

Doc

Etudes de ruissellement en vue d'aménagements hydrauliques et routiers en A.-O. F. ⁽¹⁾

Par J. RODIER

Ingenieur en Chef à l'Electricité de France,
Chef du Service Hydrologique
de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.

RUN-OFF INVESTIGATIONS FOR HYDRAULIC ENGINEERING AND HIGHWAY WORKS IN FRENCH WEST AFRICA

The construction of civil engineering works on small water-courses — viz., bridges or barrages — presents hydrologists with some difficult problems. Observations on experimental catchment areas permit the rapid and fairly reliable determination of the rates of flow to be taken into account in engineering schemes : flood discharges, annual mean discharges, low-water discharges, etc.

This result can be achieved by the systematic and simultaneous study of rainfall and run-off, and the use of the method of unit hydrographs, at the same time making the best possible use of the voluminous data on rainfall that have been collected in the last thirty years.

The Hydraulics Department (Service de l'Hydraulique) of French West Africa, in collaboration with O. R. S. T. O. M., have undertaken systematic investigations in this sphere for the more commonly encountered types of soil and climatic conditions. The first part of these investigations is about to be completed.

On the basis of a brief preliminary analysis of the observations it is already possible to estimate, for a standard catchment area of approximately 25 km², the values of the annual floods and the decennial floods in the most frequently encountered cases. These researches provide the engineer with data which he had hitherto been obliged to estimate with the aid of formulae which were generally not suitable for tropical and equatorial conditions. In the next few years it will be possible to extend these results to considerably larger or smaller areas. Equally important information has been collected with regard to evaporation, the transport of solids, flow to water-tables, etc.

ESTUDIOS DE CHORRERAS CON MIRAS A APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS Y DE CARRETERAS EN A.-O. F.

La realización de obras en arroyos pequeños, puentes o presas, plantea a los hidrólogos problemas difíciles. La observación en estanques experimentales permite descubrir rápidamente y de manera bastante segura los caudales que han de considerarse en los proyectos : caudales de crecidas, medias anuales, estiajes, etc.

Por el estudio metódico y simultáneo de las precipitaciones y de la evacuación, y el empleo del método de los hidrográmas unitarios, es posible llegar a este resultado, sacando el mejor partido de la voluminosa documentación pluviométrica acumulada desde treinta años.

El Servicio Hidráulico del Africa Occidental Francesa, en colaboración con O. R. S. T. O. M., emprendió estudios sistemáticos a este respecto, para los tipos de suelos y de climas más corrientes. La primera parte de estos estudios está a punto de terminarse.

Desde ese momento, un examen somero de las observaciones permitió, para un estanque-tipo de una superficie de alrededor de 25 km. 2, estimar los valores de las crecidas anuales y las crecidas decenales, en los casos más corrientes. Estas investigaciones facilitan al Ingeniero detalles para cuya obtención, hasta ahora, se veía reducido a utilizar fórmulas generalmente inadaptadas a los regímenes tropicales y ecuatoriales. Estos resultados podrán extenderse en los años venideros a superficies sensiblemente mayores o más pequeñas. También se recogieron informes, por lo menos de igual importancia, sobre la evaporación, los transportes sólidos, la alimentación de las capas, etc.

But des études de ruissellement sur les petits bassins.

Si certains grands projets nécessitent des études hydrologiques ardues, longues et coûteuses, il ne faudrait pas en déduire que ce genre d'études est exclusivement réservé aux très grands aménagements. Elles sont souvent nécessaires pour des réalisations infiniment plus modestes.

Il est exact qu'en de nombreux points d'A.-O. F. des petits ouvrages ont été réalisés en grand nombre sans accident grave, tels, par exemple, la série des ponceaux du Dakar-Niger. Mais l'expérience a montré que les débits de crues étaient précisément faibles ou très faibles dans ces régions. Il faut également ajouter que nos anciens prévoyaient, en général, des débouchés surabondants. Mais, en regard, combien de petits ouvrages récents emportés par les crues : ponceaux et surtout barrages dans les zones subdésertiques, sahéliennes et même tropicales ! Ne précisons pas davantage les régions les plus tristement célèbres à cet égard. L'hydrologue toujours un peu impécunieux ne peut s'empê-

cher de songer, en pareille circonstance, à ce qu'il aurait pu faire avec les crédits ainsi perdus.

