

PIID (01) 14  
Point de l'ordre du  
jour : I.1.

le 2 Décembre 1960

CONFERENCE INTERAFRICAINNE SUR L'HYDROLOGIE  
(Nairobi, 16 - 26 Janvier 1961)

-----  
ESSAIS DE DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES  
PRINCIPALES DES AVERSES DECENNALES DANS LES  
REGIONS SAHELO-SOUDANIENNES DE L'AFRIQUE DE L'OU

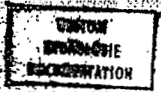
par J. RODIER

Ingénieur en Chef à Electricité de France

Chef du Service Hydrologique de  
l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-M

Coordinateur du Réseau de Correspondants de :  
la Commission de Coopération Technique en Afrique au Sud d  
, pour l'Hydrologie

Hydrologie +  
Conférence hydrologie



70941

ORSTOM Fonds Documentaire  
N° : 33883  
Cote : B

11 SEP. 1992

L'étude des crues des petits cours d'eau exige la connaissance approfondie des averse. Les conditions climatologiques sont telles que la hauteur de ces averse peut être déterminée directement à partir des relevés pluviométriques de 24 heures par la méthode de station. Dans certains cas particulièrement simples, il a été possible de définir une forme type de hyétoqramme.

Pour l'étude du cas général, l'analyse des 14 averse les plus fortes observées entre 40 mm et 125 mm (3.2 and 4.9 inches) permet de préciser la hauteur moyenne de la pluie utile et sa durée qui sont respectivement :

- de 85 % de la hauteur totale et de 90 minutes pour un seuil de 20 mm (.8 inches) ;
- de 75 % de la hauteur totale et de 55 minutes pour un seuil de 40 mm (1.6 inches).

Les études de crues sur des bassins de petites superficies nécessitent une connaissance approfondie des phénomènes du ruissellement, lequel dépend en tout premier lieu de l'intensité des averse. Il importe donc de dégager les caractères principaux des diagrammes d'intensité de ces averse, ou hyétoqrammes.

Le Service Hydrologique de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer a été amené à calculer, à de nombreuses reprises, ces caractéristiques sur l'étendue de la région sahélo-soudanienne entre DAKAR et le DARFOUR. Il a semblé intéressant de présenter quelques données quantitatives concernant les diagrammes des averse de fréquence décennale, tout au moins pour la partie de cette zone comprise entre les isohyètes 500 mm (11.8 inches) au Nord et 1 000 mm (39.4 inches) au Sud.

Les averse génératrices de fortes crues présentent, dans le cas le plus fréquent, les caractères suivants : il s'agit d'averse uniques à pointe simple et parfois à pointes multiples au Sud de l'isohyète 500 mm.

On rencontre bien, parmi les fortes averse, des averse doubles ou triples, les averse élémentaires étant séparées par au moins une heure, mais elles sont en moins grand nombre que les averse simples et on peut les négliger, sans que cela risque de créer de sources d'erreurs pour l'estimation des crues avec ténelles.

Ces averses tropicales surviennent l'après-midi ou la nuit, de sorte qu'il est rare que le relevé du pluviomètre vienne "couper en deux" une averse. L'étude des averses individuelles se ramène donc à l'étude des averses de 24 heures.

La hauteur des averses décennales peut se déterminer facilement grâce à la méthode des stations-années. L'étude systématique est encore en cours, de sorte qu'il n'est pas possible, actuellement, de fournir un tableau, un diagramme ou une carte donnant avec précision la hauteur des précipitations décennales pour les différents points de la zone étudiée, mais des études particulières permettent de préciser qu'elles varient de 90 mm (3.5 inches) au Nord, à 120 mm (4.7 inches) au Sud. On voit que l'intervalle de variations est beaucoup plus faible que celui des variations annuelles c'est pourquoi, comme on le verra plus loin, il est possible de donner le résultat de l'étude du diagramme de l'intensité pour une hauteur unique de précipitation de 110 mm (4.3 inches).

Les diagrammes d'intensité présentent, pour ces tornades, des formes similaires. L'averse type comprend, après une très courte ondée préliminaire, un corps donnant lieu seul au ruissellement et une traîne assez longue qui ne produit que des phénomènes d'écoulement tout à fait secondaires. Dans certaines régions du Nord de la zone étudiée, notamment en MAURITANIE, le corps de l'averse ne présente qu'une pointe et la forme du histogramme varie fort peu d'une averse à l'autre. Il a été possible de faire beaucoup mieux que de donner une simple courbe intensité-durée, on a établi une forme type de l'averse décennale par une série de diagrammes que nous reproduisons ci-dessous. Une note plus détaillée (1) a été présentée à ce sujet à la Réunion de YAGBOS (17 - 21 Novembre 1959).

