

RÉGIONALISATION DES CARACTÉRISTIQUES DES RÉGIMES PLUVIOMÉTRIQUES PONCTUELS BÉNINOIS

G. ALÉ¹, L. LE BARBÉ²

RÉSUMÉ

Classiquement, on définit les régimes pluviométriques ponctuels par une série de lois statistiques décrivant les distributions des cumuls sur différents pas de temps (l'année, le mois, la décade, la pentade, l'averse, l'heure, etc.), de certaines valeurs extrêmes, et éventuellement des nombres d'averses ou des jours de pluie.

Les lois statistiques sont en général choisies de façon empirique indépendamment les unes des autres. Il peut y avoir là une cause d'incohérence puisque les divers descripteurs choisis résultent tous de la combinaison de deux processus stochastiques : celui régissant l'occurrence d'une averse et celui régissant sa hauteur.

Si on suppose ces processus indépendants et sans persistance et si on se place sur une période suffisamment courte pour qu'ils puissent être considérés comme stationnaires, les distributions des durées inter-averses et des hauteurs d'averses suffisent à la description des régimes puisque alors on peut en déduire celles du nombre d'averses, des cumuls, et des valeurs extrêmes.

Si ces deux distributions sont des lois exponentielles de paramètres s et τ , sur une période de durée p , celle du nombre d'averses suit une loi de Poisson de paramètre p/τ ; celle des cumuls, une loi des fuites de paramètres de forme et d'échelle, p/τ et s ; celle des valeurs extrêmes, une loi de Gumbel, censurée aux valeurs positives, ayant s et $(s \cdot \log p/\tau)$ comme paramètres d'échelle et de position.

¹Chef du service de l'hydrologie du Bénin,

²Chargé de recherche Orstom

Dans ces conditions, de l'ajustement de cette loi aux cumuls sur une période, il est facile de déduire les distributions descriptives du régime pour toute période incluse dans celle de référence.

C'est cette méthodologie appliquée aux totaux mensuels, que nous avons suivie pour décrire les régimes pluviométriques du Bénin au niveau des pluies mensuelles. La communication présente les validations faites et les principaux résultats obtenus.

INTRODUCTION

Nous avons été chargés de réaliser une synthèse sur les ressources en eaux superficielles du Bénin. En ce qui concerne les précipitations, nous nous étions fixé comme objectif de donner une description des régimes qui satisfassent le maximum d'utilisateurs.

Les données dont nous disposions étaient celles acquises de 1940 à 1984 sur un réseau de pluviomètres journaliers de 53 stations réparties sur les 112 600 km² du pays (figure 1).

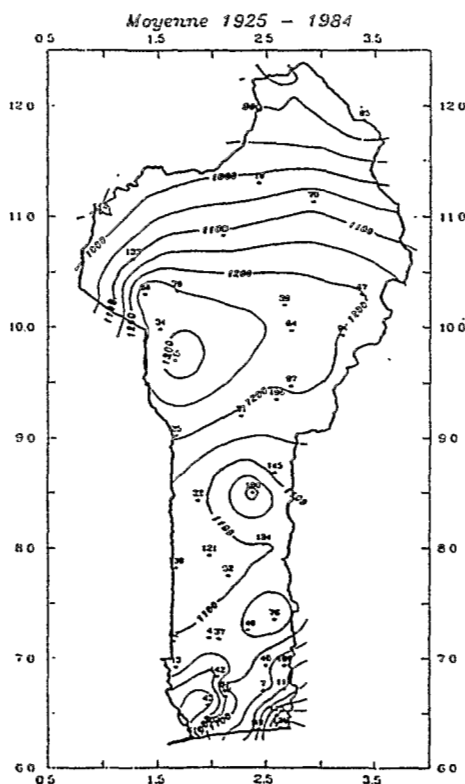


Figure 1
Pluie annuelle (millimètres).

Les données pluviographiques étaient trop fragmentaires pour que l'on puisse procéder à une étude régionale des intensités. Nous avons donc limité nos ambitions à la description statistique d'une part des cumuls journaliers à mensuels, et d'autre part des valeurs extrêmes. On répondait ainsi à un grand nombre de besoins agronomiques et hydrologiques.

Pour atteindre cet objectif, deux démarches s'offraient à nous.

La première consistait à analyser les chroniques des différents cumuls ou des valeurs extrêmes indépendamment les unes des autres. Cette façon de faire présentait au moins quatre inconvénients :

- elle était très lourde à mettre en œuvre ;
- les résultats risquaient d'être difficilement synthétisables ;
- les analyses des cumuls sur les courts pas de temps risquaient d'être biaisés, compte tenu des imprécisions de la mesure journalière ;
- on risquait d'aboutir à des résultats incohérents entre eux.