Devant ces mécomptes, les services techniques ont vite compris qu'il fallait réviser l'opinion assez courante d'après laquelle, pour ces petits ouvrages, des études théoriques complexes alourdiraient inutilement des prix déjà trop élevés, mais le problème semblait délicat à résoudre.

Il est bien évident que le prix de revient des études d'un bassin expérimental est équivalent à celui d'un petit ouvrage, mais le prix des études théoriques par ouvrage pouvait être très fortement réduit en groupant ces études, comme pouvait le faire facilement un Service tel que le Service de l'Hydraulique.

Ce qui est plus grave, les méthodes hydrologiques nécessitent des observations de débits pendant 10 ans ou même 20 ans ; et comme les petits ouvrages n'intéressent que des petits bassins, il est très peu probable d'y rencontrer a priori une station de mesures installée 10 ans avant le début des études. Il était hors de question d'attendre si longtemps pour construire les aménagements prévus aux différents plans. Des

(1) N. D. L. R. Le présent article rend compte d'études réalisées dans le cadre de l'A.-O. F. avant la mise en place des dernières institutions. Aussi a-t-on maintenu sous ce terme l'ensemble géographique étudié qui ne correspond plus maintenant à une entité politique.

méthodes plus rapides que les méthodes classiques s'imposaient donc.

De leur côté, les hydrologues ont dû aborder assez rapidement les études des petits bassins versants. En 1949, les spécialistes de l'Electricité de France, à l'occasion d'études de petites centrales, ont été obligés de constater que les données disponibles étaient inexistantes sur les régimes des petits bassins d'Afrique tropicale. En 1951, les hydrologues de la Commission Scientifique du Logone et du Tchad ont entrepris l'étude des petits bassins du Nord Cameroun, bassins déjà célèbres pour leurs crues violentes qui ont emporté deux fois les ouvrages de certaines routes. Les conditions d'études très favorables dans cette région ont permis la mise au point de la méthode de travail basée sur l'emploi des hydrogrammes unitaires. En 1954, utilisant les méthodes déjà mises au point en A.-E. F., le premier bassin expérimental d'A.-O. F. était aménagé par O.R.S.T.O.M. sur le Dounfing près de Bamako. Ces études expérimentales ont assez vite conduit à la solution du problème, en même temps qu'elles révélaient aux chercheurs des caractéristiques auxquelles ils étaient bien loin de s'attendre.

On peut se demander en quoi des études spéculatives sur des bassins expérimentaux en nombre obligatoirement limité permettent de résoudre le problème général de la détermination des caractéristiques hydrologiques sur les petits bassins. En fait, ce qui est intéressant à déterminer sur un bassin expérimental, ce n'est pas seulement les valeurs des débits eux-mêmes, mais surtout les relations entre ces débits et le régime des précipitations, la nature du sol, la morphologie du bassin, la végétation, etc.

Par exemple, considérons une des caractéristiques hydrologiques les plus importantes pour les petits aménagements, barrages, ponts, etc., la valeur de la crue décennale. Il est possible de l'obtenir par la méthode des hydrogrammes unitaires à partir de l'averse décennale (1) déduite des relevés météorologiques. Il suffit de connaître, d'une part, le diagramme-type de la crue du bassin, dit diagramme de distribution, et la relation entre hauteurs de précipitations, conditions rencontrées par l'averse et le coefficient de ruissellement (2). Or, ces données ne peuvent être fournies que par l'étude simultanée des averses et des débits sur les bassins expérimentaux. On conçoit donc que si des études théoriques fournissent les règles générales pour l'établissement des hydrogrammes-types et la détermination des coefficients de ruissellement dans les différents cas de climats, sols, pentes, etc., rencontrés sur un vaste territoire, il devient possible de déterminer rapidement les caractéristiques hydrologiques cherchées sur un petit bassin quelconque du territoire. Or, pour la plupart des cas, des observations pendant trois ans suffisent pour obtenir les relations entre averses et crues avec suffisamment de précision pour les applications pratiques. L'étude du ruissellement sur les bassins expérimentaux apportait donc la solution du problème.

Principe des études.

Dès la fin de 1954, le Service de l'Hydraulique de l'A.-O. F., comprenant l'intérêt de telles recherches, a pris l'initiative de l'étude de dix bassins expérimentaux à répartir judicieusement sur l'ensemble du territoire de la Fédération. La commande de ces études a été passée à l'Office de la

(1) Sous réserve que cette averse rencontre des conditions correspondant aux cas les plus fréquents.