Mais, pour l'ensemble de la zone sahélo-soudanienne, les données sont beaucoup moins nombreuses et nous devons, au contraire, employer un procédé plus primitif que celui des courbes intensité-durée.

Dans ce cas général, en effet, le corps, au lieu de présenter une pointe unique, peut présenter des pointes multiples et les formes d'averses varient beaucoup plus que ce n'est le cas pour les averses de MAURITANIE, surtout dans le Sud. On considère la pluie utile, c'est-à-dire une averse que l'on déduit de l'averse réelle, en retranchant du diagramme d'intensité ou histogramme, toutes les portions à faible intensité. En fait, on définit un seuil d'intensité fonction de la porosité du

---

(1) "Etudes sur bassins expérimentaux dans les territoires africains de la communauté" par E. J. RABIER et R. C. AUVRAY.

terrain à étudier : par exemple 10 mm/h (0.4 inch per hour) s'il est imperméable ou 40 mm/h (1.6 inch/h.) s'il est très perméable. On conçoit que la partie préliminaire de l'averse, à faible intensité, ne donne pas lieu à ruissellement et parfois même à évaporation, le terrain non plus. Donc, en remplaçant la pluie réelle par la pluie utile, il serait possible d'obtenir le même diagramme de ruissellement. Il s'ensuit que les corrélations entre coefficient de ruissellement et pluie utile sont meilleures qu'avec les pluies réelles.

Il convient de définir, pour les averses exceptionnelles, les valeurs les plus fréquentes des principales caractéristiques de la pluie utile : sa durée et son importance par rapport à la pluie réelle.

A cet effet, nous avons étudié les 14 averses les plus fortes observées sur les bassins expérimentaux de la zone étudiée depuis 1954. La période 1954-1959 ayant présenté de très fortes averses (surtout en 1958), cet échantillon comporte des averses dont la période de retour est certainement supérieure à 10 ans. Toutes sont de hauteur supérieure à 30 mm (3.8 inches).

Les diagrammes d'intensité de ces averses ont été découpés en tranches de 10 mm/h (0.4 inch per hour). Le procédé est un peu brutal, mais une plus grande précision serait inutile pour la détermination des valeurs moyennes que nous cherchons. C'est ainsi que l'averse très intense, observée le 5 septembre 1957 à MOUZAIA (total de 96,0 mm) (3.8 inches), est analysée de la façon suivante :

Intensité In/h	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,1	3,5	3,9	4,7	5,9	7,1	7,9
Intensité mm/h	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	150	180	200
Durée min.	52	40	40	35	35	35	35	30	25	20	15	10	10	5

On détermine également la valeur de la pluie utile correspondant à un seuil d'intensité de 30 mm/h (0,8 in/h), soit 36,1 mm (38,9 in.) pour l'averse précitée et le rapport pluie utile (ici : 90 %).  
pluie réelle

Il est essentiel de comparer des diagrammes correspondant à une même hauteur de précipitation, c'est pourquoi les données précédentes sont ramenées à une hauteur de pluie standard prise égale à 110 mm (4,3 in.). Pour ce faire, on multiplie intensités et durées par le même rapport  $\sqrt{\frac{110}{P}}$ , P étant la hauteur utile de l'averse en mm. Comme les 14 averses étudiées présentent des hauteurs variant entre 80 et 123,5 mm, les corrections ainsi effectuées sont relativement faibles, ce qui justifie le procédé primitif employé.

Durée de la pluie utile :

Si l'on classe par ordre décroissant les quatorze durées de pluie utile Pu 20, on obtient les résultats suivants :

165'	104'	70'
140'	98'	69'
130'	81'	50'
106'	80'	45'
	79'	
	76'	

Avec un si faible nombre d'observations, il serait illusoire de chercher à déterminer la valeur médiane par des procédés statistiques classiques.

Un procédé simple permet d'en obtenir une bonne approximation. Les quatre valeurs les plus fortes et les quatre plus faibles ayant été éliminées, on ne conserve que les 6 valeurs centrales dont on prend la médiane, soit très sensiblement 90 minutes.

