

## Evolution des principales caractéristiques de la saison des pluies au Burkina Faso à partir des données pluviométriques de cinq modèles climatiques régionaux (MCR)

**BOUBACAR IBRAHIM<sup>1</sup>, HAROUNA KARAMBIRI<sup>1</sup> & JAN POLCHER<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), 01 BP 594 Ouagadougou 01, Burkina Faso  
[boubacar.ibrahim@2ie-edu.org](mailto:boubacar.ibrahim@2ie-edu.org)

<sup>2</sup> Laboratoire de Météorologie Dynamique /IPSL/CNRS, Boite 99, 4 place Jussieu, F-75252 Paris Cedex 05, France

**Résumé** Dans un pays sahélien comme le Burkina Faso, l'évolution du climat peut être déterminée à travers les données des pluies journalières relevées au niveau des stations. Ces données ont permis de faire une caractérisation des saisons des pluies à partir de six paramètres pluviométriques, le début et la fin des saisons, la durée de la saison, le nombre de pluies, la pluie moyenne journalière et la pluie annuelle. La comparaison des paramètres pluviométriques issus des cinq modèles climatiques avec les observations a révélé des biais sur les données simulées. Pour rendre ces données simulées plus représentatives du climat de la zone, la méthode de correction des biais dite "quantile-quantile" est utilisée sur la période de 1961 à 2050 sur la base des écarts de la période de contrôle 1961–1990. Les données corrigées ne montrent aucun consensus entre les cinq modèles sur l'évolution future des six principaux paramètres de la saison des pluies.

**Mots clés** variabilité pluviométrique; modèle climatique régional; Sahel; Burkina Faso

### Evolution of main rainy season characteristics in Burkina Faso derived from rainfall data of five regional climate models (RCM)

**Abstract** In a Sahelian country like Burkina Faso, climate evolution can be assessed through daily rainfall data recorded at stations. The rainy season is characterized by six parameters: season onset, end of the rainy season, season duration, annual rainfall number, and daily rainfall average and annual rainfall amounts. Comparison of simulated data from five regional climate models with observed data showed some biases in the simulated data. The quantile-quantile method was used to correct biases in data from regional climate models for the period 1961–2050 based on deviations on the control period (1961–1990). The corrected data from the five regional climate models did not show the same trend regarding the future evolution of the six rainy season parameters.

**Key words** rainfall variability; regional climate model; Sahel; Burkina Faso

## INTRODUCTION

Le climat ouest africain fait l'objet d'une intense observation depuis la phase des grandes sécheresses de 1972–1973 et 1984–1985 (Landsberg, 1975; Dai, 2004). Plusieurs études ont montré que c'est le climat qui a enregistré la plus forte variabilité de la pluviométrie au cours du siècle passé (Herceg *et al.*, 2007; Mahé & Paturel, 2009). Cette baisse de pluviométrie a eu de graves conséquences sur la vie des populations de la zone.