(2) Le coefficient de ruissellement est égal au rapport :

$$\frac{\text{Volume de ruissellement}}{\text{Volume de précipitation correspondante.}}$$

(3) En toute rigueur, ces catégories devraient être différentes suivant la vitesse d'écoulement de l'eau sur le sol. En forêt de Côte-d'Ivoire, par exemple, un bassin de 50 km² correspondrait à la catégorie 80-500 km² des régions soudanaises.

Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, au début de 1955. Les charges financières d'un tel programme étant très lourdes, il avait été convenu que l'O.R.S.T.O.M. apporterait tout son concours au Service de l'Hydraulique, en particulier en supportant les frais de l'interprétation finale et de la mise au point des rapports, et en mettant à la disposition de l'Administration une partie du matériel nécessaire.

Pour comprendre le schéma de ces études générales, il convient de préciser le point suivant :

Pour l'étude de la plupart des caractéristiques hydrologiques, on peut classer les bassins en diverses catégories, suivant leur superficie :

0,3 à 2 km ²		80 à 500 km ²
2 à 10 km ²		500 à 2 000 km ²
10 à 80 km ²		2 000 à 10 000 km ² (3)

Les études effectuées pour le Service de l'Hydraulique concernent principalement la catégorie 10-80 km², ou plutôt la dimension standard adoptée de 25 km².

Des études annexes ont été effectuées en vue d'atteindre directement la catégorie 2-10 km² et quelques stations complémentaires permettront, dans certains cas, l'extension des résultats de la catégorie 80-500 km².

Une seconde série d'études systématiques avait été envisagée pour compléter ces données pour la catégorie 80-500 km² et pour fournir les données nécessaires à la catégorie 500-2 000 km². Au-delà de 2 000 km², le réseau normal des stations de jaugeage doit permettre de répondre aux diverses questions qui se posent concernant le régime hydrologique.

Au-dessous de 100 m², il ne s'agit plus de bassins expérimentaux mais de parcelles expérimentales. Entre 100 m² et 300 000 m², on devrait interpoler entre les données des parcelles et des bassins expérimentaux. On conçoit aisément que, pour d'aussi faibles surfaces, les observations pluviométriques deviennent absolument prépondérantes.

Bien entendu, interpolation et extrapolation sont nécessaires, non seulement pour passer d'une catégorie de superficie à une autre, mais encore d'un type de sol à un autre, par exemple. Notons, à ce sujet, que le nombre de 10 bassins était insuffisant pour couvrir les types de sols et de climats les plus intéressants en A.-O. F. (Il est nécessaire que plusieurs bassins concernent un même type de sol, de façon à éviter qu'une caractéristique particulière échappe au chercheur et conduise à des résultats qui seraient inapplicables dans le cas général). C'est pourquoi O.R.S.T.O.M. a utilisé, outre les 10 bassins prévus, une partie de ceux qu'il exploitait pour son propre compte ou pour le compte d'organismes divers en A.-E. F. et au Cameroun. Le principe de la transposition des averses permet, dans d'excellentes conditions, d'étendre les données recueillies à l'A.-O. F. Nous arrivons ainsi à un total de près de 25 bassins expérimentaux.

Dans ce qui suit, nous examinerons principalement l'étude de la catégorie 10-80 km². C'est sur ces bassins que nous étudions le processus qui permet de passer des averses aux débits.

La seconde série d'études, destinée aux observations de bassins de 80-500 et 500-2 000 km², est actuellement freinée par le manque de crédits.

Dispositions adoptées pour l'aménagement d'un bassin expérimental.

L'organisation générale est maintenant bien au point, mais de nombreux cas d'espèces posent des problèmes de détail bien difficiles à résoudre parfois.

La solution idéale consiste à implanter le centre des études dans une zone de confluent, de façon que, à faible



Fig. 1. — Station météorologique sur le bassin de la Lhoto (Dahomey).



Fig. 2. — Cuve évaporométrique et abri spécial sur le bassin de l'Oued Séloumbo (Mauritanie).

distance du cantonnement, quelques centaines de mètres au maximum, on puisse aménager une station principale sur un bassin de 10 à 80 km² (bassin principal), une station secondaire sur un affluent de 3 à 10 km² dont le bassin peut être situé à l'intérieur du bassin précédent, une station à quelques kilomètres de là, contrôlant un bassin de 80 à 150 km², une autre à même distance contrôlant une superficie équivalente à celle du bassin principal.

