

31

M

CONFERENCE INTERAFRICAINNE
sur L' HYDROLOGIE

(NAIROBI, 16 - 26 Janvier 1961)

DOCUMENTATION

ANALYSE

INFLUENCE de la SATURATION du SOL sur le RUISSELLEMENT

par Pierre DUBREUIL

Hydrologue, Maitre de Recherches
à l' Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

et Pierre TOUCHEBEUF de LUSSIGNY
Ingénieur Hydrologue à Electricité de France

ORSTOM Fonds Documentaire
N° : 33 354
Cote : B

ORSTOM
HYDROLOGIE
DOCUMENTATION

70936

m

INFLUENCE de la SATURATION du SOL
sur le RUISSELLEMENT SUPERFICIEL



Par Pierre DUREUIL

Hydrologue, Maître de Recherches
à l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

et

Par Pierre TOUCHEREUF de LUSSIGNY
Ingénieur Hydrologue à Electricité de France

ORSTOM
HYDROLOGIE
DOCUMENTATION

70936

août 1960

CONFERENCE INTERAFRICAINNE
sur l'HYDROLOGIE

(NAIROBI, 16 - 26 Janvier 1961)

INFLUENCE de la SATURATION du SOL
sur le RUISSELLEMENT SUPERFICIEL

Sur des petits bassins versants de quelques dizaines de km² (environ 10 sq. miles), l'importance d'une crue dépend non seulement de l'averse causale mais aussi de l'état de saturation préalable du sol. Les auteurs cherchent à représenter cette saturation à l'aide de plusieurs éléments chiffrables : débit de base du cours d'eau, précipitation antérieure, intervalle de temps à la pluie précédente... etc... Leur rapport comprend 2 exemples typiques de bassins versants aux crues très influencées par l'état de saturation : celui de la LHOTO, très perméable, où c'est la somme des pluies antérieures de 2 mois qui représente le mieux cet état ; celui de la TERO caractéristique de la grande variabilité des coefficients de ruissellement sur sols latéritiques sous savane. Ils suggèrent la nécessité pour l'estimation des crues exceptionnelles de considérer tous les couples de valeurs "Pluie - Etat de Saturation" dont la probabilité globale correspondrait à celle de la crue recherchée, et de retenir pour celle-ci le plus fort ruissellement calculé.

Ils concluent à la possibilité de définir un indice de saturation adapté à chaque bassin étudié, mais de forme variable.

C'est un fait bien connu qu'une averse tombant sur un sol détrempé donne lieu à un ruissellement superficiel plus important que la même averse survenant après une période de sécheresse. Ce phénomène classique varie cependant beaucoup dans ses modalités, suivant le climat, la végétation et la nature du sol. Nous voudrions examiner ici l'influence de la saturation sur le ruissellement superficiel dans quelques cas particuliers que nous avons eu l'occasion d'étudier récemment.

La première question qui se pose est de savoir comment on peut caractériser, d'une façon à la fois simple et suffisamment précise, la saturation d'un bassin à un moment donné. Nous envisageons ici uniquement le cas de petits bassins, d'une superficie de quelques dizaines de km² (about 10 sq. miles), pour lesquels la saturation peut être considéré comme relativement homogène sur toute leur étendue.

On pourrait songer à prélever sur le terrain une série d'échantillons de la couche superficielle du sol et à mesurer leur teneur en humidité. La moyenne des mesures tiendrait lieu d'indice de saturation. En fait, cette méthode serait très laborieuse et n'est pratiquement pas utilisée.

