

de la COOPERATION

Stage Infrastructure

PARIS

72

M
DOCUMENTATION

L'HYDROLOGIE

au Service des Travaux Publics et Ruraux
en Régions intertropicales

par

Pierre DUBREUIL

Directeur de Recherches à l'ORSTOM.

ORSTOM
HYDROLOGIE
DOCUMENTATION

70987

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 33 358

Cote : B

conférence du

15 septembre 1965

Les aménagements du domaine hydraulique que sont appelés à prévoir, calculer et contrôler les ingénieurs des Travaux Publics ou du Génie Rural dans les régions intertropicales ne sont pas de nature différente de ceux qui sont mis en oeuvre en région industrialisée. Les données hydrologiques indispensables à la conception de ces aménagements ne sont pas non plus originales, mais les méthodes d'analyse et de synthèse nécessaires à leur élaboration présentent des particularités qu'il est utile de préciser.

1. - Aménagements hydrauliques et données hydrologiques -

L'aménagement hydraulique appartient à divers types selon le degré d'intervention sur le régime d'écoulement des cours d'eau :

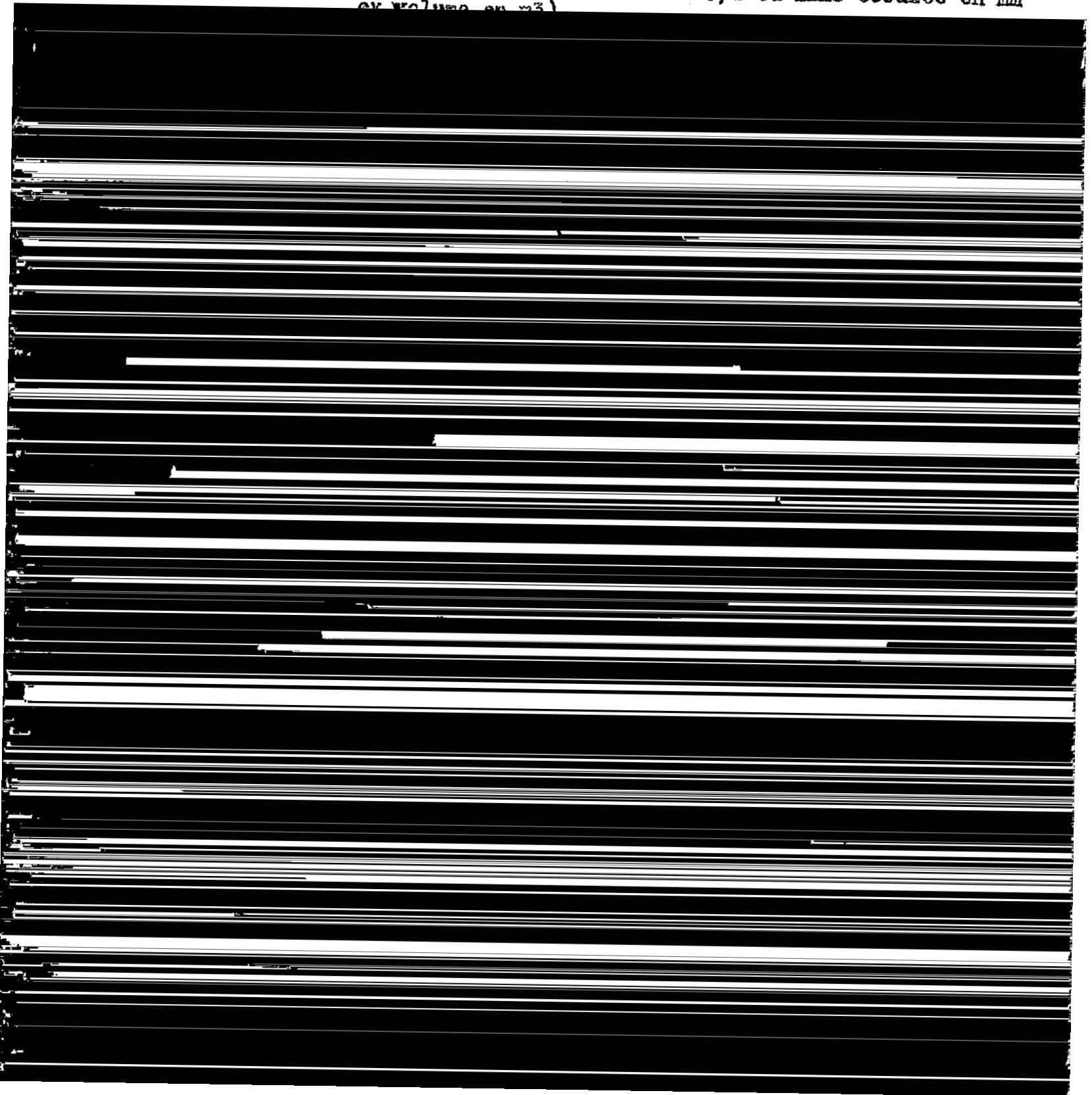
- soit au type protection contre l'écoulement naturel (ouvrages d'art routiers ou ferroviaires de franchissement des thalwegs, ouvrages d'assainissement urbain, digue de protection riveraine contre les inondations ...)
- soit au type prélèvement au fil de l'eau (ouvrage dérivateur du débit d'étiage pour production d'énergie électrique, alimentation en eau d'un canal navigable, irrigation ou adduction d'eau potable ...)
- soit au type prélèvement avec régularisation par création de retenus (mêmes ouvrages que le type précédent).

