

VARIATION DU RÉGIME PLUVIOMÉTRIQUE DE LA PÉRIPHÉRIE DE LA RÉSERVE DE BIOSPHERE TRANSFRONTALIÈRE DU W AU BÉNIN

SARE B.A. ^(1&2), TOTIN V.S.H. ^(1&3), HOUSSOU C.S. ⁽²⁾, SINSIN B. ⁽¹⁾

(1) Laboratoire Pierre PAGNEY Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement, 03 BP1122 Jéricho, Cotonou, Bénin [chrispass@yahoo.fr]

(2) Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, BP : 526 Université d'Abomey Calavi, Bénin [adissatous@yahoo.fr]

(3) Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Université de Parakou, BP 123, Parakou, Bénin [sourouhenri@yahoo.fr; totinsourouhv@gmail.com]

Résumé : Cette étude vise à mettre en évidence les variations du rythme pluviométrique à l'échelle mensuelle et annuelle. Les données d'étude sont les précipitations mensuelles, de 1965 à 2010, de trois communes de Banikoara, Kandî et Karimama, riveraines de la périphérie béninoise du complexe W du Niger. Les méthodes statistiques de calcul des précipitations centrées réduites ; de la moyenne glissante sur 10 ans et les représentations graphiques ont permis de mettre en évidence une modification dans le régime des pluies dans le temps et dans l'espace. Les cumuls annuels de pluies varient entre -42,2 % en régime très sec et +47,5 % en régime très humide. Cette variation de régime pluviométrique affecte la disponibilité en eau et le cycle de vie de la diversité biologique dans cette zone. Ce qui complique les activités socioéconomiques dans les aires d'exploitation de la périphérie de la Réserve de Biosphère Transfrontalière Bénin.

Mots-clés : pluies mensuelles, moyenne glissante, modèles à base climatique, réserve de biosphère du W, Bénin.

Abstract: *Rainfall regime variation on the periphery of the transboundary biosphere reserve of W in Benin.* This study aims to highlight change on rainfall rhythm at monthly and annual scale. Study data are monthly precipitations over the period 1965-2010, of the three Municipalities Banikoara, Kandî and Karimama bordering of Benin reserve of the complex W of Niger. Statistical methods of standardized rainfall index; calculation of 10 years moving average and graphical representation help to highlight change on rains regime in time and space. Annual total rainfall varied between -42.2 % with a very dry regime and +47.5 % with the very wet regime. This variation of rainfall regime affects water availability and a life cycle of biological diversity in this area. This complicate socio-economic activity in the exploitation area around W Biosphere Reserve in Benin.

Keywords: monthly rainfall, moving average, climate base models, W biosphere reserve, Benin.

Introduction

La périphérie de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W au Bénin (RBT-W), riche en biodiversité, est un centre d'intérêt économique très important pour les populations riveraines. Mais cette biodiversité se dégrade du fait, non seulement de la pression anthropique mais aussi de la forte variabilité climatique, notamment pluviométrique, qui affecte la région ouest africaine dont le Bénin depuis les années 1970 et 1980. Le régime pluviométrique est marqué par une forte variabilité à différents niveau d'échelle tant intra-annuelle que décennale. Ainsi, la période de 1950-1968 a été qualifiée, par Le Barbé *et al.* (2002), de période humide tandis que la période 1970 est considérée comme déficitaire. Les processus de surface continentaux à travers la réduction du couvert végétal et l'érosion des sols ont pour conséquence la diminution des précipitations en Afrique de l'ouest et par conséquent l'instabilité des régimes de pluie au Bénin.