Dans certains cas, le "débit de base" observé à l'exutoire du bassin immédiatement avant le début de l'averse, peut constituer un bon indice de saturation. Le débit de base dépend, en effet, du remplissage des nappes souterraines qui est lui-même, sous certaines conditions, en relation plus ou moins étroite avec la saturation des couches superficielles du sol. Il est nécessaire que le volume des nappes soit peu important et que le cheminement des eaux d'infiltration soit assez rapide ; sinon, les variations du débit de base ne reflètent les conditions de saturation que d'une façon très amortie et avec un décalage qui peut atteindre plusieurs jours ou plusieurs semaines, voire même plusieurs mois. Bien que d'un usage très pratique, le débit de base ne peut donc pas être utilisé dans la totalité des cas. D'ailleurs, sous les climats subdésertiques ou sahéliens, il est presque toujours nul, ce qui exclut son emploi.

On peut alors essayer de définir un indice de saturation en fonction des précipitations antérieures à l'averse considérée. La forme la plus générale de cet indice est la suivante :

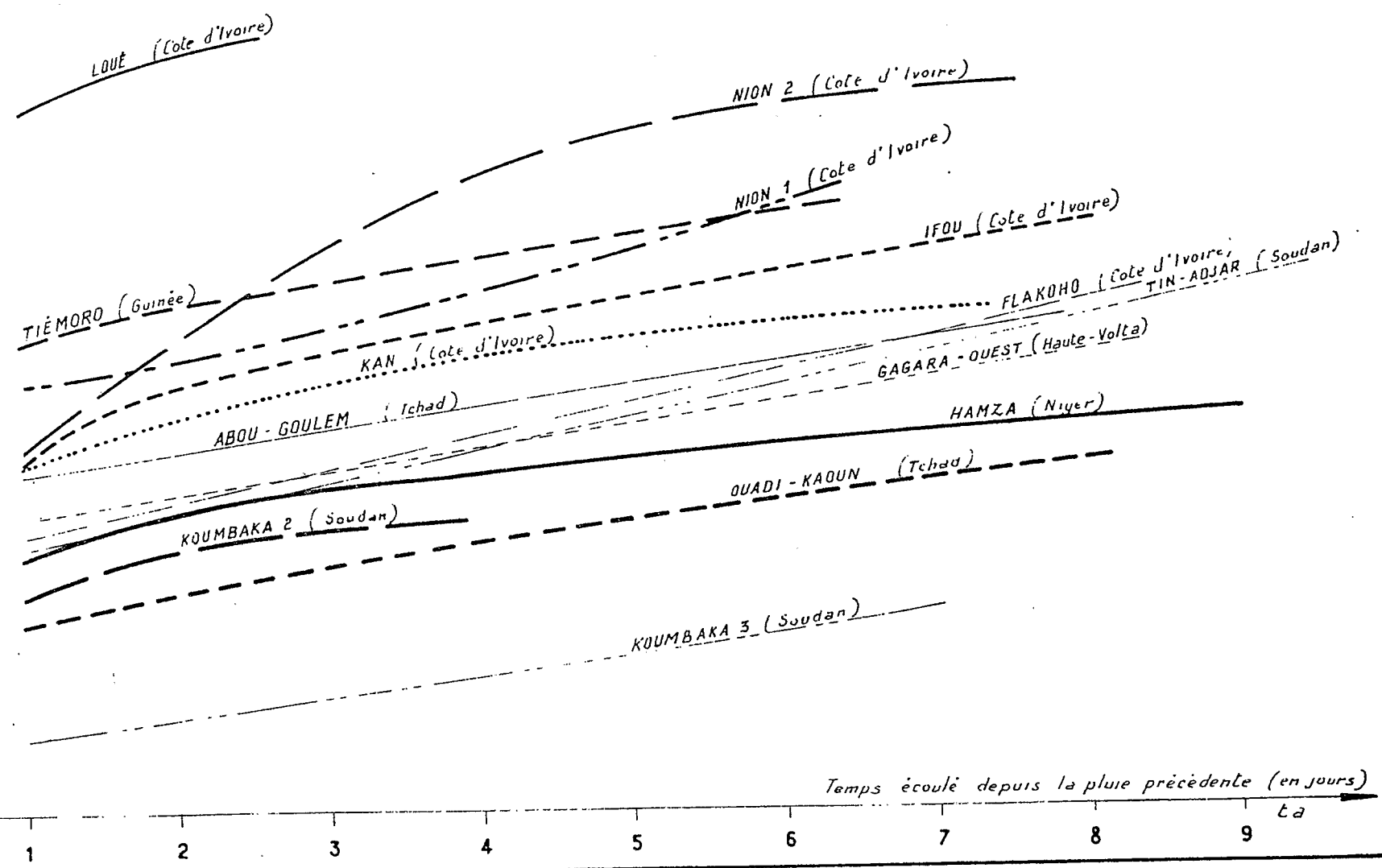
$$I_s = a_1 \cdot P_1 + a_2 \cdot P_2 + \dots + a_n \cdot P_n$$