Le bassin principal est pourvu d'au moins 10 pluviomètres ordinaires et 2 pluviomètres enregistreurs. Les autres bassins comportent un nombre plus faible de pluviomètres, mais toujours 1 pluviomètre enregistreur.

Les stations de jaugeages sont équipées de façon beaucoup plus sommaire qu'en Europe ; il ne serait pas logique, pour une courte période d'observations, d'aménager déversoirs et

(1) Cela a pu être réalisé dans certains cas favorables en A.-E. F. où des venturiers ont été aménagés.

berges maçonnés (1). La section naturelle la plus régulière dans la zone de la station est pourvue d'une passerelle de jaugeage en tubes et d'un limnigraphe. Diverses mesures sont prises pour stabiliser cette section. Bien entendu, le limnigraphe est doublé d'une échelle.

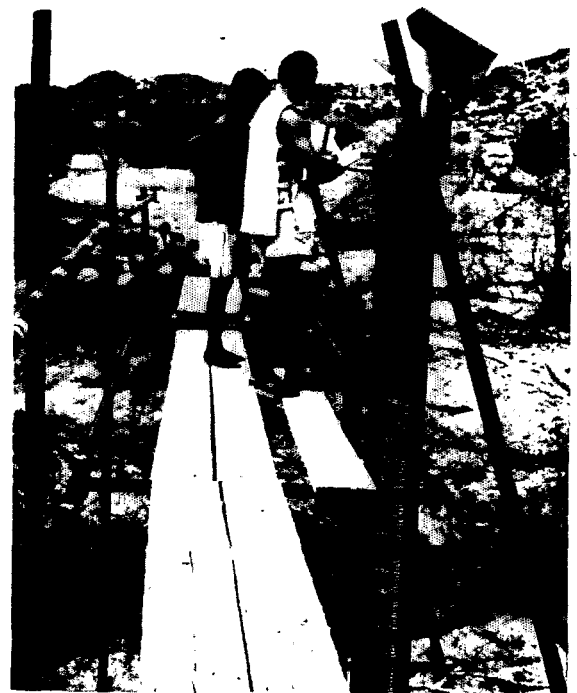
A côté de la station sont implantés le cantonnement de l'hydrologue et la station météorologique où sont effectuées diverses mesures climatologiques, et notamment des observations d'évaporation sur bacs. Chaque fois que cela est possible, on aménage également auprès du cantonnement une fosse pour mesure des transports solides sur un très petit affluent.

On fait l'impossible pour aménager un accès au bassin praticable en saison des pluies.

Les différences essentielles entre nos aménagements et ceux d'un bassin expérimental d'Europe ou des Etats-Unis sont les suivantes :

- a) Nécessité de réaliser des installations annexes importantes : accès, pistes de circulation, cantonnements ;
- b) Aménagements provisoires et légers ;
- c) Limitation de l'automatisme du dispositif général d'observations, enregistreurs devant généralement être doublés par des lectures directes pour des raisons de sécurité ;
- d) Etude simultanée sur un bassin principal et des bassins secondaires pour tirer le meilleur parti du personnel immo-

Fig. 3. — Passerelle de jaugeage et limnigraphe sur l'Oued Séloumbo.



bilisé sur place et accélérer la réalisation du plan général d'étude prévu au paragraphe précédent.

Organisation des observations et des mesures.

Chaque bassin expérimental est placé sous la surveillance d'un ou de deux agents techniques.

La qualification de cet agent doit être relativement élevée sur la plupart des bassins pour les deux raisons suivantes :

1° En cas de forte averse pour lequel les observations sont capitales, des circonstances imprévues peuvent être rencontrées, soit pour l'organisation des relevés, soit surtout pour la mesure des débits. Il est souvent nécessaire de changer de méthode de mesures en pleine opération : cas de passerelle ou de limnigraphe emporté. Il faut pouvoir obtenir le maximum de résultats, même si la majeure partie du matériel scientifique est détruite ;

2° L'agent responsable doit avoir une compréhension suffisante des phénomènes qu'il observe : il faut qu'il puisse modifier éventuellement le matériel qu'il utilise s'il est mal adapté et qu'il puisse également intervenir dans l'interprétation de phénomènes auxquels il a assisté.

