

ÉTUDES DE CRUES SUR LES PETITS BASSINS VERSANTS DE L'A.E.F. ET DU CAMEROUN

par

Jean RODIER

Ingénieur en Chef à l'Électricité de France

Chargé de la Direction des Études Hydrologiques de l'O.R.S.I.O.M.

En Afrique Noire, les crues des grands fleuves, et même des cours d'eau de moyenne importance, donnent lieu, en général, à des débits spécifiques relativement faibles : le maximum annuel varie suivant les régimes et les dimensions du bassin de 20 l/sec/km² à 100 l/sec/km² (1). Ce fait résulte des pertes par évaporation sur l'ensemble du bassin, des pertes élevées dans les plaines d'inondation et, également, de la dispersion des pluies en grains isolés qui exclue, pour les moyens bassins, des concordances de crues catastrophiques. Il était assez tentant de généraliser ces débits spécifiques de crues aux petits bassins, tout au moins avec une faible majoration.

Jusque vers 1950, nos connaissances sur les crues des bassins de moins de 2 000 km² étaient pratiquement nulles en Afrique Noire. Les rares petits bassins étudiés à Madagascar ou à la Réunion indiquaient bien des modules spécifiques de crues élevées, mais ces crues étaient dues à des précipitations de cyclones beaucoup plus dangereuses que les tornades tropicales. Nous ne pensons pas que ces résultats pourraient s'appliquer à l'Afrique Noire. Tenant compte des résultats trouvés sur les bassins versants de moyennes dimensions, nous estimions que des débits spécifiques de 200 à 300 l/sec/km², peut-être 500, pouvaient correspondre au débit maximum annuel.

M. l'Ingénieur en Chef BONNENFANT avait, vers cette époque, souligné l'urgence d'études sur ces petits bassins à l'occasion de la mise au point d'un rapport de mission en Afrique Noire (Mai-Juin 1950). L'idéal aurait été de fournir aux techniciens pour les divers régimes et les divers facteurs conditionnels des débits : superficie, pente, densité de couverture végétale, etc... des tableaux fournissant toutes les données pour calculer les crues de fréquence rare sur les petits bassins, après une brève série d'observations sur place. Dès cette époque, l'O.R.S.T.O.M. avait projeté l'étude de petits bassins versants, mais le manque de personnel, de matériel et de crédits ne permettait pas d'entreprendre des recherches suffisantes dans ce domaine.

Cependant, la Mission Logone-Tchad avait eu l'occasion de faire quelques observations dans les régions montagneuses du Nord-Cameroun, zone très favorable à l'étude du ruissellement, et une note avait été publiée par M.A. BOUCHARDEAU dans l'Annuaire Hydrologique.

Nous avons été très surpris alors par ces premiers résultats et surtout par les chiffres auxquels nous conduisaient nos extrapolations. Les débits ainsi trouvés nous ayant semblé très élevés, nous n'avons pas cherché à prendre de marge de sécurité, d'où des estimations qui nous semblent maintenant optimistes : 600 à 900 l/sec/km² pour des bassins de 500 à 1 500 km².

Dès l'année suivante, M. BERTHELOT, sur le bassin du MAYO-MONBAROUA (54 km²), dans le Nord-Cameroun, avait eu la chance d'observer effectivement une crue de fréquence probablement plus rare que le maximum annuel atteignant un débit spécifique de 2 080 l/sec/km², ce qui indiquait que les chiffres avancés en 1950 n'avaient rien d'exagéré. La même année, des observations moins systématiques, sur des bassins versants de 200 à 300 km² avaient donné des maxima annuels de 1 000 à 1 500 l/sec/km².

Apartir de 1952, les moyens de l'Office de la Recherche Scientifique s'étant accrus, il a été possible d'entreprendre des études systématiques.

(1) Font exception les grands bassins de montagne : 120 à 150 l/sec., les grands bassins à tendance sahélienne moins de 10.