P_1, P_2, \dots, P_n étant les précipitations enregistrées les ler.

bassins expérimentaux, pour lesquels il a été possible d'établir
une courbe de la "précipitation limite de ruissellement" Po

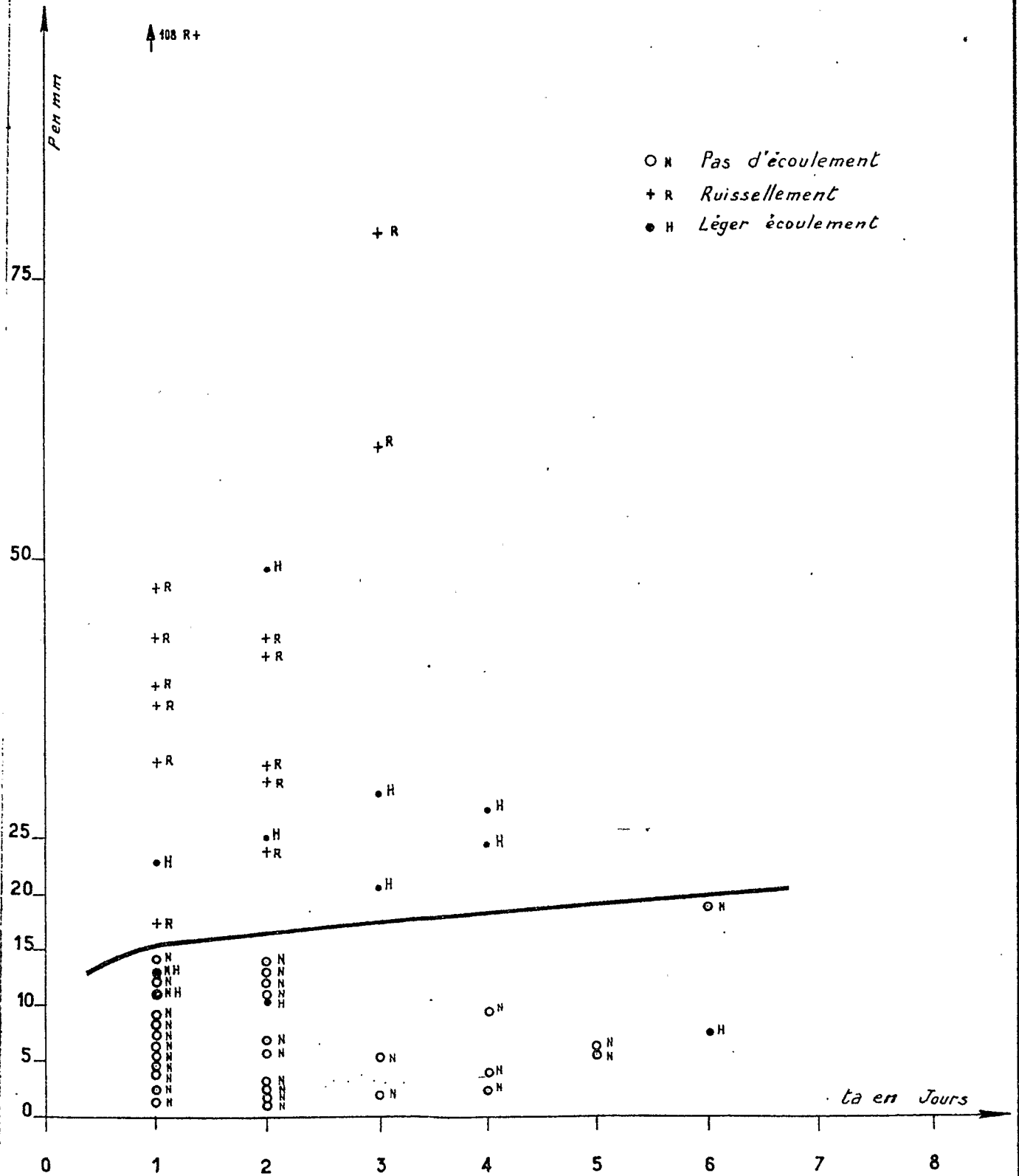
PRÉCIPITATION LIMITE DE RUISSELLEMENT
 (ou " PLUIE D'IMBIBITION ") pour
 DIFFÉRENTS BASSINS VERSANTS EXPÉRIMENTAUX