L'agent technique est placé sous les ordres d'un ingénieur hydrologue qui, pour les mêmes raisons, doit participer sur le terrain à une partie de la campagne de hautes eaux.

Le personnel sous les ordres de l'agent technique comprend : un aide météorologique africain, un ou deux aides techniques et un certain nombre de manoeuvres ou de collecteurs de pluviomètres.

Dans la première phase, tout ce personnel doit collaborer à la réalisation des installations qui, généralement, se prolongent pendant le début de la première campagne.

En période d'observations, l'agent technique effectue les mesures de débit, les mesures d'infiltration et de transports solides, veille à ce que les relevés des limnigraphes, pluviographes et pluviomètres soient effectués régulièrement et correctement, et procède à un premier dépouillement des résultats sur des fiches standard : fiches d'averses, feuilles de jaugeages, hydrogrammes, feuilles d'évaporation.

Ce travail est beaucoup plus délicat qu'on ne pense : la mesure des débits dans les zones de débordement est difficile, le maintien rigoureux d'une même heure pour tous les enregistreurs est essentiel ; la tournée des pluviomètres, pour certains agents, exige des déplacements à pied de 15 à 20 km par jour ; les pluviographes ont une fâcheuse tendance à se boucher aux premières fortes tornades et les buses des limnigraphes également.

Il faut même parfois assurer la corvée d'eau, comme dans le désert du Gourma, jusqu'à ce que les premières crues importantes aient apporté sur place le liquide dont les hydrologues ont besoin, non seulement pour effectuer leurs études, mais assurer leur subsistance et l'alimentation de la cuve d'évaporation qui, à elle seule, boit facilement 15 à 20 l/j.

Aucun incident ne doit arrêter les mesures et aucune fête. Or, la saison des pluies comporte les fêtes du 14 juillet et du 15 août, et une tradition bien connue veut que ce soit précisément ces jours-là que se produisent les plus fortes tornades. Les incidents ont été nombreux, surtout les deux premières années ; dans l'ignorance des débits maxima, certains cantonnements avaient été placés trop près des cours



Fig. 4. — Passerelle de jaugeage et limnigraphe sur la Lhoto.

d'eau à étudier, l'ombre des grands arbres étant particulièrement tentante. Il faut, lorsque le campement est inondé, suivre la montée de l'eau, effectuer les mesures de débit et faire évacuer en même temps matériel et objets personnels de la case de banco qui menace de fondre.

Le dépouillement et l'interprétation comportent les opérations suivantes :

- mise au point des courbes de correspondance hauteur/débit ;
- détermination du diagramme moyen des intensités de précipitation pour chaque averse ;
- détermination de la carte de répartition des précipitations pour chaque averse ;
- établissement des hydrogrammes de ruissellement ;
- mise au point du diagramme-type de crue pour chaque station ;
- étude des corrélations entre coefficient de ruissellement ou capacité d'absorption, d'une part, indice de saturation, intensité de l'averse et hauteur de l'averse, d'autre part.

Pour déterminer la crue décennale, par exemple, il y a lieu de procéder ensuite aux opérations suivantes :

- analyse pluviométrique pour détermination du diagramme d'averse décennale ;
- reconstitution de la crue décennale par la méthode des hydrogrammes unitaires ;
- études comparatives avec d'autres bassins en vue de dégager les divers facteurs géographiques intervenant et chercher des recoupements.

Une première partie de l'interprétation est effectuée à l'issue de la campagne à Dakar, Bamako, Niamey, Abidjan ou Lomé, et généralement un premier rapport est mis au point.

Cette interprétation est complétée à Paris où le rapport annuel est mis en forme ; cette interprétation finale tient compte des derniers progrès accomplis en hydrologie analytique et bénéficie de la comparaison des résultats des divers bassins ; le texte est alors discuté avec les divers hydrologues locaux pour éviter toute erreur d'interprétation.

En plus de ces études de débits, d'autres études hydrologiques sont effectuées sur le bassin. Il importe, en effet, d'utiliser à fond la présence du personnel technique dont le maintien sur le terrain est coûteux.