Le but de ces études est double :

1°) dégager, dans la mesure du possible, toutes les données de base pour la mise au point de tableaux de caractéristiques pour calcul de crues (temps de montée, débits maxima pour un volume de ruissellement donné, valeurs caractéristiques du coefficient d'absorption, diagrammes de précipitations dans le temps et l'espace, etc...):

2°) étudier les facteurs essentiels de l'écoulement : évaporation, infiltration, rétention, ruissellement dans un esprit purement scientifique.

Pour la partie de ces études qui concerne les crues, nous utilisons la méthode des hydrogrammes unitaires. Cette méthode, qui a fait ses preuves aux Etats-Unis, ne doit pas être considérée comme un ensemble de lois, car aucun de ses principes n'est rigoureux et elle n'est applicable que dans des cas simples. Elle doit plutôt être considérée comme un procédé simplificateur destiné à guider les chercheurs dans la recherche des différents éléments définissant l'onde de crue-type d'un bassin.

Les principes essentiels sont les suivants :

1°) Toutes les averses homogènes dans l'espace, d'intensité constante dans le temps et de durée inférieure au temps de concentration, conduisent, quelle que soit l'intensité, à des diagrammes de ruissellement se déduisant les uns des autres en multipliant les ordonnées d'un diagramme de crue-type par un facteur K bien déterminé pour chaque averse (1). De telles averses sont dites averses unitaires et le diagramme de crue-type est le diagramme de distribution.

2°) Le facteur K est égal au rapport entre le volume total de ruissellement de la crue considérée VR et le volume de ruissellement unité Vo pour lequel a été établi le diagramme de distribution. Ce volume de ruissellement s'obtient en déduisant à chaque instant de l'écoulement total mesuré les débits provenant des nappes profondes et superficielles (écoulement hypodermique).

3°) Pour une averse de durée supérieure aux temps de concentration, on obtient le diagramme de ruissellement en divisant l'averse en averses unitaires et en ajoutant les diagrammes de ruissellement élémentaires ainsi obtenus.

Une telle méthode combinée avec l'étude statistique des précipitations (hauteurs et intensités) devrait permettre théoriquement de calculer une crue de fréquence quelconque. Les résultats pratiques sont beaucoup moins brillants que ne le laisserait supposer ce simple exposé, mais c'est la seule méthode applicable pour estimer les crues de fréquence rare sur les petits bassins.

Dans un premier stade, nous avons étudié des bassins de quelques km² à 50 km². Ultérieurement, nous étudierons le problème sur des parcelles expérimentales de dimensions beaucoup plus réduites.

Dix bassins sont étudiés par l'O.R.S.T.O.M. de façon plus ou moins continue : BRAZZAVILLE, BANGUI, MAROUA, MAYO-MONBAROUA et MAYO-MOUDOUGOUR (Nord-Cameroun), YAOUNDÉ, BAMAKO, Hauts-Plateaux Malgaches, RÉUNION, GUADELOUPE.

Un hydrologue O.R.S.T.O.M. a, sous la direction du Service de l'Hydraulique du Dahomey, étudié un bassin dans la région de SAVÉ.

Plusieurs campagnes d'études seront nécessaires pour dégager des éléments précis et sûrs. Cependant, la documentation est si réduite sur ces problèmes, tout au moins pour l'Afrique Noire, que nous avons jugé utile de publier les résultats obtenus dans trois régions où les études sont parmi les plus avancées: MAROUA, BANGUI et BRAZZAVILLE.

Le premier bassin présente des conditions très favorables pour les études de ruissellement : climat tropical très simple, pluies violentes, relief accentué, sol imperméable, couverture végétale faible. Le ruissellement y est plus fort que dans toute autre région d'Afrique Noire (zones désertiques exceptées). Les caractéristiques du ruissellement, du réseau hydrographique et de l'érosion rappellent un peu celles des cours d'Afrique du Nord.

