

1965

ÉTUDE DES BASSINS VERSANTS REPRÉSENTATIFS DE 1 000 km² EN AFRIQUE TROPICALE

Pierre TOUCHEBEUF de LUSSIGNY
Ingénieur Hydrologue à Électricité de France

RÉSUMÉ

Les études effectuées depuis une quinzaine d'années en Afrique Occidentale et Centrale permettent généralement de résoudre avec une précision acceptable les problèmes hydrologiques qui peuvent se poser sur des bassins de 10 km² à 150 km², notamment en ce qui concerne l'évaluation des crues exceptionnelles. Le régime des grands fleuves et des rivières importantes commence également à être assez bien connu. Par contre, les bassins versants inter médiaires dont la superficie est de l'ordre de 1 000 km², n'ont presque jamais été l'objet d'observations et mesures quantitatives.

Il est apparu urgent de combler cette lacune et dans ce but une étude vient d'être entreprise au TCHAD sur un bassin versant de 1 200 km² situé en région sahélienne. Cette première étude vise essentiellement à mettre au point des méthodes pratiques pour l'organisation des mesures et l'exploitation des résultats obtenus sur un bassin de ce type. D'autres études lui feront suite pour couvrir des régions géographiques variées.

SUMMARY

The studies carried out for fifteen years past in Occidental and Central Africa generally enable the hydrologist to solve with a fair accuracy any problem which may arise about basins ranging from 10 to 150 square kilometers, particularly concerning the estimation of exceptional flood discharges. The regimen of large rivers and big streams is also becoming rather well known. On the other hand, quantitative observations and measurements have almost never been made on intermediate basins having areas of the order of 1,000 square kilometers.

It was urgent to fill this gap. To do so, a special study has been undertaken in Chad upon a 1,200 square kilometers basin situated in a sahelian region. The main purpose of this study is to determine the practical methods required for the organization of the measurements and the working-out of the results provided by such a basin. Subsequent studies will be carried out in various geographical regions.

1. — INTÉRÊT DES BASSINS REPRÉSENTATIFS DE 1 000 km²

Depuis une quinzaine d'années, les connaissances hydrologiques dans toute l'Afrique Noire d'inspiration française ont fait d'énormes progrès. Au lendemain de la deuxième guerre mondiale, on ne disposait guère de données d'observations suivies que pour quelques grands fleuves navigables, comme le SENEGAL, le NIGER ou l'OUBANGUI. Depuis 1950, près de 400 stations hydrométriques ont été progressivement installées sur tous les cours d'eau de quelque importance de l'Afrique Noire francophone et de Madagascar. Elles sont actuellement exploitées activement avec le concours de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer et ont déjà fourni des données abondantes qui permettent maintenant d'esquisser dans ses grandes lignes le régime de la plupart des fleuves et rivières importantes, drainant au moins 5 000 à 10 000 km².

Les tout petits bassins versants, dont la superficie est inférieure à 150 km² et même le plus souvent à 50 km², ont également été l'objet de nombreuses recherches d'hydrologie analytique. Depuis 1955, près de soixante-dix petits bassins représentatifs ont été étudiés par l'ORSTOM dans les conditions les plus variées en ce qui concerne le climat (équatorial, tropical ou sahélien), la végétation (forêt, savane boisée ou savane

O. R. S. T. O. M.

18 DEC. 1968

Collection de Référence

n°/2650 B

claire), le relief et la nature du sol. Le mécanisme du ruissellement superficiel, l'évaluation des crues exceptionnelles et l'établissement du bilan hydrologique annuel ont été les objectifs essentiels de ces études qui ont fourni une documentation abondante et précieuse. Dans beaucoup de régions d'Afrique Noire, on est maintenant capable de résoudre, avec une précision acceptable, la plupart des problèmes hydrologiques qui peuvent se poser sur des bassins de moins de 150 km².

Entre les deux catégories de bassins qui viennent d'être mentionnées il existe, par contre, une gamme intermédiaire pour laquelle nos connaissances hydrologiques présentent encore de sérieuses lacunes. Cette gamme de bassins s'étend schématiquement de 150 à 10 000 km², mais c'est surtout entre 500 et 3 000 km² que les incertitudes sont graves. Pour lever progressivement ces incertitudes, particulièrement en ce qui concerne l'évaluation des crues, le Comité Inter-Africain d'Études Hydrauliques a envisagé un programme de recherches sur des bassins versants représentatifs d'environ 1 000 km² de superficie. En 1963, il a confié à l'ORSTOM l'étude d'un premier bassin de ce genre, qui est situé au TCHAD et dont il sera question plus loin.