Dans la périphérie béninoise du complexe W du Niger, les totaux moyens annuels sur la période 1965-2010 sont modestes : ils varient entre 805 et 1190 mm. Les facteurs déterminants de la variation spatiale de la pluviométrie sont la latitude et l'altitude (Totin *et al.*, 2009). L'année climatique dans cette partie du Bénin est divisée en deux saisons principales par le critère pluviométrique : la saison sèche et la saison pluvieuse. La saison sèche s'étale de novembre à avril de la latitude de Banikoara (11°18'N) jusqu'à Malanville (11°52'N) dans l'extrême nord du Bénin. Cette longue saison sèche influe considérablement sur les ressources biologiques du secteur d'étude.

L'objectif de ce travail est d'analyser les caractéristiques des régimes de pluie et leur évolution temporelle et spatiale dans la périphérie du complexe W au Bénin ; du fait de sa situation géographique entre les domaines climatiques soudanien au sud et sahélien au nord.

1. Données et méthodes

1.1. Données d'étude

Les précipitations mensuelles de trois stations : Banikoara, Kandi, Karimama, collectées à l'ASECNA-Cotonou (Bénin) sur la période 1965-2010 ont été utilisées. Un intérêt particulier a été porté aux événements climatiques de la zone sahélienne (Niger et Burkina Faso) du fait qu'ils influent sur les champs de pluie de la périphérie de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W au Bénin.

A partir de l'hypothèse de l'homogénéité spatiale des précipitations mensuelles de Brunet-Moret (1992), les données manquantes ont été comblées par la méthode des doubles cumuls des stations du même domaine climatique. Soit pour une année i , les précipitations mensuelles x_i et y_i à deux stations x et y peuvent s'écrire :

$$x_i = \frac{\bar{X}}{\bar{Y}} y_i + \varepsilon_i$$

\bar{X} et \bar{Y} sont les moyennes inter-mensuelles sur une longue série des stations retenues. L'espérance mathématique de ε_i est négligeable et nulle. Ensuite, une reconstitution de ces valeurs manquantes a été faite grâce à la régression linéaire multiple à partir de trois à quatre stations du même domaine climatique.

L'équation de cette régression peut s'écrire ainsi : $Y_i = a_{1i}X_{1i} + a_{2i}X_{2i} + a_{3i}X_{3i} + C$ où a_1, a_2 et a_3 sont les coefficients de régression Y , la variable dépendante pour laquelle une des valeurs Y de l'année i (Y_i) représente des valeurs mensuels ; X_{1i}, X_{2i}, X_{3i} sont respectivement les totaux mensuels des stations 1, 2 et 3 de l'année i ; C , une constante.

1.2. Calcul des indices pluviométriques et détermination des classes de régime pluviométrique

L'indice pluviométrique (Totin *et al.*, 2009) ou précipitation centrée réduite (notée PCR) est calculé à l'aide de la formule : $PCR = \frac{x_i - \bar{X}}{\sigma}$; Avec : x_i pluviométrie de l'année i ; \bar{X} et σ respectivement la moyenne et l'écart-type de la pluviométrie moyenne interannuelle sur la période de référence. Ces indices de précipitation centrée réduite, qui correspondent aux indices standardisés de précipitation de Mc Kee *et al.* (1993), ont été utilisés pour déterminer les années excédentaires ou déficitaires traduisant certainement une amélioration ou une dégradation du régime pluviométrique de la périphérie du complexe W au Bénin. Ainsi, ont été retenus cinq régimes pluviométriques en fonction des classes de PCR. Il s'agit de : régime très humide (PCR maximale), régime humide ($1 < PCR < 1,49$), régime normal (PCR = 0), régime sec ($-1 < PCR < -1,49$) et régime très sec (PCR minimale).

Par ailleurs, le taux de variation (T_v) des totaux pluviométriques annuels des régimes extrêmes par rapport au régime normal est calculé par la formule :

$$T_v(\%) = \left[\frac{M_{\text{extrême}}}{M_{\text{normal}}} - 1 \right] \cdot 100$$

Où $M_{\text{extrême}}$ représente la moyenne pluviométrique d'un quelconque régime extrême par rapport à celle d'un régime normal (M_{normal}).

