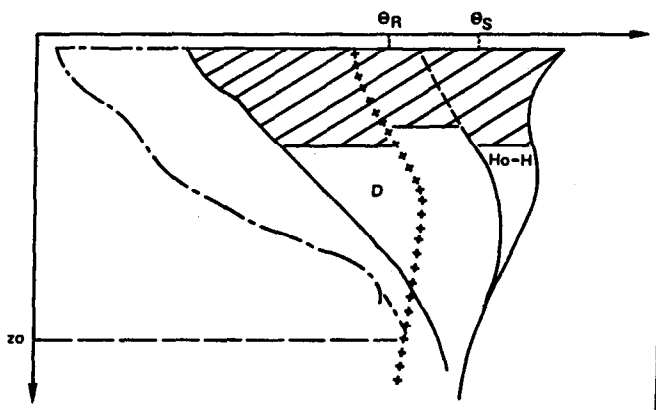
W : Eau disponible dans le sol

D : Déficit par rapport à l'état de rétention

$$W + D = DEFMAX$$



a) Décomposition en milieu homogène
+ réservoir de mise en charge Ho



b) Simplification : propagation horizontale du front d'humidité (EFFET PISTON)

LÉGENDE




-  Assèchement au-dessous de l'état de rétention
-  Saturation d'un milieu uniforme
-  Réservoir de mise en charge Ho

Fig. 8 SCHÉMATISATION DE LA DYNAMIQUE

si on admet que le front d'humectation se propage suivant le principe de l'EFFET PISTON. Si on décompose cette intensité d'infiltration en trois parties, une pour chaque "caisson", elle est égale à :

$$i = i_a + F_{I0} + i_s$$

F_{I0} est constant et caractérise le régime permanent.

$$i_a = \frac{dL}{dz} \frac{dz}{dt}$$

si L est la lame infiltrée dans le caisson de gauche. Mais $dL = -dD$ avec $D = D_0 e^{-\lambda t}$

$$i_a = \frac{dD}{dz} \frac{dz}{dt}$$

Différentielle totale puisqu'on se trouve dans un schéma à une dimension.

Le calcul est entièrement truqué et il est inutile de le prolonger puisqu'on avait décidé au départ de tomber sur des exponentielles. Il y a deux hypothèses à faire, l'une sur la propagation du front, l'autre sur la forme du profil et l'on peut toujours s'arranger pour faire des hypothèses dont le produit aboutisse à une exponentielle, sans pour autant trop choquer les théoriciens (3). Dans le cas où on fait :

$$dz/dt = cste$$

$$i_a = \lambda_1 D$$

et de la même façon dans le réservoir de sursaturation H_0

$$i_s = \lambda_2 (H_0 - H)$$

de sorte que l'infiltration sous pluie saturante peut s'écrire:

$$i = \lambda_1 D + F_{I0} + \lambda_2 (H_0 - H)$$

Cet algorithme qui correspond à peu près à une dynamique de HORTON fait intervenir les niveaux dans les réservoirs DEFMAX (RFU) et H_0 qui représente les interceptions de surface et de subsurface. Il a l'avantage de faire entrer en jeu des paramètres physiques directement mesurables, ou indirectement à partir de l'observation des débits de la rivière.

Ces paramètres sont au nombre de 6:

- DEFMAX c.a.d. la RFU(4), dimension de l'horizon végétal dans lequel on calcule le déficit D ,par le biais du calcul de l'ETR (5).

La valeur de λ_1 que j' appelle "gradient d'assèchement" précise la vitesse de la dynamique de rhéumidification de ce réservoir .Ce paramètre est lié au mode de prélèvement de l'eau dans le sol par les racines (6)

- FIo intensité d'infiltration en régime permanent lié aux caractéristiques des sols(mais lesquelles?).

- Ho réservoir de sursaturation qui représente à la fois les interceptions de surface et les interceptions de subsurface,et qui est ,en gros proportionnel au volume végétal (7)

Le gradient λ_2 que j'ai appelé "gradient de sursaturation",permet de préciser la part respective des différents type d'interceptions.en effet lorsque la valeur de ce paramètre est élevée,on est ramené à une interception de surface en tout ou rien,qui renvoie à des notions plus classiques.

- Il ne faut pas oublier un paramètre d'hétérogénéité spatial qui caractérise la distribution de la végétation et qui existe déjà au pas de temps journalier.

Calcul sur un pas de temps fini voir remarque (8)

Il apparait alors ,dans la formule de remplissage des reservoirs des coefficients de correction G1 et G2.Cette formule devient:

$$i = G1 \lambda_1 D + FIo + G2 \lambda_2 (Ho - H)$$

FONCTIONNEMENT SOUS DES PLUIES VARIABLES

On compare à chaque pas de temps la quantité de pluie à la quantité d'infiltration.