Si pour l'édification d'un aménagement du type protection, peut suffire la connaissance du régime des crues, celle des étiages convient pour l'aménagement au fil de l'eau tandis que la régularisation exige généralement une connaissance complète du régime des eaux (apports annuels, répartition mensuelle, étiages et crues).

En résumé, plus un aménagement est coûteux plus l'utilisation des eaux qu'il permet nécessite une connaissance précise et détaillée des éléments caractéristiques du régime hydrologique.

On peut dresser un tableau simplifié de la nature de cette connaissance du régime hydrologique :

a) - Apports annuels (module en m^3/s ou lame écoulée en mm
ou volume en m^3)



le 2ème n'étant qu'un palliatif du 1er, tandis que le 3ème offre des solutions originales pour les bassins de superficie modeste :

- α) méthodes statistiques directes et les observations hydrométriques sont de longue durée pour les éléments des 4 groupes a, b, c et d.
- β) méthodes générales de corrélations hydro-pluviométriques pour les éléments des groupes a, b, et c quand les observations hydrométriques sont de courte durée.
- γ) méthodes particulières de transformation des pluies en débits pour les crues quand les observations directes sont également insuffisantes.

2. - Méthodes statistiques d'analyse hydrologique -

L'analyse statistique directe des débits observés est possible quand la période d'observations dépasse un certain seuil croissant avec l'irrégularité du régime : 10 ans pour le régime équatorial de forêt en Guyane, 20 ans pour les régimes tropicaux et sahéliens d'Afrique centrale, 50 ans pour le régime semi-désertique du nord-est brésilien ... etc ...

Les éléments nécessaires à l'analyse statistique sont extraits des observations du réseau hydrométrique. Sauf pour les régions très accidentées (îles des Antilles, de la Réunion, de Nouvelle-Calédonie), le réseau hydrométrique fournit des renseignements pour des bassins supérieurs à 1000 km² environ.

Les études correspondantes sont généralement effectuées pour un grand bassin ; on a coutume de les appeler des monographies hydrologiques. On y trouve, outre l'analyse ponctuelle (aux stations du réseau) de tous les éléments du régime hydrologique, une synthèse étendue à la surface étudiée mettant en évidence la variation de certains éléments avec la superficie

Logone au Tchad
Ouémé au Dahomey
Mono au Togo
Bandama en Côte d'Ivoire
Agnéby "
Niger en Afrique de l'Ouest
Sénégal "
Ikopa - Betsiboka. à Madagascar
Kouilou - Niari au Congo - Brazzaville
Cours d'eau de Guyane
Jaguaribe au Brésil ... etc ...

Une vision panoramique partielle en est offerte dans "les régimes hydrologiques en Afrique Noire à l'Est du Congo" de J. RODIER (ORSTOM 1964).

Les résultats d'analyse statistique se présentent généralement sous la forme de moyennes, d'écart-types et de valeurs remarquables.

Plus la distribution dans le temps d'une variable est dissymétrique, moins la moyenne offre d'intérêt pratique. Il faut alors s'attacher plus spécialement à la médiane (plus faible que la moyenne) et à l'intervalle interquartile (groupant 50 % des probabilités d'apparition de la variable) pour l'établissement des projets.