Les mesures d'infiltration par essais Müntz pour les divers états de saturation du sol sont un complément normal de l'observation des crues et averses. Les mesures d'évaporation sur bac Colorado sont effectuées sur presque tous les bassins en vue de l'application au calcul des pertes des réservoirs ; appareillage et méthode d'observations ont été standardisés, ce qui est essentiel dans ce domaine pour obtenir des résultats utilisables. Les transports solides sont également étudiés grâce à la construction de fosses où le charriage de fond et les matières en suspension sont prélevés séparément. Enfin, en A.-E. F., on aménage près de la station météorologique des parcelles expérimentales. Bien entendu, l'observation des averses et des crues passe en priorité avant ces mesures complémentaires qui sont plus ou moins développées suivant le temps restant disponible.

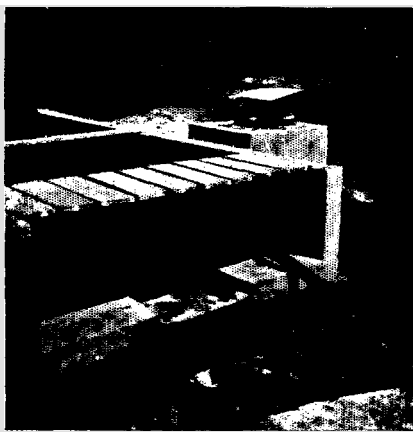


Fig. 5.
Fosse à gravier
avec réservoir
aval et
limnigraphe.

Implantation des bassins.

Les délais très courts imposés pour la première campagne 1955 ne permettaient guère une implantation logique pour les deux bassins versants prévus. La décision des études avait été prise en mars et les observations devaient commencer en juillet. Aussi, ce sont surtout des conditions d'accès qui ont conduit à choisir un bassin sahélien près de Mopti (isohyète 600 mm) et un bassin équatorial près de Dimbokro (isohyète 1 300 mm).

En 1956, les efforts ont porté sur les bassins sahéliens et subdésertiques, bassins les plus délicats et les plus longs à étudier par suite du faible nombre de crues : un bassin subdésertique, dans le désert du Gourma (isohyète 300 mm), deux bassins sahéliens, l'un dans la région de Dori, en Haute-Volta (isohyète 450 mm), l'autre dans le bassin de la Maggia (isohyète 500 mm), le dernier dans le climat dahoméen, près de Dassa Zoume (isohyète 1 100 mm).

Enfin, en 1957, trois bassins ont été implantés en région guinéenne : à Kankan, à Ferkessedougou et à Man, à la limite du régime équatorial. Les études de la région de Man sont particulièrement importantes pour la raison suivante : le régime équatorial est beaucoup plus mal connu que le régime tropical, surtout en ce qui concerne les crues exceptionnelles. On a cherché à placer un bassin dans une région forestière présentant les caractéristiques les plus favorables au ruissellement, afin d'obtenir les limites supérieures de débits de crues. Il a été nécessaire d'aménager quatre bassins autour de l'agglomération, dont un dans la réserve forestière du Ton Kouï, en Côte-d'Ivoire, seul moyen d'avoir la certi-

tude que la forêt persistera sur le bassin pendant la durée des études. Ces bassins ne répondent pas tout à fait aux conditions que nous nous étions imposées ; le terrain est plus perméable qu'il ne serait souhaitable et la forme des bassins trop allongée.

Le dixième bassin a été implanté en zone subdésertique, sur le rebord du plateau du Tagant, vers Moudjeria (Mauritanie).

Avec les quinze bassins étudiés par ailleurs, les études couvraient ainsi la plupart des grandes régions naturelles correspondant à des types de sols et des régimes pluviométriques différents.

Résultats obtenus.

La chance a favorisé les études dans une assez large mesure, puisque les années 1956 et 1958 ont donné lieu à de fortes crues dans les régions tropicales, sahéliennes et subdésertiques, et l'année 1957 a présenté des pluies abondantes en régions guinéenne et équatoriale. On peut envisager, pour la campagne 1959, la fin des études sur les cinq derniers bassins. Deux d'entre eux auront exigé quatre années d'études ; les autres bassins auront exigé trois ans d'observations, comme prévu.

Les résultats qui ont déjà fait l'objet de trois rapports intérimaires constituent souvent de véritables découvertes intéressantes aussi bien le chercheur que l'ingénieur. Donnons un simple exemple : aurait-on pu imaginer que deux bassins de 25 km², de pente et de sous-sol identiques, l'un situé en zone désertique sous l'isohyète 100 mm, l'autre en zone équatoriale sous l'isohyète 1 800 mm, donneraient lieu, le premier à une crue décennale de 100 m³/s, le second à une crue décennale de 12 à 15 m³/s ? Si l'on déboise le second bassin, la crue peut passer à 200 m³/s. On soupçonnait de très fortes crues avant 1955, mais jamais ces impressions n'avaient été chiffrées, ce qui est essentiel pour l'ingénieur.