1.3. Analyse des régimes pluviométriques par approche de moyenne glissante sur 10 ans

L'analyse de la dynamique des régimes de pluie a été aussi faite par la méthode de moyenne glissante (Sahani *et al.*, 2012) sur 10 ans. La formule de calcul de cette moyenne est :

$$\bar{x}_{10} = \frac{\bar{x}_9 \cdot (10 - 1) + x_{10}}{10}$$

Pour une analyse plus complète, la méthode de moyenne glissante sur 10 ans a été combinée à celle des moyennes décennales calculées sur la période d'étude (1965-2010). Ainsi, ont été comparés les régimes de pluie des décennies 1965-1974, 1975-1984, 1985-1994, 1995-2004.

2. Résultats et discussions

2.1. Présentation de la périphérie de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W au Bénin

La périphérie de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W au Bénin est située au nord du Bénin, entre 11°20' et 12°23' de latitude Nord et 2°04' et 3°05' de longitude Est (figure 1).

Elle a un relief peu accidenté, dominé dans sa partie orientale et occidentale respectivement par la plaine. Son relief est composé de faibles ondulations dont la pente est inférieure à 2 %. Cette variation morpho-structurale n'a pas d'impact majeur sur la variabilité pluviométrique. Le réseau hydrographique formé essentiellement des affluents du fleuve Niger (Alibori, Mékrou, Sota) (Vissin, 2007) est un atout pour le renforcement de la charge hygrométrique de l'air, les processus de condensation et pluviogènes.

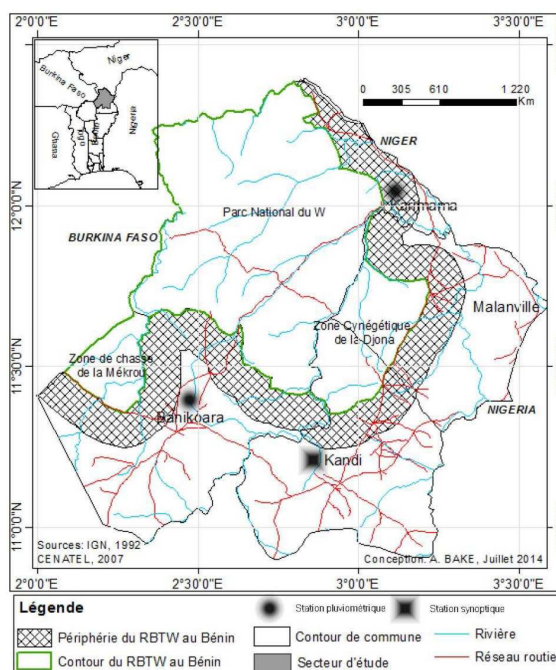


Figure 1. Localisation de la périphérie béninoise du complexe W du Niger (RBTW).

2.2. Variabilité interannuelle des précipitations de la périphérie béninoise du complexe W du Niger

La variabilité des précipitations centrées réduites, la représentation graphique des moyennes glissantes sur 10 ans et la variation des moyennes de pluie décennales ont permis de caractériser les changements spatio-temporels intervenus dans les régimes pluviométriques sur la période 1965-2010.

2.2.1. Anomalies pluviométriques et régimes de pluie de la périphérie béninoise du complexe W du Niger

L'étude de la variation des indices pluviométriques par station (figure 2) a permis d'apprécier l'évolution des précipitations dans la périphérie béninoise du complexe W du Niger sur la période 1965-2010.

Il en ressort une période plus sèche entre 1972 et 1992 à Banikoara, de 1980 à 1998 à Kandi et de 1980 à 1993 à Karimama. Mais une période commune aux trois stations apparaît entre 1980 et 1992.