La seconde consistait à se fixer un modèle pour décrire les processus stochastiques qui, en se combinant, sont à l'origine de la pluviométrie : celui régissant l'occurrence d'une averse et celui régissant sa hauteur. C'est cette démarche que nous avons adoptée. Nous allons présenter le modèle choisi, celui de la loi des fuites, les validations que nous avons faites, et son application à la description des régimes pluviométriques du Bénin.

LA LOI DES FUITES

Si on suppose que les deux processus évoqués plus hauts sont indépendants et sans persistance et si on se place sur une période suffisamment courte pour qu'ils puissent être considérés comme stationnaires, les distributions des durées inter-averses et de hauteurs d'averses suffisent à la description des régimes puisque alors on peut en déduire celles du nombre d'averses, des cumuls, et des valeurs extrêmes.

En effet, si :

- f la fonction de densité de H , hauteur d'une averse ;
- g la fonction de densité de t_d , durée entre deux averses successives ;
- d la probabilité de n , nombre d'averses ;
- z_p la fonction de densité de C , cumul sur la période de durée p ;
- m_p la fonction de densité de M_x , valeur extrême de H au cours de la période p ;

on a alors :

$$d = \int_0^p g^{*v} - \int_0^p g^{*v+1} \quad \text{où } g^{*v} \text{ indique une puissance au sens du produit de convolution}$$

et

$$Z_p = \sum_{i=0}^{\text{inf}} d(i) \cdot f^{*i}$$

et

$$\int_0^{M_x} m_p = \sum_{i=0}^{\text{inf}} d(i) \cdot F^i(M_x) \quad \text{où } F = \int_0^x f$$

Si f et g sont toutes deux des lois exponentielles de paramètres s et τ , d est une loi de Poisson de paramètre p/τ ; z_p une loi des fuites de paramètre de forme et d'échelle, p/τ et s ; m_p une loi de Gumbel, censurée aux valeurs positives, ayant s et $(s \cdot \log p/\tau)$ comme paramètre d'échelle et de position. Dans ces conditions, de l'ajustement de cette loi aux cumuls sur une période, il est facile de déduire les distributions descriptives du régime pour toute période incluse dans celle de référence.

C'est cette méthodologie appliquée aux totaux mensuels, que nous avons suivie pour décrire les régimes pluviométriques du Bénin.

Nous ne présenterons pas ici les développements mathématiques liés à la Loi des fuites et aux méthodes d'ajustements de ses paramètres. Ils ont été plusieurs fois exposés notamment par BABUSIAUX (1969) et RIBSTEIN (1983).

LES VALIDATIONS DU MODÈLE

N'ayant pas à notre disposition de données pluviographiques, il n'était pas possible de vérifier la justesse des hypothèses concernant les deux distributions initiales, celle des hauteurs d'averses et celle des durées inter-averses. La validation du modèle s'est donc faite de façon indirecte en examinant la qualité des ajustements sur les totaux mensuels, et sur certains postes, l'adéquation des distributions pentadaires et décadaires réellement observées et déduites des lois mensuelles ajustées.

Sur l'ensemble du Bénin et pour tous les mois, c'est parmi les diverses lois classiquement employées en hydrologie, la loi des fuites qui s'ajuste le mieux et très bien aux distributions des totaux mensuels. On trouvera sur la figure 2 quelques exemples choisis au hasard.

Aux postes que nous avons testés, les lois des fuites mensuelles permettent une reconstitution très satisfaisante de celles des totaux pentadaires et décadaires. Des résultats analogues ont été obtenus par SEGUI (1988) au Togo et par RADJI (1991) au Niger.

Nous n'avons pas pu vérifier sur les données du Bénin s'il était réellement possible d'estimer la distribution des valeurs extrêmes à partir des lois des fuites ajustées aux cumuls mensuels. RADJI (1991) a pu le faire à partir des données de Niamey (Niger), les résultats obtenus sont satisfaisants.