De façon générale, les débits de crues spécifiques sur des bassins versants de moins de 100 km² n'ont aucun rapport avec ceux donnés pour les stations de jaugeage pour des superficies de 4 000 ou 10 000 km² au moins.

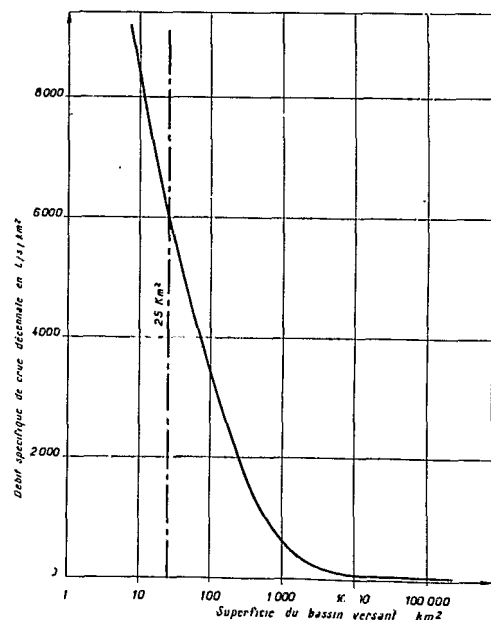


Fig. 8. — Courbe théorique de débit spécifique de crue décennale en fonction du bassin versant (cas courant dans le régime tropical).

Crues décennales sur quelques bassins types d'Afrique noire (Sup. = 25 km²)

N°	Régime hydrologique	Pente	Sous-sol	Sol	Végétation	Précip. an. mm.	Crue déc. l/s/km ²
1	Désertique	Forte	Grès imperméable	Inexistant	Rare	100	4 à 6 000
2	Presque subdésertique	Assez forte	Quartzites	Assez imperméable	Clairsemée	300	3 500
3	Presque subdésertique	Modérée	Quartzites	Assez imperméable	Très clairsemée	300	2 000
4	Sahélien	Assez forte	Grès imperméable	Pratiquement inexistant	Clairsemée	600	8 000 à 10 000
5	Sahélien	Forte	Grès ferrugineux	Argileux imperméable	Clairsemée cultures	500	7 000 à 8 000
6	Sahélien	Assez forte	Grès ferrugineux	Même terrain + latérite	Clairsemée	500	4 000
7	Sahélien	Faible	Granitique	Argileux très imperméable	Graminées	450	1 600 à 1 700
8	Sahélien	Assez forte	Granitique	Légerement perméable	Clairsemée	450	1 500
9	Tropical	Très forte	Andésite	Imperméable	Clairsemée	800	8 000 à 10 000
10	Tropical	Forte	Grès imperméable	Latérite très perméable	Savane claire	1 000	1 500 à 1 800
11	Tropical de transition	Forte	Grès	Perméabilité moyenne	Savane boisée	2 100	2 000
13	Tropical de transition	Forte	Quartzites	Perméable sablonneux	Savane boisée dense	1 600	400 à 500
14	Equatorial	Assez forte	Schisto-gréseux	Imperméable	Savane (pseudo steppe)	1 400	8 000 à 9 000
15	Equatorial	Assez forte	Sable	Imperméable	Cité africaine	1 500	4 000 à 6 000
16	Equatorial	Forte	Gneiss	Imperméable	Forêt	1 800	400 à 600
17	Equatorial	Modérée	Granito-gneiss	Assez perméable	Forêt	1 300	400 à 600
18	Equatorial	Forte	Granito-gneiss	Assez perméable	Forêt dégradée	1 800	1 500 à 2 000

Pour un régime, un type de sol et des conditions morphologiques donnés, les valeurs des débits de crues décennales rapportés à 1 km² (débit spécifique) peuvent être représentées par la courbe théorique (voir fig. 8) pour certains régimes tropicaux, par exemple : partant de 20 000 à 40 000 l/s/km² pour une surface ponctuelle, elles décroissent très vite dès que la superficie augmente jusque vers 1 000 km². La concavité de la courbe devient alors très forte et la décroissance beaucoup plus lente, les débits spécifiques n'étant plus que de 50 à 100 l/s/km² pour 25 000 km² et 25 à 50 l/s/km² pour 100 000 km².