L'année 1994 semble être le début d'une phase humide notamment sur les stations de Banikoara (+2,1) et de Karimama (+2,6) contrairement à celle de Kandi où a été notée une année sensiblement déficitaire (-0,2). Mahé *et al.* (2000) ont également mis en évidence cette

apparition d'années humides à partir de 1994, en zone soudano-sahélienne sur le bassin versant du Niger.

Or, les trois stations, notamment celles de Banikoara et de Karimama sont situées dans le bassin du fleuve Niger au Bénin, respectivement proche du Burkina Faso et du Niger, influencé par les événements climatiques soudano-sahéliens. A cet effet, il ressort une dominance des années déficitaires dans le secteur d'étude avec 48 % pour Banikoara, 57 % pour Karimama et 20 % pour Kandi qui est un peu plus éloignée de la zone soudano-sahélienne. Les années excédentaires sont alors dans une proportion de 46 % à Banikoara, 41 % à Karimama et particulièrement de 22 % à Kandi. Le nombre très faible d'années normales (anomalies sensiblement égales à 0) permet de dire que le régime pluviométrique est irrégulier.

Au regard des anomalies mises en évidence, cette irrégularité du régime pluviométrique de la périphérie de la réserve de biosphère transfrontalière du W au Bénin est illustrée par la figure 3.

L'analyse de la figure 3 montre qu'en année de régime pluviométrique très sec, le secteur d'étude enregistre une hauteur de pluie annuelle variant entre 472,2 mm (Karimama) et 724,4 mm (Banikoara). Sous un régime sec, la pluviométrie annuelle enregistrée est de 589,6 mm à Karimama, 802,4 mm à Banikoara et 844,1 mm à Kandi. Dans ces deux régimes de pluie secs, la périphérie béninoise du complexe W du Niger est caractérisée par les conditions climatiques de la zone sahéenne ($100 < \text{pluie} < 600 \text{ mm}$) et sahélo-soudanienne ($600 < \text{pluie} < 800 \text{ mm}$) définies pour l'Afrique nord-équatoriale (Mainguet, 1995).

A l'opposé, les hauteurs de pluie en régime très humide sont de 1205,4 mm (Karimama) à 1379,6 mm (Kandi) et en régime humide de 1025,7 à Karimama à 1183,9 mm à Kandi.

Dans ce cas, le secteur d'étude se retrouve dans les conditions climatiques de la zone soudanienne ($800 < \text{pluie} < 1200 \text{ mm}$) et quelques rares fois de la zone guinéenne ($\text{pluie} > 1200 \text{ mm}$) comme à Kandi.

Bien que faiblement observés, les régimes de pluie normaux donnent, à l'échelle annuelle, une pluviométrie de l'ordre de 817 mm à Karimama à 1001,2 mm à Kandi, confirmant l'appartenance du secteur d'étude au domaine climatique soudanien.

Par ailleurs, les taux estimés de variation de cumuls annuels de pluie des régimes extrêmes (très sec, sec, humide et très humide) par rapport au régime normal sont très variables. Ainsi, à Banikoara, varient-ils entre -25,4 % en régime très sec et +32 % en régime très humide. A Kandi,

