

21

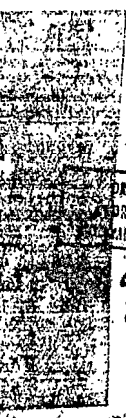
M

SODDAN FRANCAIS  
 TRAVAUX PUBLICS  
 2ème ARRONDISSEMENT  
 HYDRAULIQUE ET ELECTRICITE

DOCUMENTATION

ANALYSE

METHODE ANALYTIQUE DE DETERMINATION DES CRUES  
 (PETITS BASSINS VERSANTS)  
 "METHODE DES " HYDROGRAMMES UNIFAIRES"  
 GENERALITES



ORSTOM  
 PROLOGIE  
 DOCUMENTATION

916

70916

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 33 360

Cote : B

M

DOCUMENTATION

METHODE ANALYTIQUE DE DETERMINATION  
DES CRUES  
(PETITS BASSINS VERSANTS)

METHODE DES "HYDROGRAMMES UNITAIRES"

GENERALITES

ORSTOM  
HYDROLOGIE  
DOCUMENTATION

70916

DETERMINATION DES CRUES EXCEPTIONNELLES  
CONCERNANT LES PETITS BASSINS VERSANTS  
(inférieurs à 100 Km<sup>2</sup>)

METHODE ANALYTIQUE DES HYDROGRAMMES UNITAIRES  
RAPPEL DES GENERALITES

Les méthodes analytiques directes par opposition aux méthodes statistiques indirectes sont basées sur les résultats d'études poussées sur un bassin donné des corrélations entre les pluies et les débits. D'une pluie donnée en volume et en intensité on veut déduire le débit de crue atteint à la station envisagée.

Pour qu'une averse donne naissance à un ruissellement effectif il est nécessaire que l'intensité de cette précipitation dépasse la capacité d'absorption du bassin exprimée en millimètres par heure. Cette capacité d'absorption C dépend des principaux facteurs suivants :

- 1 - Nature physique du bassin
- 2 - Etat de saturation du bassin au moment de l'averse
- 3 - Durée de l'averse
- 4 - Conditions climatiques du moment

L'appréciation de la valeur de C est, nous le verrons plus loin, le seul point délicat de la méthode. Il faut pour le faire disposer d'un certain nombre d'hydrogrammes dits "unitaires" expérimentaux.

On appelle hydrogramme unitaire la courbe des débits en fonction du temps enregistrée à la station étudiée à la suite d'une averse dite unitaire répondant aux caractéristiques suivantes :

1°) Hyétogramme se rapprochant le plus possible du rectangle théorique (Hyétogramme est le diagramme Intensité de la pluie (I) en fonction du temps).

2°) Durée de la pluie très faible devant celle de la montée des eaux (temps  $t_2$ ) si possible inférieure à la moitié de  $t_2$  - Théoriquement infiniment courte.

3°) Intensité de la pluie supérieure à la capacité d'absorption  $C$  (condition sine qua non pour que le diagramme soit dit unitaire). La théorie des diagrammes unitaires n'étant valable que pour les débits provenant du ruissellement.

Si ces conditions sont remplies, les diagrammes unitaires obtenus pour des averses d'intensités variables, possèdent les propriétés suivantes :

1°) La forme des diagrammes est spécifique du bassin étudié.

2°) Si l'échelle des temps utilisée est la même, tous les diagrammes se déduisent les uns des autres par simples dilatations d'ordonnées dans le rapport des volumes de ruissellement écoulés.

3°) Conséquence de 2°/- Les diagrammes de distribution en pourcentage c'est à dire la répartition des volumes écoulés effectivement à la station pour des tranches de temps égales (Exemple : Première portion de dix minutes 2% - Deuxième portion de 10 minutes 8% - Troisième dix minutes 23% etc...) sont les mêmes pour tous les diagrammes unitaires.

Il existe donc un diagramme de distribution en pourcentage, unique pour la station et valable pour toutes les averses unitaires.

Que se passe-t-il si l'averse présente une intensité  $I$  inférieure à la capacité d'absorption  $C$  du moment ?

- Il n'y a pas ruissellement sur le bassin.
- Le volume des précipitations se répartit comme suit :

1°) Pertes par évaporation au sol.

2°) Pertes par emmagasinement de l'eau dans les feuilles, dans les interstices superficiels du sol (évaporation potentielle), dans les fonds de marais étanches, dans les creux de rochers etc...

3°) Ecoulement hypodermique (circulation très lente de l'eau sous la végétation, et dans les couches supérieures du sol).

4°) Infiltration profonde et alimentation des nappes.

5°) Eau tombée sur la surface libre du marigot et ruissellement inévitable sur les berges à proximité immédiate du lit (causes souvent d'une petite pointe de débit précédant le diagramme proprement dit).