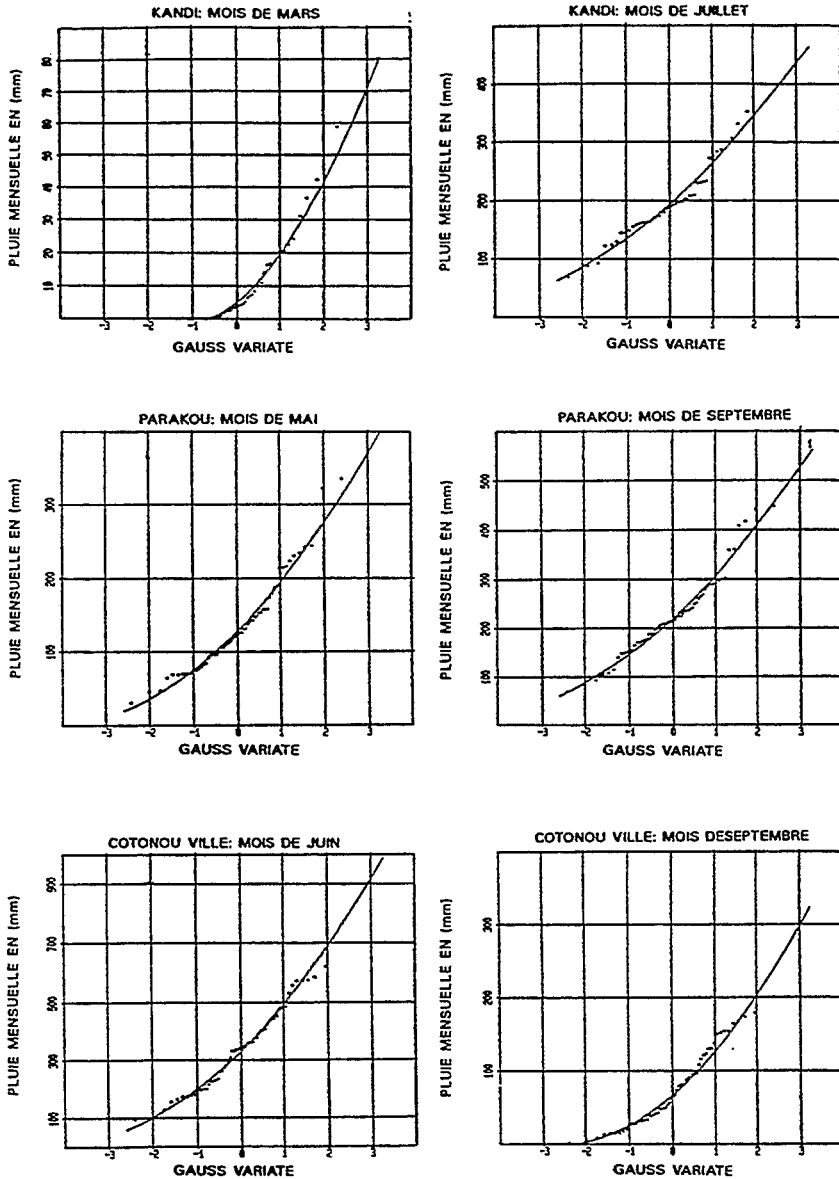


Figure 2

Exemples d'ajustements de la loi des fuites aux totaux pluviométriques mensuels.

SON APPLICATION À LA DESCRIPTION DES RÉGIMES PLUVIOMÉTRIQUES BÉNINOIS

À chaque poste du réseau, nous avons donc ajusté la loi des fuites aux distributions des totaux mensuels et avons établi les cartes des paramètres. Ces 24 cartes permettent en tout point du pays d'estimer les distributions des hauteurs et des nombres d'averses, des cumuls journaliers à mensuels et des averses extrêmes. Elles constituent donc une description à la fois synthétique et détaillée des régimes pluviométriques.

On trouvera sur la figure 3, quelques exemples de ces cartes. Il s'agit de celles du paramètre d'échelle des mois de mai à octobre. On remarquera l'effet de la pénétration du flux de mousson sur la valeur des hauteurs d'averse. Au mois de mai le champ spatial n'est pas très structuré et les hauteurs moyennes sont voisines de 10 millimètres sur l'ensemble du pays sauf sur la bande côtière où elles sont légèrement plus élevées. Au mois de juin, en revanche, la montée de la ZITC s'accompagne d'une augmentation des hauteurs avec un gradient nord-sud-nord très prononcé sur la bande côtière. En juillet cette évolution atteint son paroxysme et décroît ensuite. En octobre le champ des hauteurs est semblable à celui du mois de mai bien que les valeurs soient partout plus fortes.

Sur la figure 4 sont représentées les évolutions des deux paramètres à diverses stations réparties sur un axe nord-sud. On notera que l'extension du phénomène de *petite saison sèche* est plus importante que ce qui est généralement admis. Il est en effet encore perceptible à Kandi à plus de 11° N alors que le seul examen des profils mensuels des pluies conduirait à placer vers 8° 30' N la limite nord des régimes à deux saisons sèches.