Par rapport à celle des petits bassins versants, l'étude des crues d'un bassin de 1 000 km² offre des difficultés particulières :

a) Les facteurs géographiques du ruissellement, tels que le relief, la couverture végétale et la nature du sol sont beaucoup moins homogènes, ce qui complique singulièrement l'analyse des crues.

b) Les fortes pluies orageuses, au lieu de couvrir l'ensemble du bassin, n'en affecte qu'une partie plus ou moins importante. Elles n'engendrent pas en général les plus grosses crues. Celles-ci résultent plutôt d'une succession d'averses abondantes qui s'échelonnent sur plusieurs jours. Au lieu des pluies journalières, l'analyse des crues doit faire intervenir des pluies cumulées pendant deux, trois jours ou plus. L'homogénéité des précipitations est souvent très médiocre; la position respective du maximum et du minimum pluviométriques à l'intérieur du bassin peut avoir une influence prépondérante sur la forme de l'hydrogramme et le volume des crues.

c) Dans les régions sahéliennes, c'est-à-dire les régions où la pluviométrie annuelle tombe au-dessous de 750 mm, l'évolution des crues est fortement altérée par la « dégradation hydrographique » qui apparaît sur les bassins d'une certaine dimension. Sous l'effet de l'aridité croissante du climat et d'un appauvrissement de la couverture végétale, il s'est produit, à une époque géologique récente, un déséquilibre de plus en plus marqué entre les transports solides et les transports liquides. Aussi, lorsque la pente des cours d'eau n'est plus que de quelques décimètres par kilomètre, leur lit devient encombré de dépôts alluvionnaires désordonnés qui font obstacle à l'écoulement et l'oblige à déborder dans des plaines d'épandage où il finit par se perdre complètement.

A part la dégradation hydrographique, les caractères particuliers qui viennent d'être mentionnés ne sont pas propres aux bassins de 1 000 km². Ils subsistent pour les bassins beaucoup plus importants, mais leurs effets sont alors très différents. En se multipliant, les hétérogénéités des facteurs géographiques tendent à se compenser dans une certaine mesure. Quant aux précipitations, elles deviennent presque inévitablement localisées à de petites parties du bassin, mais elles créent ainsi de nombreuses ondes de ruissellement élémentaires qui s'intègrent finalement en une lente pulsation. Celle-ci s'étale sur une ou plusieurs semaines et parfois même sur plusieurs mois s'il s'agit d'un très grand fleuve.

Ce qui distingue encore l'étude des bassins de 1 000 km², c'est que pratiquement, faute de données d'observation suffisantes, elle ne peut jamais faire appel aux méthodes statistiques pour l'évaluation des crues exceptionnelles. Ces méthodes ont pu, au contraire, être employées avantageusement pour un certain nombre de cours d'eau africains importants qui avaient été l'objet d'observations continues depuis une trentaine d'années au moins.

La pluviométrie annuelle est en moyenne de 835 mm, dont 660 mm, soit près de 80 %, tombant pendant les trois mois de juillet, août et septembre. Les précipitations sont rigoureusement nulles de novembre à mars.

Le régime des pluies est à la limite du type tropical et du type sahélien (classification de J. RODIER). En fait, la dégradation hydrographique, qui est la marque du régime sahélien, est déjà assez avancée dans le cas du BAM-BAM.

L'étude de cet « Ouadi » vise essentiellement à mettre au point des méthodes pratiques pour l'organisation des mesures et l'exploitation des résultats obtenus sur des bassins représentatifs de ce type. Bien que l'étude du BAM-BAM soit inachevée et n'ait pas encore abouti à des conclusions définitives à ce sujet, il a été jugé intéressant de donner un aperçu des méthodes qui ont été adoptées compte tenu des conditions locales.

L'équipement hydrométrique comprend :

- Une station de jaugeage principale à l'exutoire du bassin (station de TIALOZOUDOU). L'écoulement à cette station se partage en plusieurs bras, signe manifeste de dégradation. En hautes eaux, il s'étale sur une largeur de près de 3 kilomètres.
- Trois stations secondaires permettant de suivre, dans la partie amont du bassin, la naissance des crues (stations de BIDJIR, TAYA et TOUNKOUL contrôlant respectivement des bassins partiels de 81, 167 et 55 km²).
- Deux stations tertiaires situées, l'une sur un affluent issu de BIDJIR et de TAYA (station de BARLO), l'autre sur un affluent venant de TOUNKOUL (station de MAZERA). Ces deux stations sont à peu près à mi-chemin entre les stations secondaires et la station principale. Elles sont destinées à suivre la propagation des crues de l'amont vers l'aval.

La station principale et les trois stations secondaires sont équipées de limnigraphes à enregistrement journalier. Les stations tertiaires, d'accès difficile sinon impossible en saison des pluies, sont munies d'un limnigraphe à enregistrement trimestriel.

L'équipement pluviométrique comprend :

- 25 pluviomètres,
 - 5 pluviographes enregistreurs,
- soit en moyenne un poste de mesure pour 40 km². Cette densité permet de tracer, dans des conditions satisfaisantes, les isohyètes des principales pluies journalières.

Le personnel employé pendant la première campagne de mesure était composé d'un ingénieur hydrologue basé à MONGO et de deux agents techniques hydrologues installés respectivement à TIALOZOUDOU et à BIDJIR. Un ingénieur supplémentaire est venu en renfort pendant la première quinzaine de septembre, qui est normalement la période des plus forts débits.