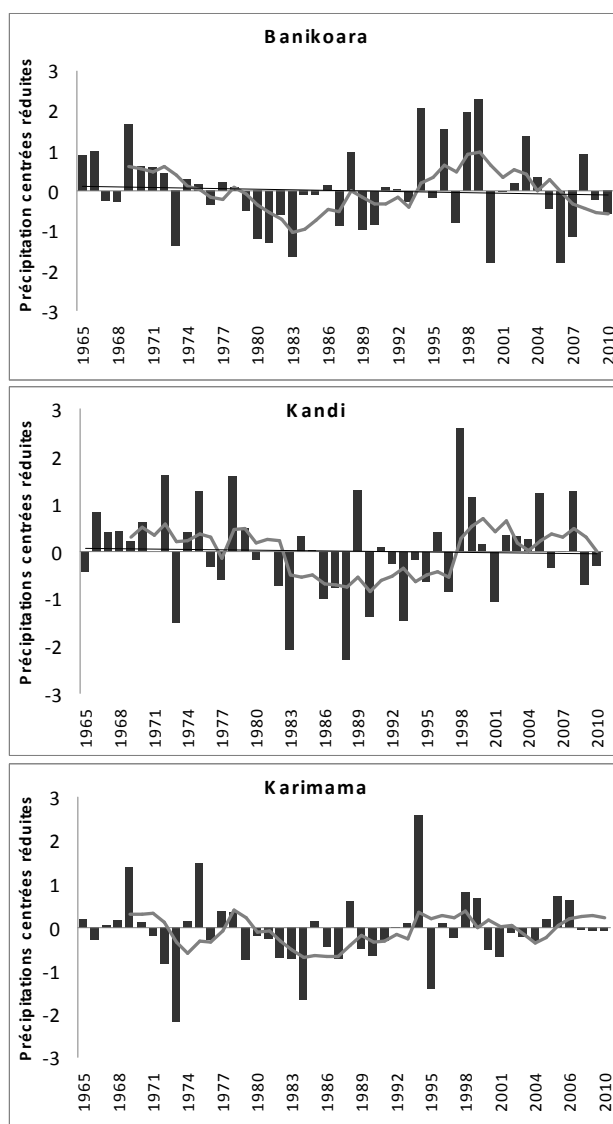


Figure 2. Variabilité interannuelle des anomalies pluviométriques de la périphérie de la réserve de biosphère transfrontalière du W au Bénin sur la période (1965-2010).

ce taux est de -34,6 % à +37,8 % par rapport à la normale. De plus, à la station de Karimama, la pluviométrie annuelle diminue de 42,2 % en régime très sec ou augmente de 47,5 % en régime très humide comparé à un régime de pluie normal.

Ainsi, au regard du nombre élevé d'années de pluviométrie déficitaire, la périphérie de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W au Bénin serait marquée par des régimes de pluie instables peu favorables à l'équilibre écologique de ce milieu.

2.2.2. Variation décennale des régimes pluviométriques

L'analyse des régimes pluviométriques de la périphérie de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W au Bénin, sur une moyenne glissante sur 10 ans calée sur le mois d'optimum de pluie (août) et à l'échelle décennale, montre une variation plus ou moins sensible comme l'illustre la figure 4.

A l'échelle stationnelle, ces régimes sont caractérisés par une stabilité à Karimama et une instabilité, pendant la période pluvieuse (mai à septembre) à Banikoara et Kandi. A l'échelle temporelle, la décennie 1995 à 2004 est très humide avec des régimes plus pluvieux au niveau des trois stations.

En effet, les totaux pluviométriques sont de l'ordre de 1036 mm à Banikoara, 1035,1 mm à Kandi et 847 mm à Karimama dus certainement au regain de pluies d'après 1990 dans la zone ouest africaine.

Les faibles régimes sont enregistrés au cours des décennies 1985-1994 pour les stations de Banikoara et Kandi et 1975-1984 à station de Karimama avec respectivement des totaux pluviométriques de 897,1 mm, 906,7 mm et 772,6 mm. Cette baisse de régime de pluies est conséquente à la sécheresse enregistrée au cours des décennies 1970 et 1980 (Boko, 1988, Houndéou, 1999) et certainement à un glissement des isohyètes de faibles précipitations de la zone sahéenne vers la zone soudanienne.

Les faibles régimes pluviométriques et hauteurs annuelles des pluies à Karimama confirment l'influence du climat sahéen dans l'extrême nord de la périphérie de la réserve de biosphère transfrontalière du W au Bénin. Cela est lié à la proximité de la zone sahéenne sous dominance des flux continentaux d'air sec provenant de l'anticyclone égypto-lybien.