Les échantillons analysés étant généralement de durée modeste, les valeurs caractéristiques qu'on en extrait n'approchent la vraie valeur (correspondant à un échantillon infini) qu'avec une certaine marge d'erreur qu'il est important de connaître. Cette marge d'erreur croît avec l'intervalle de confiance que l'on choisit : 50 - 75 - 90 - 95 % dans la plupart des cas.

Par exemple, le module moyen d'une rivière déduit des observations vaut 1 300 m³/s ; mais sa vraie valeur peut occuper une position quelconque dans un intervalle de 1 260 - 1 340 ou 1 230 - 1 380 m³/s par exemple avec 75 ou 95 % de chance.

Enfin, la connaissance de la persistance chronologique est du plus haut intérêt pour les calculs de régularisation interannuelle d'un cours d'eau.

Les 3 notions : représentativité de la moyenne, intervalle de confiance et persistance chronologique dont l'importance n'est apparue que récemment, éclairent et améliorent nettement les résultats d'analyse statistiques qui sont offerts dans les monographies hydrologiques aux ingénieurs projeteurs.

3. - Méthodes générales de corrélations hydropluviométriques -

Quand les observations hydrométriques sont de trop courte durée, et qu'il existe des observations pluviométriques de plus longue durée, on peut augmenter la série des débits par l'établissement d'une corrélation entre les débits et les pluies réalisées sur la période courte des débits observés ; l'obtention d'une série de débits allongée permet d'appliquer les méthodes statistiques du § 2.

Les corrélations hydro-pluviométriques simples s'effectuent soit à l'échelle annuelle soit à l'échelle mensuelle ; elles peuvent être étendues à l'échelle journalière pour la connaissance des étiages si l'on peut établir, en outre, une relation entre débit d'étiage et débit du mois le plus faible.

Ces corrélations sont établies graphiquement sans rechercher la forme analytique de liaison pluies-débits ; si les pluies interviennent sous plusieurs facteurs, la méthode des déviations résiduelles est employée pour répartir les écarts aléatoires entre les corrélations débit - facteur principal de pluie et les corrélations secondaires correctives du débit en fonction des facteurs secondaires de pluie.

N'ayant pas de forme déterminée pour un régime hydrologique donné, la corrélation hydro-pluviométrique ne peut être employée que pour étendre une série de débits déjà observés, et non pour constituer, sans donnée expérimentale, une série de débits à partir de la seule connaissance des pluies.

Bien entendu, les valeurs calculées par corrélation ont une dispersion moindre que les valeurs observées et leur introduction dans une série de débits diminue généralement les valeurs des paramètres de dispersion ; on doit tenir compte de cette temporisation des méthodes de corrélation.

Les méthodes générales de corrélation hydro-pluviométriques entrent donc dans le cadre de l'édification des monographies hydrologiques dont elles permettent l'amélioration du contenu.

4. - Méthodes particulières de transformation des pluies en débits -

Leur emploi est requis pour l'analyse des crues quand les données du réseau sont insuffisantes : durée d'observations trop courte, surface de bassin trop petite.

Les méthodes particulières de transformation pluies-débits s'appliquent donc à toutes sortes de bassins :

- aux bassins de toute dimension pour le calcul de la forme et de l'importance des crues de fréquence rare (crue maximale probable des projets de retenue)
- aux petits bassins hors du domaine d'observation du réseau (moins de 1000 km² sauf exceptions déjà citées) pour toutes les crues.

Selon la surface des bassins, on fait appel à des opérateurs de transformation pluies - débits tantôt globaux (hydrogramme unitaire), tantôt complexes (hydrogramme synthétique).

Le procédé de l'hydrogramme unitaire (à l'issue d'une averse homogène dans l'espace, l'hydrogramme d'un bassin

a) de l'hydrogramme type du bassin

Dans le domaine pluviométrique, l'étude complète des précipitations journalières (valeurs remarquables de diverses récurrences de 1 à 100 ans déterminées aux stations pluviométriques et abaques d'extension pour un lieu quelconque en fonction de la pluviosité annuelle ; valeurs des intensités et durées d'averses pour les mêmes récurrences et abaques d'extension) est achevée pour le SENEGAL, la MAURITANIE, le MALI, la HAUTE-VOLTA et le NIGER ; elle est en cours pour les autres états africains de langue française (Publications ORSTOM de Y. BRUNET-MORET pour le Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques sous le titre d'« Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale »).