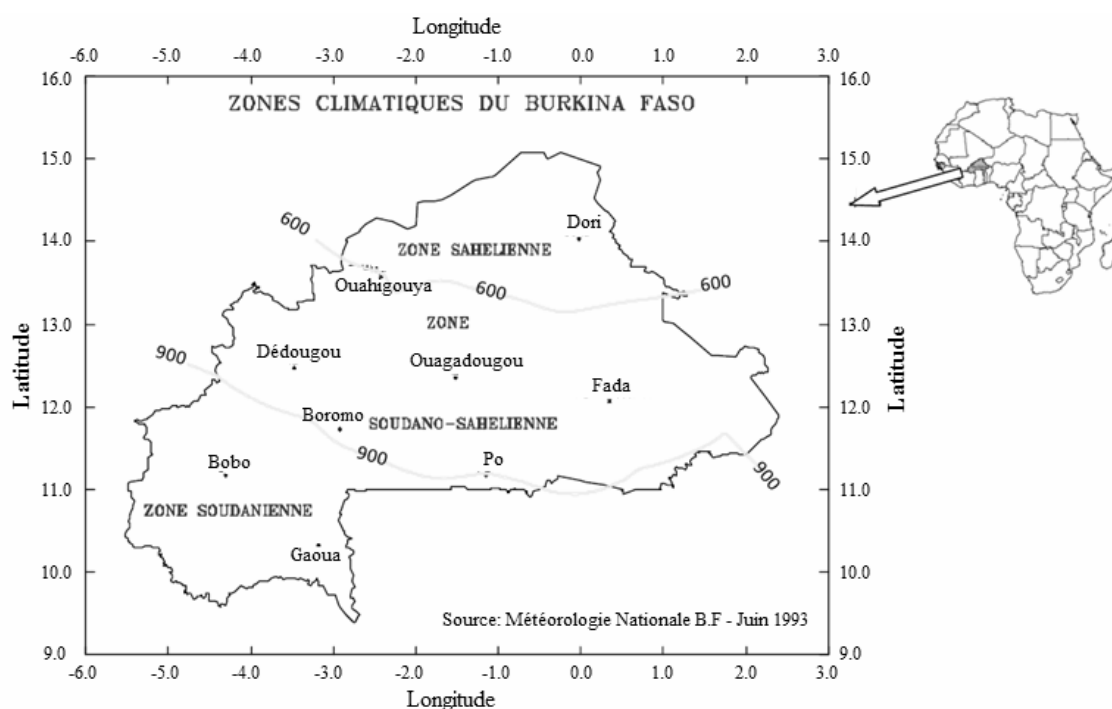
Dans le cadre du programme AMMA (Analyses Multidisciplinaires de la Mousson Africaine) (Redelsperger *et al.*, 2006) cinq modèles climatiques régionaux (MCR), à savoir CLM, HadRM3P, RACMO, RCA et REMO ont été utilisés sous le scénario SRES A1B du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental pour l'Evolution du Climat) sur la période de 1950 à 2050 sur une fenêtre qui couvre entièrement l'Afrique de l'Ouest avec une résolution spatiale de 50 km × 50 km. Ces modèles sont mis en œuvre afin d'apporter une explication de certains aspects du mécanisme climatique ouest africain.

La présente étude vise à déterminer les tendances futures des pluviométries normales et de certaines caractéristiques de la saison des pluies (début de la saison, fin de la saison, durée de la saison, nombre de pluies, pluie moyenne journalière, cumul de pluies) sur deux périodes de trente ans, 1991–2020 et 2021–2050 en comparaison avec la période de référence de 1961–1990. L'étude se limite à l'analyse des données pluviométriques des modèles sans aborder leur fonctionnement.

## DONNEES ET METHODES

Le Burkina Faso est situé au cœur de l'Afrique de l'Ouest avec un climat caractérisé par la succession de deux principales saisons, la saison sèche (mi-October à Avril) et la saison pluvieuse (Mai à mi-October). La pluviométrie moyenne annuelle se situe entre 1300 mm au sud à moins de 400 mm au Nord (Fig. 1). On dispose pour la présente étude d'une période d'observation de pluies journalières de 44 ans (de 1961 à 2004) au niveau des dix stations synoptiques du pays (Fig. 1). Les données antérieures n'ont pas pu être obtenues et toutes ces données observées proviennent de la Direction de la Météorologie Nationale du Burkina Faso.

Une comparaison des caractéristiques des saisons des pluies observées avec les caractéristiques issues des données pluviométriques des MCR à l'aide du test de détection de différence significative de Wilcoxon (Ansari & Bradley, 1960) et du calcul de l'écart moyen absolu (Willmott & Matsuura, 2005) a révélé un écart significatif entre les deux séries de données. Les données simulées sont corrigées sur la base des biais de la période de contrôle (1961–1990) pour obtenir des données pluviométriques représentatives de la pluviométrie du Burkina Faso. Déqué (2007) propose une méthode de correction des biais au pas de temps journalier basée sur la comparaison des quantiles. Il s'agit dans cette méthode dite quantile–quantile de faire en sorte que les quantiles simulés et observés soient égaux sur la période de contrôle, et la même correction est appliquée sur les prédictions, car les biais ne présentent aucune tendance significative au sens du test de détection de tendance de Spearman (Milot, 2008) sur la période de 1961 à 2004.