Même en tenant compte des difficultés particulières des jaugeages (courants très rapides en crue et débordements) ainsi que des aléas de la circulation routière, ce personnel aurait été normalement suffisant pour établir, en une seule campagne, l'étalonnage au moins approximatif de la station principale et des stations secondaires. Malheureusement, il n'en a rien été à cause d'une pluviométrie très déficitaire. Aucune crue importante ne s'est produite pendant cette saison des pluies. On a pu seulement établir un étalonnage provisoire des basses et moyennes eaux à TIALOZOUDOU et BIDJIR.

Les sections de jaugeages avaient été matérialisées par un câble d'acier gradué, destiné, d'une part, à repérer la position des verticales de mesure et, d'autre part, à amarrer le canot à partir duquel est manœuvré le moulinet. Il s'agit d'un canot pneumatique, seul type de canot qui soit utilisable sans trop de risques lorsque la vitesse du courant approche de 3 m³/s.

Les résultats obtenus au cours de la première campagne de mesures ont été assez réduits en raison de la faiblesse des précipitations. Ils ont néanmoins permis quelques constatations intéressantes qui vont être résumées brièvement :

- Les bassins partiels contrôlés par les stations secondaires n'apportent qu'une faible contribution aux crues de la station principale. Ainsi, la plus forte crue observée à cette dernière station a eu un volume de 3 435 000 m³, alors que le volume écoulé à

BIDJIR à la suite de la même pluie n'a été que de 11 500 m³. A TAYA et TOUNKOUL, les volumes écoulés ont été encore plus faibles. Par contre, à la station de BARLO l'amplitude de la crue a atteint 1,75 m.

— La plupart des crues relevées aux stations secondaires ne parviennent même pas aux stations tertiaires (BARLO et MAZERA).

— La partie occidentale du bassin du BAM-BAM semble être particulièrement propice au ruissellement, car la station de BARLO enregistre des crues notables presque à chaque averse. Les crues de la station de MAZERA ont, en général, une amplitude nettement plus faible.

— La durée qui sépare les maximums respectifs des stations de BARLO et de TIALOZOU DOU varie entre 2 et 8 heures. Elle dépend de la répartition des précipitations sur le bassin et ne correspond pas, en général, à un véritable temps de propagation car les apports intermédiaires entre les deux stations peuvent ne pas être négligeables. Cette durée est également influencée par les débordements et tend à augmenter avec l'ampleur de ceux-ci.

Entre MAZERA et TIALOZOU DOU, le temps de parcours apparent des crues est plus élevé. Il est compris entre 10 et 11 heures.

3. — ÉTUDE ANALYTIQUE DES CRUES

Les quelques résultats qui viennent d'être brièvement exposés laissent entrevoir la complexité de la genèse des crues sur un bassin de 1 000 km² en voie de dégradation hydrographique. L'étude analytique des crues du BAM-BAM n'a pas encore été réalisée et ne sera entreprise de façon détaillée qu'après l'achèvement de trois campagnes de mesure.

D'une façon générale, on peut cependant dire que la méthode classique de l'hydrogramme unitaire ne peut pas convenir pour un bassin de l'ordre de 1 000 km², même si le réseau hydrographique ne montre aucune trace de dégradation hydrographique. Les caractères physiques du bassin, et surtout la répartition des précipitations au cours d'un épisode pluvieux sont, en effet, trop irréguliers.

Dans le cas relativement simple où la dégradation hydrographique est nulle, il semblerait judicieux de s'inspirer de la méthode mise au point par J. L. LACROIX pour les crues de la CORREZE à BRIVE (cf. Mémoires et Travaux de la Société Hydrotechnique de France, Volume II, Année 1961). Le bassin de la CORREZE, dont la superficie est de 950 km², a été découpé de l'amont vers l'aval en trois bassins partiels dont les caractères physiques, les hauteurs de précipitations et les temps de propagation du ruissellement sont nettement différents.

Les pluies tombées sur chacun des bassins partiels subissent une série de transformations *T* et un décalage de propagation pour aboutir au débit de crue à BRIVE. Les transformations *T* permettent : primo, de déterminer les pluies nettes en fonction des pluies réelles et secundo, de passer des hyétogrammes aux hydrogrammes par étalement dans le temps. Dans l'ensemble, cette méthode est plus nuancée que celle de l'hydrogramme unitaire, car elle tient compte de la variation des temps de propagation en fonction des débits. Elle s'applique, en outre, à deux types d'écoulement, l'un lent qui s'étend sur plusieurs jours pour une crue moyenne et l'autre rapide qui dure 5 à 10 heures. La méthode de LACROIX a donné des résultats remarquables pour la CORREZE.

Dans le cas du bassin du BAM-BAM, on devra chercher à établir une nouvelle série de transformations qui tiennent compte, non seulement de l'étalement des débits dans le temps, mais encore des pertes d'eau définitives dans le lit lui-même (remplissage des biefs profonds entre les seuils) et surtout dans les plaines d'inondation. Cette méthode demandera certainement des tâtonnements laborieux, mais on peut espérer qu'elle permettra de reconstituer convenablement les crues observées et de prévoir ensuite les crues exceptionnelles à partir de divers schémas d'averse rare.