5. - Utilisation pratique des résultats d'études hydrologiques -

Les méthodes d'analyse hydrologiques brièvement décrites dans les paragraphes 2 à 4 donnent une masse de résultats directement applicables aux stations hydrométriques et aux bassins étudiés ; mais pour connaître les éléments du régime hydrologique en un lieu quelconque d'une région où des études hydrologiques ont été faites sur des bassins ou cours d'eau voisins, il faut disposer d'une synthèse des résultats précédents et d'un mode d'emploi de cette synthèse.

Si la synthèse s'effectue naturellement dans le cadre des monographies de grands bassins où la superficie drainée est le facteur principal de variation des éléments hydrologiques, et dont l'influence est aisée à mettre en évidence, le problème est beaucoup plus complexe pour les petites surfaces sur lesquelles les éléments hydrologiques restent étroitement dépendants de la pluviosité et du milieu physique.

Les études de M. BRUNET-MORET déjà citées fournissent la matière de synthèse du facteur pluviosité représenté par la hauteur annuelle de précipitations et les hauteurs journalières de pluie de diverses récurrences.

Le milieu physique peut être caractérisé par 2 facteurs essentiels, estimés selon des échelles arbitraires de variation :

- la pente ou relief avec les classes R_1 à R_6 quand la pente moyenne passe de moins de 5 à plus de 100 m/km pour un bassin unité de 25 km²
- la perméabilité des sols également classée de P_1 à P_5 en ordre croissant

et un facteur secondaire lié à la pluviosité

- la couverture végétale divisée en 8 classes de V_1 à V_8 en ordre décroissant de son rôle protecteur du sol de la forêt classée au terrain urbanisé.

A divers degrés, variables de l'un à l'autre, les éléments du régime hydrologique sont fonction de ces facteurs physiques.

Si l'on travaille dans une zone à pluviosité homogène (régime sahélien, tropical ou équatorial ...) le rôle du facteur végétation peut être négligé dans un premier stade.

La publication de référence est d'Octobre 1965 :
"Premiers essais d'étude générale du ruissellement sur les bassins expérimentaux et représentatifs d'Afrique tropicale" par J. RÔDIER et C. AUVRAY (Colloque AIHS de BUDAPEST).

Pour l'ingénieur utilisateur, le mode d'emploi des diverses publications d'analyses et de synthèses mentionnées ci-dessus peut être résumé de la manière suivante :

- a) - Pour un grand bassin (supérieur à 1000 km² environ), consulter la monographie hydrologique si elle existe. Si le site de projet est sur un cours d'eau étudié, l'interpolation en fonction de la superficie drainée est suffisante ; si le site n'est pas sur un cours d'eau étudié, il faut tenir compte de la pluviosité et de la géomorphologie du bassin pour choisir le cours d'eau de référence.

S'il n'y a pas de monographie, consulter l'Annuaire hydrologique de l'ORSTOM (1947 à 1959) ou directement le Service Hydrologique pour connaître les résultats les plus susceptibles de servir de base de comparaison

- b) - Pour un petit bassin (moins de 100 km²), déterminer ses caractères pluviométriques puis son étiquette physique $R_1 P_1$ afin d'utiliser les abaques de calcul de la crue décennale ; pour l'estimation des apports annuels, faire des recoupements avec les renseignements fournis par les grands bassins.

Les données utilisables disponibles sont encore incomplètes. Les travaux de l'ORSTOM tendent à les compléter dans un bref délai pour les principaux points suivants :

- a) poursuite des monographies des grands bassins
- b) établissement des fonctions de variation des apports annuels moyens pour toutes surfaces
- c) extension des abaques de calcul des crues décennales aux régions intertropicales hors du continent centre africain.
- d) établissement des fonctions de variation par rapport au

Pour faciliter ces travaux et en augmenter la précision, le maintien des bases expérimentales est indispensable : poursuite des observations sans discontinuité aux postes des réseaux hydrométriques, réalisations d'études sur bassins représentatifs entre 100 et 1000 km² tout particulièrement.