Précipitation limite en mm P.O



Temps écoulé depuis la pluie précédente (en jours) t

PRÉCIPITATION LIMITE D'ÉCOULEMENT SUR LE BASSIN DU TIÉMORO



trente-quatre crues, certaines ayant été provoquées par des pluies inférieures à 30 mm (1.2 in.). En 1958, le ruissellement a été à nouveau totalement nul. Enfin, en 1959, vingt-deux crues ont pu être enregistrées, dont une consécutive à une pluie de 12 mm (.47 in.) seulement.

De toute évidence, l'état de saturation joue un rôle prépondérant dans le ruissellement de ce bassin ; ce fait s'explique par la présence d'arènes et de colluvions granitiques très perméables, qui reposent sur un substratum imperméable et dont le drainage est lent. Le ruissellement ne peut devenir effectif que lorsque ces arènes commencent à être gorgées d'eau, ce qui nécessite un total de précipitations de plus de 200 mm (7.9 in.) pendant les deux mois précédents. Après quelques tâtonnements, on a pu, en effet, établir une courbe de la "précipitations limite de ruissellement" P_n en fonction, non point de la durée t_n , mais du total pluviométrique des 60 jours précédents. Cette courbe conduit aux résultats suivants :

$P_o = 4 \text{ mm (.16 in.)}$	pour	$\begin{matrix} 60 \\ 1 \end{matrix}$	$P_n > 350 \text{ mm (13.8 in.)}$
$P_o = 10 \text{ mm (.39 in.)}$	pour	$\begin{matrix} 60 \\ 1 \end{matrix}$	$P_n = 260 \text{ mm (10.2 in.)}$
$P_o = 20 \text{ mm (.79 in.)}$	pour	$\begin{matrix} 60 \\ 1 \end{matrix}$	$P_n = 230 \text{ mm (9.1 in.)}$
P_o	pour	$\begin{matrix} 60 \\ 1 \end{matrix}$	$P_n = 200 \text{ mm (7.9 in.)}$

L'étude du bassin de la LHOTO met en évidence d'une

toute rigueur, on doit, dans le cas le plus général, établir non seulement la loi de probabilité $F(P)$ dépassement de telle hauteur d'averse, mais également la loi de probabilité $F'(I_s)$ de dépassement de tel état de saturation. Parmi tous les couples de valeur (P, I_s) dont la probabilité globale $F \cdot F'$ est égale à la valeur considérée (décennale, par exemple), il y a alors lieu d'examiner celui qui conduit au plus fort débit de crue.