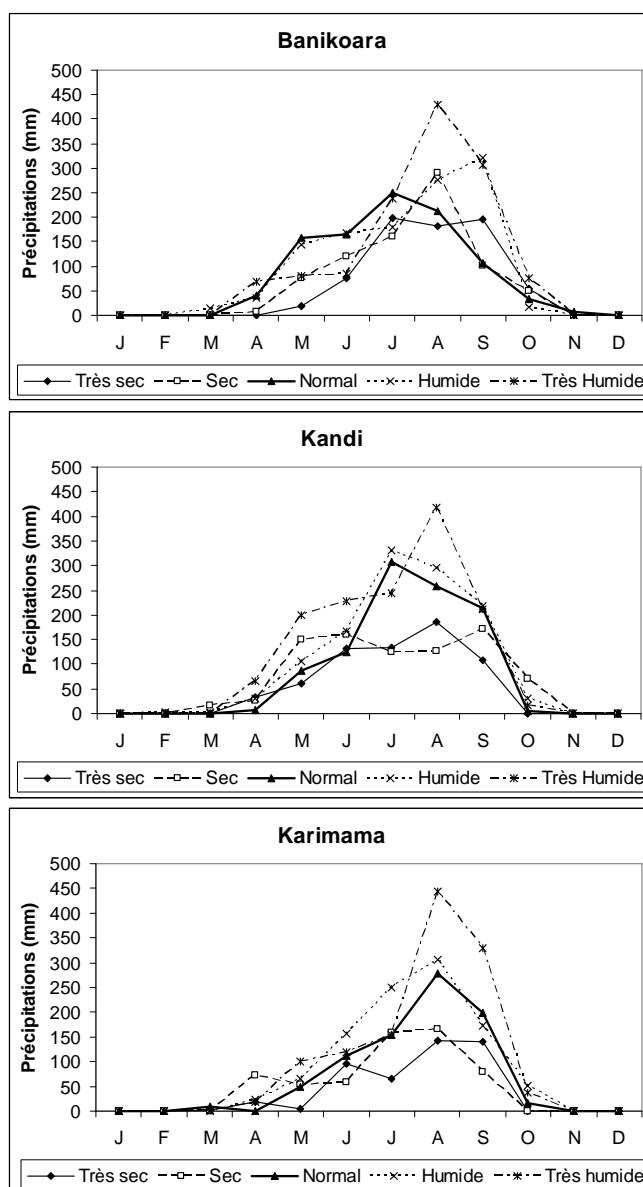


Figure 3. Variation du régime pluviométrique en fonction des classes de précipitations centrées réduites sur la période (1965-2010).

Ces résultats sont comparables à ceux de Houndénou et Hernandez (1998), Houndénou (1999), Vissin (2007), et Totin *et al.* (2009).

Conclusion

Les régimes de pluie de la périphérie de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W au Bénin, sur la période 1965-2010 varient dans le temps et dans l'espace. Ainsi, les irrégularités pluviométriques mises en évidence sont liées soit à l'aridité (sécheresse des décennies 1970 et 1980) soit à l'humidification du climat (regain pluviométrique des décennies 1990 et 2000).

La variation spatiale et l'instabilité des régimes de pluie révèlent l'influence du climat soudanien, sahélo-soudanien et sahélien.

Références bibliographiques

Boko M., 1988 : Climats et communautés rurales du Bénin : Rythmes climatiques et rythmes de développement. Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne Dijon, France, 2 volumes. 601 p.

Brunet-Moret Y., 1969 : Etude de quelques lois statistiques utilisées en hydrologie. *Cahiers ORSTOM série hydrologie*, **6**(3), 3-100.

Houndénou C., 1999 : Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide. L'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation. Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne Dijon, France, 390 p.

Houndénou C., Hernandez K., 1998 : Modification de la saison pluvieuse dans l'Atakora (1961-1990) : un exemple de sécheresse au nord-ouest du Bénin (Afrique Occidentale). *Sécheresse*, **9**(1), 23-34.