Pour la pluie utile correspondant à 40 mm/h (1.6 in./h.) la valeur médiane calculée de la même façon est de 55 minutes environ.

Hauteur de pluie utile :

Le classement des valeurs de pluie utile arrêtées à 20 mm/h (.8 in./h.) est le suivant :

109 mm (4.3")	92 mm (3.9")	78 mm (3.1")
109 " (4.3")	95 mm (3.7")	75 mm (2.9")
105 " (4.1")	92 " (3.6")	70 " (2.8")
98 " (3.9")	90 " (3.5")	59 " (2.3")
	89 " (3.4")	
	85 " (3.3")	

La dispersion est beaucoup plus faible que pour la durée. La valeur médiane déterminée comme plus haut est de 92 mm (3.6 in.), soit 85 % environ de la pluie totale.

Si l'on prend en considération le seuil de 40 mm/h (1.6 in./h.), le classement est le suivant :

105 mm (4.1")	92 mm (3.6")	66 mm (2.4")
97 " (3.8")	85 " (3.3")	55 " (2.2")
95 " (3.7")	85 " (3.3")	44 " (1.7")
93 " (3.6")	81 " (3.2")	37 " (1.5")
	74 " (2.9")	
	71 " (2.8")	

La valeur médiane est de 82 mm (3.2 inches), soit près de 75 % de la pluie totale. La dispersion est plus élevée que dans le cas précédent.

#### Intensités maximales :

Ces études ont permis de recueillir des données intéressantes sur les intensités maximales. Il semble imprudent de donner des chiffres pour des pointes instantanées. Le matériel dont disposent les chercheurs et surtout la qualité des observations ne permettent guère, en général, de déterminer des intensités moyennes pour des durées inférieures à 5 minutes, sauf dans le cas de stations météorologiques équipées de façon très complète pour les observations pluviométriques. Il n'y en a pas dans la zone étudiée. Mais cette durée est assez brève pour de très nombreuses applications.

De l'ensemble des observations effectuées sur nos pluviographes de vis 1954, on peut déduire les valeurs approximatives suivantes pour la zone comprise entre les isohyètes 300 mm et 1 000 mm (11.8 and 39.4 inches).

Valeurs décennales des intensités moyennes pour les durées suivantes :

5 minutes	220 mm/heure	(8.7 inches/h.)
10 minutes	180 mm/heure	(7.1 inches/h.)
15 minutes	150 mm/heure	(5.9 inches/h.)

Ces chiffres doivent être considérés comme des ordres de grandeur. Ils ont tous été effectivement observés, au moins une fois, mais la faible durée des observations rend difficile l'appréciation de la fréquence.

RECOMMANDATIONS :

En attendant que les études systématiques entreprises permettent de déterminer les hauteurs de précipitations décennales et les courbes intensité-durée correspondantes pour toute la zone climatique comprise entre les isohyètes 300 et 1 000 mm (11.8 et 39.4 in.) et entre DAKAR et le SUDAN, on pourra adopter les valeurs suivantes :

- Pluie utile pour un seuil de 30 mm (.8 in.) durée : 90 minutes ; hauteur 85 % de la pluie totale (environ 1 mm (.04 in.) par minute).
- Pluie utile pour un seuil de 40 mm (1.6 in.) durée : 55 minutes ; hauteur 75 % de la pluie utile.

Ces chiffres sont applicables sans restriction pour des hauteurs de pluie décennale comprises entre 100 et 120 mm (3.9 et 4.7 in.).

Si la pluie décennale est inférieure à 100 mm (3.9 in.), le rapport  $\frac{\text{pluie utile}}{\text{pluie totale}}$  est encore valable, mais la durée est plus courte, il faudrait d'ailleurs des études complémentaires pour préciser la réduction à opérer, sauf dans le cas du Sud de la SAHARA déjà étudié de façon approfondie.

Le littoral du SAHARA, dont le régime d'averses est tout à fait différent, ne présente pas d'averses exceptionnelles pour lesquelles ces données soient applicables.

Certaines zones d'Afrique australe présentent des tornades de même type que celles des régions tropicales de l'hémisphère Nord. Il est fort probable qu'il serait possible d'y trouver des résultats analogues correspondant à l'Amérique. Les plus récentes études de ce genre effectuées dans l'ouest de l'AFRIQUE.



TABLEAU I

REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE DES HYETOGRAMMES  
DES 14 AVERSES OBSERVEES.