Chaque régime admet une courbe bien déterminée.

Nous avons cherché à déterminer en A.-O. F., pour le plus grand nombre possible de ces courbes, les points correspondant à une superficie de 25 km², superficie assez voisine de celle de la plupart de nos bassins. Nous sommes donc arrivés au tableau qu'on trouvera ci-dessus que nous avons jugé utile de publier un certain nombre de fois depuis un an, en augmentant chaque fois le nombre de lignes. C'est un document absolument essentiel de nos connaissances sur les petits bassins. Ultérieurement, et bien entendu dans la mesure où les crédits disponibles nous permettront de continuer les études sur le terrain, nous compléterons ce tableau et en établirons d'autres pour les superficies : 1, 5, 200 et 1 000 km².

Dans les exemples ci-contre, les pentes sont généralement assez fortes et comparables pour les divers bassins. L'étude systématique de l'influence de la pente n'a pas encore été entreprise. Nous signalons qu'à cet effet M. Roche a imaginé un indice de pente indépendant de la finesse du tracé des courbes de niveau qui permettra de la mener à bien.

Un certain nombre de types de climats et de sols échappe encore à nos études, mais les résultats ci-après, tels qu'ils sont présentés, peuvent rendre de nombreux services. Les valeurs des crues décennales sont valables pour des surfaces comprises entre 20 et 35 km², à l'extrême rigueur jusqu'à 50 km², sauf en régime subdésertique et désertique où, en général, le débit spécifique décroît très rapidement lorsque la superficie augmente. Au-delà, il faudrait interpoler, avec la plus grande prudence, entre les valeurs données pour 25 km² et celles fournies par des stations de jaugeage contrôlant 500, 1 000 ou 2 000 km² qu'on trouvera dans l'Annuaire Hydrologique de la France d'Outre-Mer ou qu'on pourrait demander à l'Office de la Recherche Scientifique et Technique.

Bien entendu, les crues décennales ne constituent qu'une

partie des caractéristiques que peuvent fournir les petits bassins. On doit considérer que les documents bruts constituent, au même titre que les relevés ordinaires de stations de jaugeage, une source de documentation qui sera exploitée longtemps après l'arrêt des observations pour les études des débits moyens annuels, des étiages, le tarissement, l'irrégularité interannuelle, l'alimentation des nappes, etc.

Au stade actuel de ces études, il suffit d'une seule campagne d'observations pour obtenir des renseignements valables sur la plupart des bassins (sauf désertique ou subdésertique) ; la comparaison des résultats obtenus avec les données recueillies sur les bassins expérimentaux permet de classer le bassin étudié dans une catégorie connue et apporte les compléments nécessaires. Dans certains cas très faciles, et si les ingénieurs ne sont pas trop exigeants quant à la précision des données, il est même possible d'éviter une campagne d'observations ; un examen minutieux du terrain et du réseau hydrographique suffit.

Ces études ont, par ailleurs, fourni l'explication de certaines singularités du régime des grands bassins, notamment pour le régime dahoméen et certains régimes équatoriaux, donnant sur l'irrégularité interannuelle et les crues des renseignements qui n'auraient pu être obtenus que par une longue période d'observations par la méthode classique.

C'est la raison pour laquelle on tend, dans l'étude systématique des grands bassins, à prévoir l'aménagement d'un ou plusieurs bassins expérimentaux qui, rapidement, peuvent permettre de déceler certaines tendances du régime qui ne pourraient être mises en évidence qu'après 15 à 20 ans d'observations aux stations de jaugeage. Cela a été notamment le cas pour les études hydrologiques des bassins du Konkouré et du Konilou.

La conclusion de ces recherches est la suivante :

L'aménagement d'un bassin versant expérimental n'est pas une opération de recherche scientifique pure destinée à mettre en lumière certaines singularités qui n'intéresseraient que les chercheurs, c'est un nouveau moyen d'étude qui permet aux techniciens d'atteindre la connaissance des phénomènes de l'écoulement en examinant non seulement les effets des phénomènes, mais aussi leurs causes, conduisant rapidement à des chiffres beaucoup plus sûrs pour les différentes caractéristiques des débits.

J. RODIER.