CONCLUSION

Le modèle de la loi des fuites appliqué aux pluies mensuelles du Bénin nous a permis d'atteindre l'objectif que nous nous étions fixé à savoir donner une description efficace et synthétique des régimes pluviométriques du pays. Cependant nous nous garderions bien de considérer ce modèle comme universel. Il résulte en effet d'une représentation trop schématisée des processus pluvieux. Les averses surviennent au cours d'événements météorologiques de durée et d'extension spatiale beaucoup plus grande. En toute rigueur, il faudrait préciser les distributions des durées inter-événements et des durées inter-averses. Les bons résultats obtenus au Bénin par l'utilisation de la loi des fuites pourraient provenir du fait que dans cette région d'Afrique, en un point est associé à un événement un nombre très restreint d'averses (proche de 1).

Par ailleurs il suppose que les distributions initiales sont stationnaires dans le temps. Or les fluctuations climatiques de ces dernières années montrent à l'évidence que cela est faux. Dans une autre communication, Elguero et Le Barbé proposent un modèle qui permet de s'affranchir de cette hypothèse.

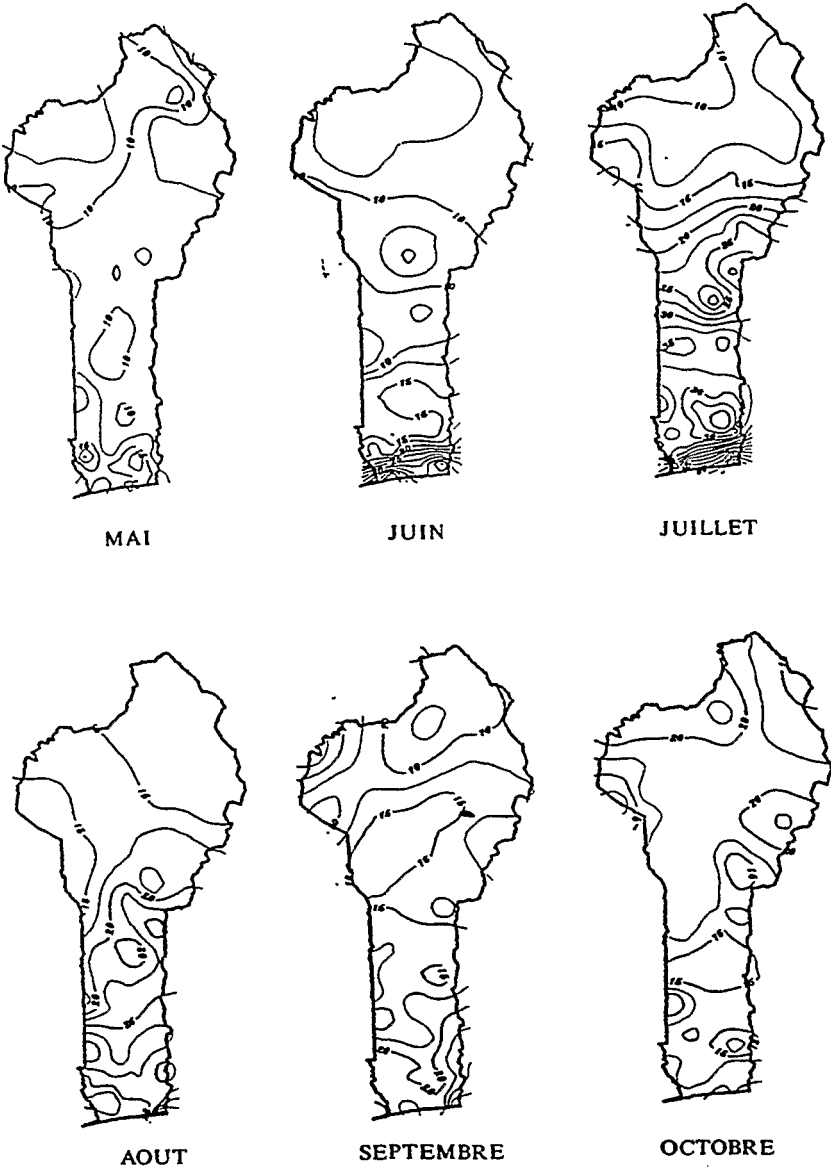


Figure 3
Cartes mensuelles des hauteurs moyennes d'averses (mm)