Les volumes d'eau relatifs aux paragraphes 3, 4 et 5 se retrouvent sous forme d'une augmentation du débit d'écoulement à la station (courbe d'infiltration).

Si l'averse envisagée est telle que l'intensité de pluie égale la capacité d'absorption, il n'y aura toujours pas ruissellement effectif sur le bassin, mais la courbe des débits en fonction du temps relevée à la station est alors une courbe limite appelée courbe de recession. Il va de soi, que le fait de tomber expérimentalement sur cette courbe tient du miracle. En pratique on la détermine par approximations en enregistrant des diagrammes non unitaires correspondant à des averses ne donnant lieu à aucun ruissellement.

Il reste bien entendu que la théorie énoncée précédemment ne s'applique qu'aux hydrogrammes unitaires

La courbe de recession n'est pas unique puisqu'elle dépend de la valeur de la capacité d'absorption au moment de l'averse.

On peut, pour chaque hydrogramme unitaire construire la courbe de recession correspondante, l'indécision de cette construction n'entraîne d'ailleurs pas de grosses erreurs dans le calcul du volume de ruissellement pur.

Ce dernier se détermine facilement, étant proportionnel à l'aire  $S$  comprise entre l'hydrogramme unitaire et la courbe de recession correspondante.

Ce volume comparé au volume total de la précipitation donne le déficit d'écoulement et par construction sur l'hyétochrome de la portion de surface relative au ruissellement il est facile de déterminer la valeur de  $C$  correspondant à cette averse unitaire.

On conçoit que pour plusieurs averses on puisse ainsi apprécier les valeurs de  $C$  et construire, toutes choses égales par ailleurs les variations de  $C$  en fonction de la durée de la pluie - (cas d'une pluie composée de plusieurs averses unitaires).

Le temps  $t_2$  (déjà défini) et  $t_1$  ("lag" des auteurs Américains) qui s'écoule entre le centre de gravité de l'averse unitaire et le paroxysme de la crue sont théoriquement des constantes caractéristiques du bassin indépendantes de  $I$  mm/H. En pratique il y a des variations dues au degré de saturation du bassin (pluies antérieures à la pluie étudiée) et à la durée propre de la pluie.

Problème : Soit à déterminer la valeur du maximum de crue faisant suite à une averse donnée sur un bassin donné :

On suppose connu pour ce bassin, par des expériences et des études antérieures, les caractéristiques de ses hydrogrammes unitaires, les temps  $t_1$ ,  $t_2$  etc...

1°) Décomposer s'il y a lieu l'hyétogramme donné en averses unitaires.

2°) En se référant aux expériences, et en tenant compte de la porosité et du degré de saturation du bassin, déterminer pour chaque averse unitaire la valeur de la capacité d'absorption  $C$ .

3°) Tracer la courbe des valeurs limites de  $C$  délimitant sur l'hyétogramme la portion de la précipitation destinée à alimenter le ruissellement (soit  $V_r$ ).

4°) Construire par comparaison avec d'autres diagrammes la courbe de recession ( $R$ ).

5°) Chercher en jouant sur les affinités d'ordonnées un hydrogramme qui associé à la courbe ( $R$ ) donne un volume d'écoulement égal précisément à  $V_r$  - déterminé en 3

6°) On lira directement sur cet hydrogramme la valeur du débit maximum atteint par la crue, et sa durée qui en général est très courte.

7°) Au moyen des temps  $t_1$  et  $t_2$ , on cale l'hydrogramme obtenu par rapport au hyétogramme.

Nota : Si l'on veut se contenter de solution plus sommaire, on peut utiliser le diagramme de distribution caractéristique de la station et en déduire que pendant la tranche par exemple de 10 ou 5 minutes encadrant le programme le volume écoulé sera  $x\%$  du volume total ruisselé  $V_r$  et ainsi de suite pour les tranches voisines.

### Conclusions générales

1°) Comme on l'a vu le point particulièrement délicat de la méthode réside dans la détermination de  $C$ . Quelques exemples concrets fixeront mieux les idées :

Exemple : Bassin de 20 Km<sup>2</sup> - pluie de 80 mm/Heure pendant 12 minutes.

1ère Solution - On suppose  $C$  moy. = 70 mm/heure (en fait  $C$  est par exemple de 75 mm au début de la pluie et descend à 55/60 ou même moins à la fin).