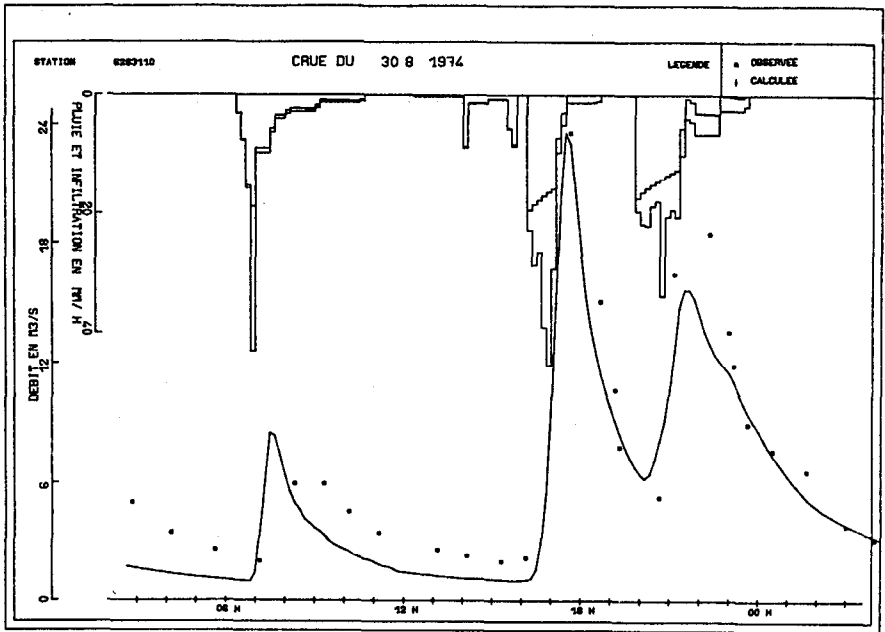
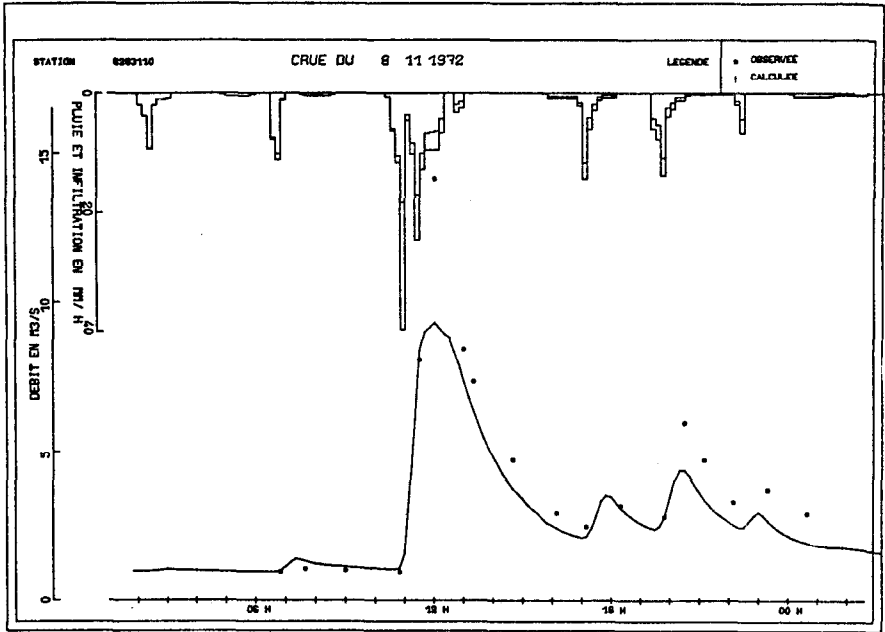
- Si $IP < G1 \lambda_1 D$, (voir remarque (8),on a de la réhumidification dans le réservoir DEFMAX et l'évolution se fait par la gestion du stock dans ce réservoir.

- Si $IP < G1 \lambda_1 D + FIo$,on a de la percolation ,mais cette quantité de percolation vient alimenter le réservoir DEFMAX tant que le déficit dans ce réservoir n'est pas nul.

- Si $IP > G1 \lambda_1 D + FIo$.Début de remplissage du réservoir Ho qui est géré séparément et qui produit de ressuyage rapide.

Le ruissellement n'apparait que lorsqu'on a :

$$IP > G1 \lambda_1 D + FIo + G2 \lambda_2 (Ho - H)$$



ANNEXE II - 2 - a Bassin de PETITE PLAINE Quelques belles crues