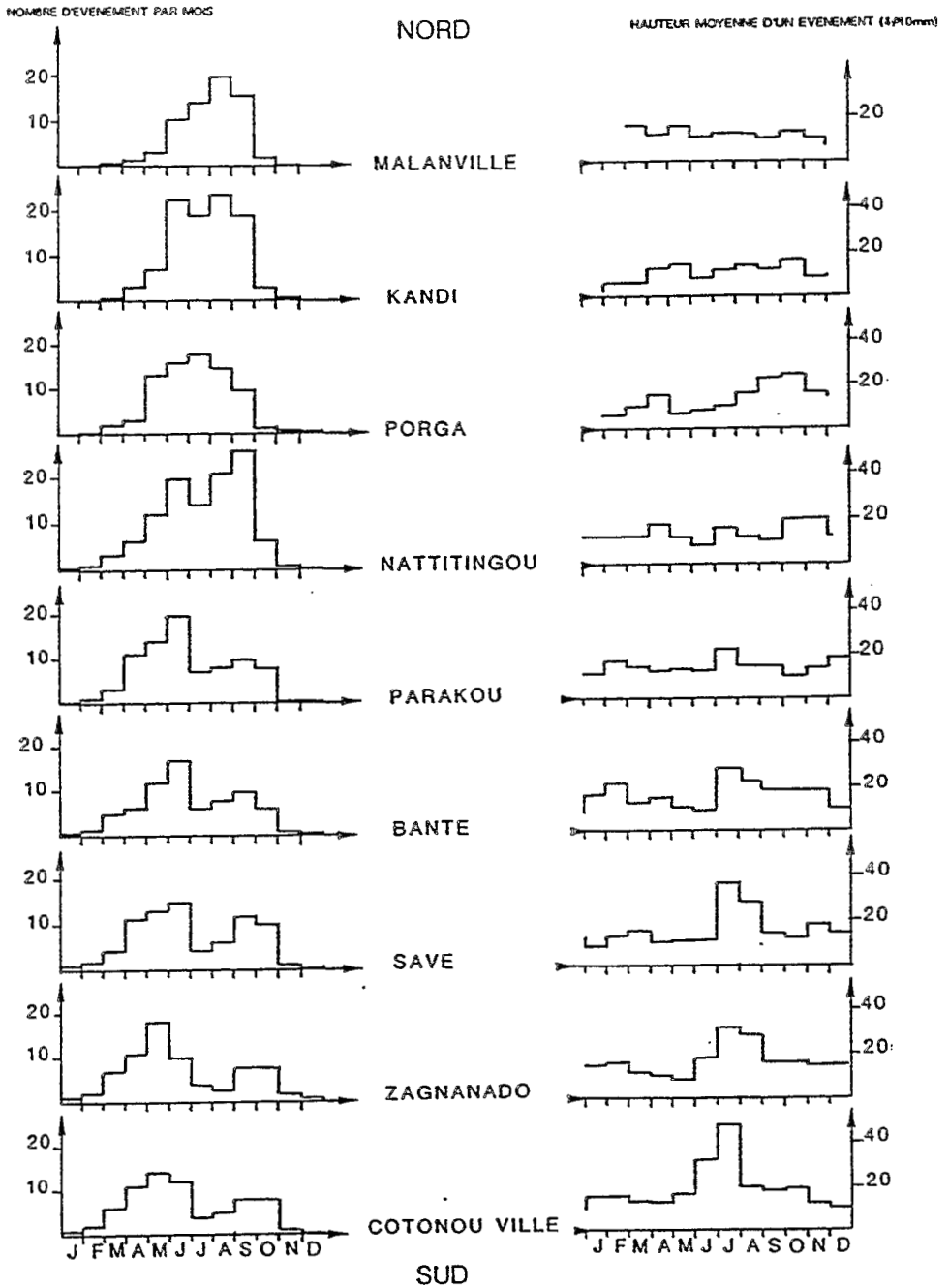


Figure 4

Évolution mensuelle des paramètres de la loi des fuites ajustés aux pluies mensuelles de certaines stations au Bénin

BIBLIOGRAPHIE

- BABUSIAUX C., 1969. Étude statistique de la loi des fuites. Thèse 3^e cycle. Faculté des sciences de Paris. .
- LE BARBÉ L., ALÉ G., MILLET B., TEXIER H., BOREL Y., GUALDE R., 1993. Les ressources en eaux superficielles de la république du Bénin. Monographie hydrologique de l'Orstom.
- RADJI G., 1991. Études des régions pluviométriques du Niger. Mémoire de fin d'études d'ingénieur. Niamey.
- RIBSTEIN P., 1983. Loi des fuites. *Cahiers Orstom*. Série hydrologie. Volume XX, n^o2.
- SEGUIS L., 1988. La pluviométrie au Togo agronomique. Orstom Lomé.