Le Barbé L., Lebel T., Tapsoba D., 2002 : Rainfall variability in West Africa during year 1950-1990. *J. Clim*, **15**(1), 187-202.

Mahé G., Olivry J-C., Dessouassi R., Orange D., Bamba F., Servat E., 2000 : Relations eaux de surface-eaux souterraines d'une rivière tropicale au Mali. C.R. Acad. Sciences. Paris, *Sciences de la Terre et des planètes*. **330**, 689-692.

Mainguet M., 1995 : *L'homme et la sécheresse*. Masson, 335 p.

Mc Kee T.B., Doesken N.J., Kleist J., 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scale. *Report of the eighth Conference on Applied Climatology*. Anaheim (California), 6 p.

Sahani M., Moeyersons J., Vandedastele I, Trefois Ph., Ozer P., 2012 : Evolution des caractéristiques pluviométriques dans la zone urbaine de Butembo (RDC) de 1957 à 2010. *Geo-Eco-Trop.*, **36**, 121-136.

Totin V.S.H., Houndénou C., Boko M., Afouda A., 2009 : Variabilité pluviométrique et bilan climatique dans le bassin de la Volta au Bénin. *Climat et développement*, **8**, 81-94.

Vissin E.W., 2007 : Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne Dijon, France, 280 p.

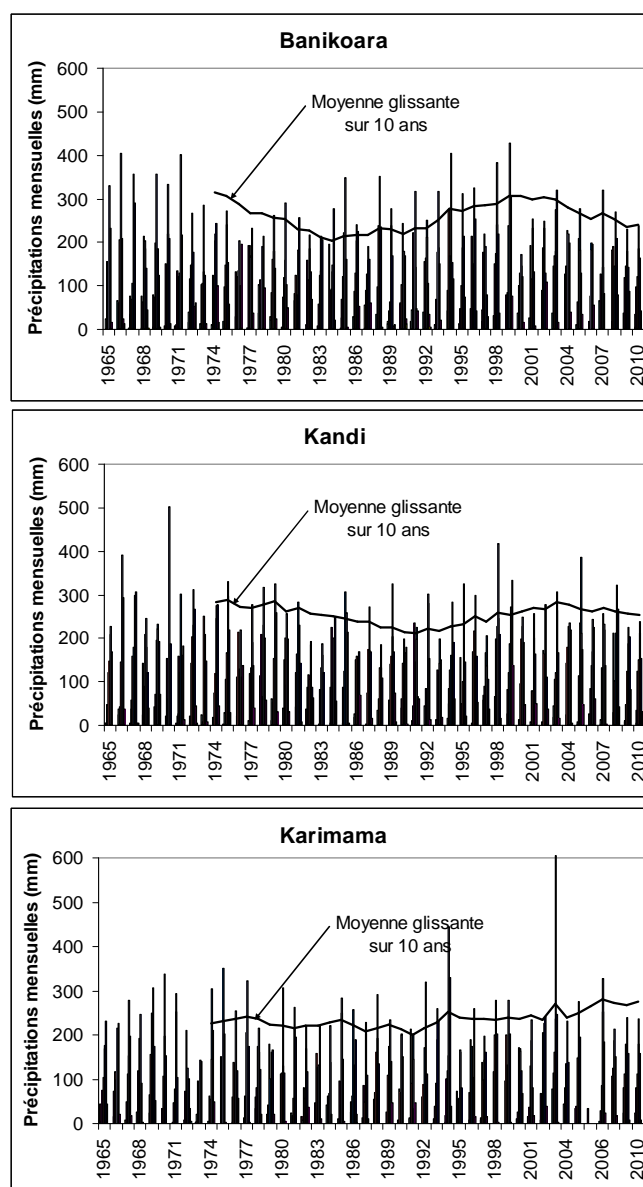


Figure 4. Variation du régime pluviométrique décennale sur la période (1965-2004).