Nous avons eu récemment l'occasion d'effectuer une étude statistique de la répartition dans le temps des précipitations observées pendant une trentaine d'années à trois stations d'AFRIQUE OCCIDENTALE (KANKAN, SIGUIRI et BERKES-BOUGOU) qui sont soumises à des climats voisins, du type "tropical de transition". Cette étude a fait apparaître que l'intervalle médian entre deux averses consécutives était de deux jours. Si une courbe $P_0(t)$, analogue à celle du graphique 1, peut être adoptée pour un bassin situé sous ce type de climat, on voit que l'indice de saturation médian est très peu différent de l'indice de saturation le plus favorable au ruissellement (celui qui correspond à un intervalle d'un jour). Dans ce cas, il est évidemment tout à fait justifié d'admettre que la crue décennale est provoquée par une averse décennale survenant dans des conditions de saturation médianes.

Pour le bassin de la LHOTO, la loi de perméabilité de l'indice de saturation $\sum_{i=1}^{60} P_i$ n'a pas encore pu être établie

de façon précise, mais il est vraisemblable que l'indice de saturation médian admettrait une valeur inférieure à 200 mm (7.5 %) et conduirait de ce fait à un ruissellement nul pour l'averse décennale. Il y aurait donc lieu de considérer d'autres couples de valeurs (P, I_s) correspondant à la même probabilité globale $F \cdot F'$ que le couple "Pluie décennale - Indice de saturation médian".

Si N désigne le nombre moyen d'averses observées annuellement, on a pour ce dernier couple :

$$F = \frac{1}{10 \cdot N}$$

$$F' = \frac{1}{2}$$

$$F \cdot F' = \frac{1}{20 \cdot N}$$

On devrait donc examiner la série des couples correspondant aux fréquences suivantes :

$$F = \frac{2}{10 N} \quad \text{et} \quad F' = \frac{1}{4}$$

$$F = \frac{3}{10 N} \quad \text{et} \quad F' = \frac{1}{6}$$

$$F = \frac{n}{10 N} \quad \text{et} \quad F' = \frac{1}{2n}$$

et retenir, pour l'évaluation de la crue décennale, le couple qui donne lieu au plus fort débit de ruissellement.

Nous n'insisterons pas davantage sur le bassin de la NIOTO, notre but étant simplement d'attirer l'attention sur le rôle important de l'état de saturation dans le ruissellement superficiel. Pour terminer, nous illustrerons l'influence de la saturation par un dernier exemple particulièrement typique, tiré de nos observations sur le bassin expérimental de la TERO qui est situé au DAHOMEY, dans la région de DJOUGOU. Les cinq plus fortes averse observées sur ce bassin d'une superficie de 32 km² (12.4 sq. miles), ont donné les résultats suivants :

Date	Pluie moyenne	Intervalle ta	Débit de Base	Débit de crue maximale	Coefficient de ruissellement
	mm (in.)	jours	m ³ /s (cuft/sec)	m ³ /s (cuft/sec)	%
21-6-1956	112 4.4	1	0 0	235 83	3,2
23-5-1957	91 3.6	2	0,12 4.2	3,47 123	6,4

Date	Pluie moyenne	Intervalle ta	Débit de Base	Débit de crue maximale	Coefficient de ruissellement
	mm (in.)	jours	m ³ /s (cwt/sec)	m ³ /s (cwt/sec)	%
5-9-1957	120 4.7	2	1,9 67	19,2 678	26,1
7-9-1957	97 3.8	2	2,5 88	27,2 962	30,9
27-9-1957	103 4.1	5	0,85 30	15 530	16,1

On remarque immédiatement que pour des précipitations assez voisines, comprises entre 90 et 120 mm (3.5 and 4.7 in.), le coefficient de ruissellement peut osciller de 3 à 30 %, c'est-à-dire varier dans le rapport de 1 à 10, suivant l'état de saturation. On voit quelle erreur grossière aurait pu être commise dans l'évaluation des crues exceptionnelles, si les observations du bassin avaient été limitées à la seule année 1956, qui n'a