Pu correspond à u  
seuil de 20 mm/h.  
(.8 in./h.)

Inches/h.	Intensités mm/h	MAYO-KERENG 28-7-55	BOULORE 17-7-54	KOUMBAKA 5-9-56	KOUMBAKA 18-8-56	KOUMBAKA 3-9-57	KOUMBAKA 29-7-57	GAGARA 31-7-56	GAGARA 20-8-56	GAGARA 1-9-56	TIN-ADJAR 12-8-56	DOUNFING 11-9-55	DOUNFING 28-7-55	MAGGIA 22-8-56	MAGGIA 16-8-58
.4	10	92'	145'	70'	110'	52'	100'	65'	90'	240'	95'	204'	168'	165'	182'
.8	20	92'	98'	65'	110'	40'	75'	60'	70'	135'	70'	70'	138'	40'	160'
1.2	30	56'	90'	55'	95'	40'	47'	55'	60'	80'	70'	49'	106'	30'	160'
1.6	40	56'	90'	40'	80'	35'	35'	45'	40'	45'	60'	14'	72'	20'	155'
2	50	56'		35'	60'	35'	15'	35'	30'	30'	50'	6'	34'	20'	65'
2.4	60	33'		30'	50'	35'	15'	35'	25'	30'	50'	6'	34'	20'	52'
2.8	70	33'		25'	45'	35'	10'	35'	10'	20'	45'	6'	12'	20'	36'
3.1	80	33'		20'	30'	30'	10'	35'	10'	12'	35'	6'	12'	20'	36'
3.5	90	33'		15'	30'	25'	10'	20'	10'	12'	30'	6'	5'	20'	30'
3.9	100	14'		5'	20'	20'	10'	20'	5'		20'	6'		20'	30'
4.7	120				15'	15'	5'	15'	5'		10'			5'	12'
5.9	150				5'	10'		5'						5'	12'
7.1	180					10'									
7.9	200					5'									
mm. in.	Pu	95,4 37.6	61,7 24.3	64,5 25.4	123 48.5	86,1 38.9	66,3 21.1	74,9 29.5	68,9 27.2	83,0 32.7	90,3 35.6	45,4 17.0	95,6 37.7	50,5 19.0	101,6 40
	Pu %	99	77	80	99	90	66	89	84	71	83	53	90	63	95

TABLEAU II

Inches/h.	Intensités mm/m.	MAYO-KERENG 28-7-55	BOULORE 17-7-54	KOUMBAKA 5-9-56	KOUMBAKA 18-8-56	KOUMBAKA 3-9-57	KOUMBAKA 29-7-57	GAGARA 31-7-56	GAGARA 20-8-56	GAGARA 1-9-56	TIN-ADJAR 12-8-56	DOUNFING 11-9-55	DOUNFING 28-7-55	MAGGIA 22-8-56	MAGGIA 16-8-58
.4	10	98	170	82	104	56	105	74	104	233	95	232	171	193	185
.8	20	98	106	76	104	43	79	69	81	130	70	80	140	50	165
1.2	30	60	106	64	90	43	50	63	70	75	70	68	110	41	163
1.6	40	60	106	47	76	39	37	57	58	42	60	36	75	29	160
2.	50	60	90	44	55	38	17	42	43	27	50	10	37	23	67
2.4	60	48		40	45	38	16	40	32	27	50	7	35	23	55
2.8	70	35		35	41	38	11	40	32	18	45	7	13	23	37
3.1	80	35		29	28	33	11	40	12	10	35	7	13	23	37
3.5	90	35		24	25	28	11	40	12	10	30	7	5	23	32
3.9	100	20		18	17	24	11	23	12		20	7		23	31
4.7	120			5	13	21	8	23	5		10	7		23	13
5.9	150				2	11		15						6	12
7.1	180					11		5							
7.9	200					11									
Pu <sub>8</sub> mm: Pu <sub>20</sub> in:		109 43	85 33.5	88 34.7	109 43	95 37.4	73 28.7	98 38.6	92 36.2	78 28.8	90 35.5	59 23.2	98 38.6	70 27.6	105 41.3
Pu <sub>1.6</sub> mm: Pu <sub>40</sub> in:		95 37.4	85	74 29.2	97 38.2	93 36.6	55 21.6	92 36.2	81 37.9	44 17.3	85 33.5	37 14.6	71 28	60 23.6	103 40.6