Le bassin de BANGUI permet d'étudier l'influence d'une couverture végétale dense (savane boisée guinéenne) et d'une hygrométrie plus forte.

Le bassin de BRAZZAVILLE montre l'influence d'un sol profondément modifié par l'activité humaine sur un bassin soumis au régime équatorial.

Les enseignements à tirer de ces premiers essais sont exposés dans les trois notes que l'on trouvera ci-après. Nous croyons nécessaire de souligner les points suivants :

(1) En fait, homogénéité dans le temps et homogénéité dans l'espace ne sont pas rigoureusement indispensables. D'autre part, les durées de crues peuvent croître légèrement avec l'intensité.

ÉTUDES DES CRUES ET DU RUISSELLEMENT

Les petits bassins de la région de MAROUA présentent un coefficient de ruissellement élevé qui conduit à de très forts débits de crues (plus de 10 000 l/sec/km² pour des crues décennales et des bassins versants de quelques km²), alors que le bassin de BANGUI présente pour des pentes analogues, pour la même fréquence et pour la même superficie, des débits spécifiques de l'ordre, peut-être, de 2 000 l/sec/km² (moins de 1 000 l/sec/km² pour S = 25 km²). On voit l'effet de la couverture végétale. Ce fait est encore sensible pour des bassins un peu plus grands. C'est ainsi que les débits spécifiques pour des crues décennales seraient de l'ordre de :

- 500 l/sec/km² sur le MAYO-LOUTI (6 575 km², Nord-Cameroun).
- 60 à 80 l/sec/km² sur la M'BALI (4 900 km², région de BANGUI).

En poussant les études de bassins versants sur les reliefs situés plus au Nord, on arriverait peut-être à des coefficients de ruissellement plus élevés. Les précipitations qui, dans les zones désertiques, donnent lieu à écoulement, nous semblent très faibles et tendent à indiquer des coefficients de ruissellement très élevés dans les zones montagneuses.

Inversement, l'écoulement hypodermique, si l'on donne le sens le plus large à ce terme, c'est-à-dire en comprenant à la fois l'écoulement dans les couches superficielles du sol, dans la partie inférieure du "feutrage végétal" et "l'égouttage" des végétaux, est pratiquement négligeable à MAROUA (1) alors qu'il est très élevé à BANGUI.

Le bassin de BRAZZAVILLE montre toute la différence du ruissellement entre un sol naturel recouvert d'herbe et le sol tel qu'il se présente dans une agglomération urbaine (même une simple ville indigène avec très peu de surface bitumée ou cimentée et une certaine végétation). Les crues décennales seraient de plusieurs milliers de l/sec/km² pour des bassins versants de quelques km², alors que la région des Plateaux BATEKE qui borde BRAZZAVILLE est bien connue pour ses faibles crues (2).

Dans l'état actuel de nos connaissances, ces données doivent uniquement servir de points de repères. Il serait imprudent de chercher à donner une portée très générale à ces résultats. En particulier, le bassin de MAROUA correspond à une structure géologique bien déterminée; on peut obtenir des débits moins élevés avec des roches granitiques plus ou moins recouvertes d'arènes. On obtient surtout des résultats très différents avec un relief plus faible. Dans les zones sans relief du Nord-Cameroun, le coefficient de ruissellement devient extrêmement faible, il est même pratiquement nul pour des bassins d'une certaine superficie. Dans l'OUBANGUI, au contraire, le coefficient de ruissellement diminue peu lorsque la pente devient très faible.

Nous sommes encore très loin des tableaux de caractéristiques que nous cherchons à établir. Il faudra, pour y parvenir, non seulement y consacrer encore plusieurs campagnes, mais en outre multiplier le nombre de bassins d'observations pour éliminer les particularités locales.