On trouve :  $V_r = 40.000 \text{ m}^3$   
1

2ème Solution - Pour tenir compte d'une pluie antérieure ayant en partie déjà saturé le bassin on prend  $C = 45 \text{ mm/Heure}$

$V_r = 140.000 \text{ m}^3$   
2

3ème Solution - Supposons que le bassin soit absolument sec on peut choisir :  $C = 80 \text{ mm/Heure}$ . Il n'y a pas de ruissellement et le débit de pointe est réduit à celui dû aux infiltrations (courbe de recession)

et  $V_r = 0$   
3

Finalement avec la même averse on peut avoir des débits de pointe variant par exemple :

(  $Q_1 = 7 \text{ m}^3/\text{s}$   
(  $Q_2 = 24 \text{ m}^3/\text{s}$   
(  $Q_3 = 2 \text{ m}^3/\text{s}$  (débit d'infiltration)

On voit qu'en ce qui concerne les petits bassins versants, la prévision des crues peut se ramener à l'étude météorologiques des précipitations, tout et autant que l'on possède des données précises sur leur intensité (cas des enregistrements au pluviographe).

Si l'on veut se placer systématiquement dans des cas défavorables mais parfaitement possibles (forte intensité brutale faisant suite à une pluie fine de longue durée, très imprégnante) on peut obtenir des débits maxima très importants atteints quelques minutes seulement pendant une période de plusieurs années.

Ce fait explique les nombreux échecs obtenus en tentant de déterminer des crues de petits bassins par des méthodes statistiques.

On a d'abord cherché des lois pouvant exister entre la valeur du débit maximum et la hauteur de pluie tombée pendant l'averse (relevés Météo donnant le total de pluie par 24 heures), cela n'a rien donné.

Faisant ensuite intervenir un facteur plus caractéristique : l'intensité de la pluie, ce serait encore l'échec si on ne prévoyait pas d'y adjoindre un paramètre dépendant de l'état du bassin au moment de l'averse (capacité d'absorption).

2°) Dans les régions sahéliennes ou subdésertiques la plupart des averses présentent des intensités inférieures à la capacité d'absorption du bassin. Les débits obtenus ne sont donc que des débits de récession dus comme on l'a vu à l'écoulement hypodermique et aux infiltrations profondes. Ces débits sont évidemment faibles. Et si l'on veut y faire un barrage d'accumulation, on se trouve dans l'obligation d'agrandir le bassin pour obtenir le remplissage de la réserve chaque année. Mais alors gare au jour où l'averse deviendra unitaire et où le bassin se mettra à ruisseler effectivement. Le 1/50, peut être moins du volume de la précipitation suffira alors pour tout emporter

Voilà pourquoi lorsqu'il s'agit de petits bassins, les constructeurs ne sont jamais satisfaits des explications données par les hydrologues.



3°) Il ressort de tout cela également que l'on aurait intérêt à multiplier les stations météorologiques comportant des pluviographes enregistreurs, de façon à avoir une idée plus exacte des intensités atteintes suivant les zones climatiques, ensuite à entreprendre sur une plus grande échelle les études de petits bassins expérimentaux.

Les Américains ont réalisé dans ce domaine des études systématiques météorologiques et hydrologiques importantes. Les stations météo, donnent des graphiques liant entre eux les facteurs Intensité, Durée et fréquence des pluies.

Des études superficielles poussées leur permettent maintenant d'évaluer facilement les crues et leur probabilité.

Sans voir aussi grand nous pourrions réaliser l'étude d'un bassin expérimental dans chaque zone climatique.

De plus, l'augmentation du nombre des pluviographes permettrait du point de vue probabilité, de pallier au manque de recul dans les observations.

4°) En matière d'ouvrages sahéliens destinés à accumuler de l'eau dans des petits bassins il semble que la véritable solution soit la suivante:

Etant donné que les crues sont susceptibles d'atteindre des débits importants, mais pendant très peu de temps (en général l'hydrogramme est d'autant plus pointu que le bassin est petit) et somme toute avec une fréquence faible, il n'y a pas intérêt à chercher à évacuer la crue exceptionnelle au moyen d'un évacuateur classique dont les dimensions seraient vite hors de proportion, il vaut mieux s'en tenir à un évacuateur de dimension raisonnable et prévoir le déversement des crues exceptionnelles sur le barrage pendant peu de temps en assurant une protection sommaire, et peu coûteuse à

refaire au besoin.

Vu et approuvé  
l'Ingénieur Principal, Chef du  
2ème Arrondissement

Bamako, le 18 Décembre 1954

A. PAULHUS



C. AUVRAY

Bibliographie sur la Méthode des "Units Hydrograph."

BRATER et WISLER Hydrology.  
LINSLEY, KOHLER, PAULHUS Appliet. Hydrology (Chapitre 15  
HOUILLE BLANCHE Octobre 1951  
Nombreuses notes et documentations ORSTOM et EDF  
1952-53-54.

Intensité de la pluie en mm/h