ÉTUDE D'HYDROLOGIE GÉNÉRALE

La masse considérable d'observations recueillies jusqu'ici peut constituer un ensemble utile pour l'examen de questions encore mal connues telles que l'irrégularité de la répartition de la pluie dans le temps et l'espace, la capacité d'absorption du sol, l'évaporation d'un sol imbibé, l'évapo-transpiration d'une couverture végétale donnée, la vitesse de propagation du ruissellement.

Là, encore, les études de nos collaborateurs sont susceptibles de donner des indications intéressantes, mais il faudra attendre la suite des études sur le terrain et reprendre le dépouillement des observations brutes pour en déduire des résultats sûrs.

MÉTHODE EXPÉRIMENTALE ET APPAREILLAGE

On trouvera enfin, dans les trois notes publiées ci-après, des indications qui pourront être utiles à d'autres expérimentateurs.

L'exemple de BRAZZAVILLE avec des eaux très chargées (sables et surtout débris de toutes sortes) montre la nécessité de soigner particulièrement l'étude de la transformation des hauteurs en débits. Un cas aussi complexe n'est pas très général heureusement comme on peut le voir pour la OUENZÉ et la N'GOLA, mais il se pourrait que le bassin de MAROUA présente une transformation moins simple que ne l'indiquent les formules, c'est pourquoi, lors de la prochaine campagne, il y sera effectué quelques jaugeages de contrôle.

(1) Par contre, pour des mayos de bassins versants plus étendus, l'écoulement dans le sable de lits démesurés est loin d'être négligeable.

(2) Sauf lorsque le relief devient très accentué, comme le montrent par endroits certains phénomènes d'érosion qui rappellent tout-à-fait les lavakas de Madagascar.

A BANGUI, des études quantitatives de l'écoulement hypodermique s'imposent. Un certain nombre d'averses sont inutilisables, la cassure de la décrue n'étant pas nette.

A MAROUA, l'utilisation de l'infiltromètre MUNTZ a apporté des compléments très utiles aux études de capacité d'absorption; cet appareil permettra à BANGUI de faire la distinction entre absorption par le sol et absorption par la végétation.

Les points faibles de nos études sont, en général, la capacité d'absorption et la répartition des précipitations dans le temps et dans l'espace au cours d'une même averse. Ceci explique la difficulté que nous rencontrons à établir les diagrammes liant cette capacité d'absorption à ses facteurs essentiels : la variation d'intensité de la pluie et l'état antérieur du sol.

On voit dans l'appareillage le rôle essentiel joué par les appareils enregistreurs, surtout le pluviomètre. Mais, l'utilisation d'enregistreurs ne dispense pas de la présence sur place d'un technicien compétent, tout au moins pour une partie des averses. C'est l'observation directe qui permettra seule, par la suite, une interprétation correcte des phénomènes. L'équipe idéale pour une étude de crue sur un petit bassin serait constituée par un ingénieur hydrologue, un adjoint technique et deux aides autochtones. Ce personnel ne serait pas surabondant pour contrôler, entretenir et réparer les appareils, changer les feuilles (une fois par 24 h.), procéder aux mesures de débits, étudier directement la vitesse de ruissellement et la capacité d'infiltration. Malheureusement, il est rare de pouvoir disposer de tels effectifs en saison des pluies où nos hydrologues ont à faire face à la fois aux tâches les plus diverses.

Nos études ne sont actuellement qu'à leur début; elles se poursuivront activement pendant les prochaines années et nous espérons que, malgré les déluges que nos hydrologues supporteront sur le terrain et, ce qui est peut-être pire, la masse de papiers dont il faudra venir à bout au moment du dépouillement, ils arriveront à mettre au point des données plus précises que les données actuelles.

Les hydrologues et hydrauliciens des Services Techniques pourront ainsi établir leurs projets après quelques observations sur le terrain sans avoir à entreprendre, comme c'est le cas actuellement, des études complètes de crues pour chaque cas particulier.

Jean RODIER

Ingénieur en Chef à Electricité de France
Chargé de la direction des Etudes Hydrologiques de

I'O.R.S.T.O.M.