**Fig. 1** Zone d'étude avec les dix stations synoptiques et les zones climatiques (source: Direction de la Météorologie Nationale du Burkina Faso).

## RESULTATS ET DISCUSSION

L'étude a consisté dans un premier temps en une analyse critique des données brutes des cinq MCR pour une évaluation de la performance des modèles.

### Validation des données des MCR sur le Burkina Faso

La validation des données pluviométriques simulées est réalisée sur la période de contrôle de 1961 à 1990. Cette validation a consisté en une comparaison des caractéristiques pluviométriques (début

des saisons, fins des saisons, hauteur des pluies, nombre de pluies et séquences sèches) issues des pluies simulées avec les observations au niveau des dix stations synoptiques du Burkina Faso. On compare les données d'une maille du MCR et les données de la station couverte par la maille (Fig. 2). Les principaux biais identifiés montrent que les modèles produisent un nombre important (trois fois plus que les observations) de petites pluies inférieures à 5 mm et des pluies extrêmes très intenses (supérieure à 250 mm contre 150 mm pour les observations). La Fig. 3(a) montre sur la période de contrôle des comportements différents des modèles pour la reproduction du cumul annuel moyen de pluies sur le Burkina Faso, la situation va d'une sous-estimation pour le modèle RCA à une surestimation pour le modèle HadRM3P. Le test non paramétrique de Wilcoxon a aussi montré une différence significative entre les données simulées et les observations au niveau des dix stations au seuil de risque ( $\alpha$ ) de 5%. Malgré ces biais sur la hauteur et le nombre des pluies, les modèles respectent dans l'ensemble la période des saisons des pluies qui s'étale généralement de mai à octobre de chaque année. Ils reproduisent également l'installation du Sud vers le Nord de la saison des pluies et son retrait en sens inverse. Le gradient pluviométrique annuel nord-sud est respecté.

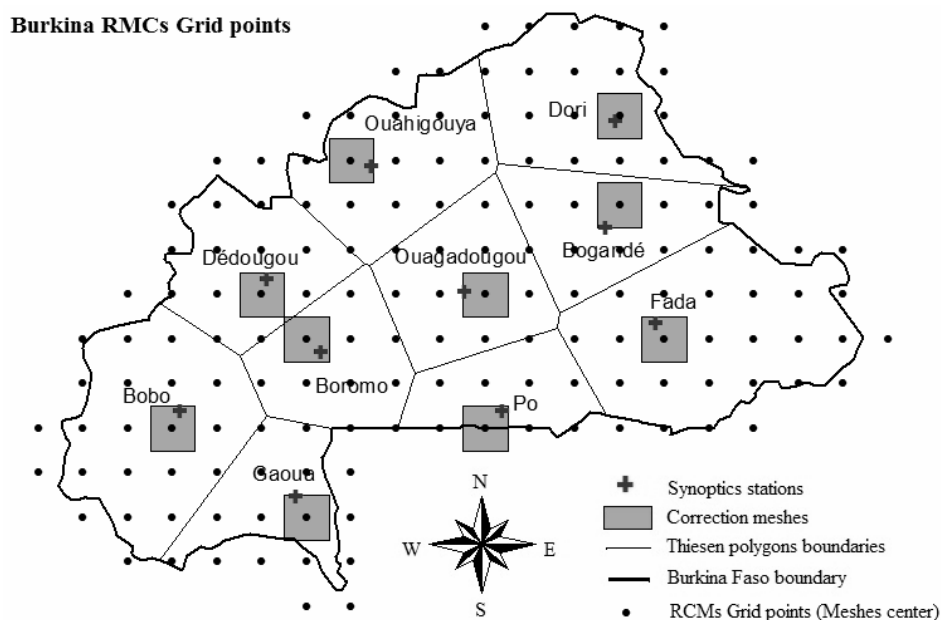
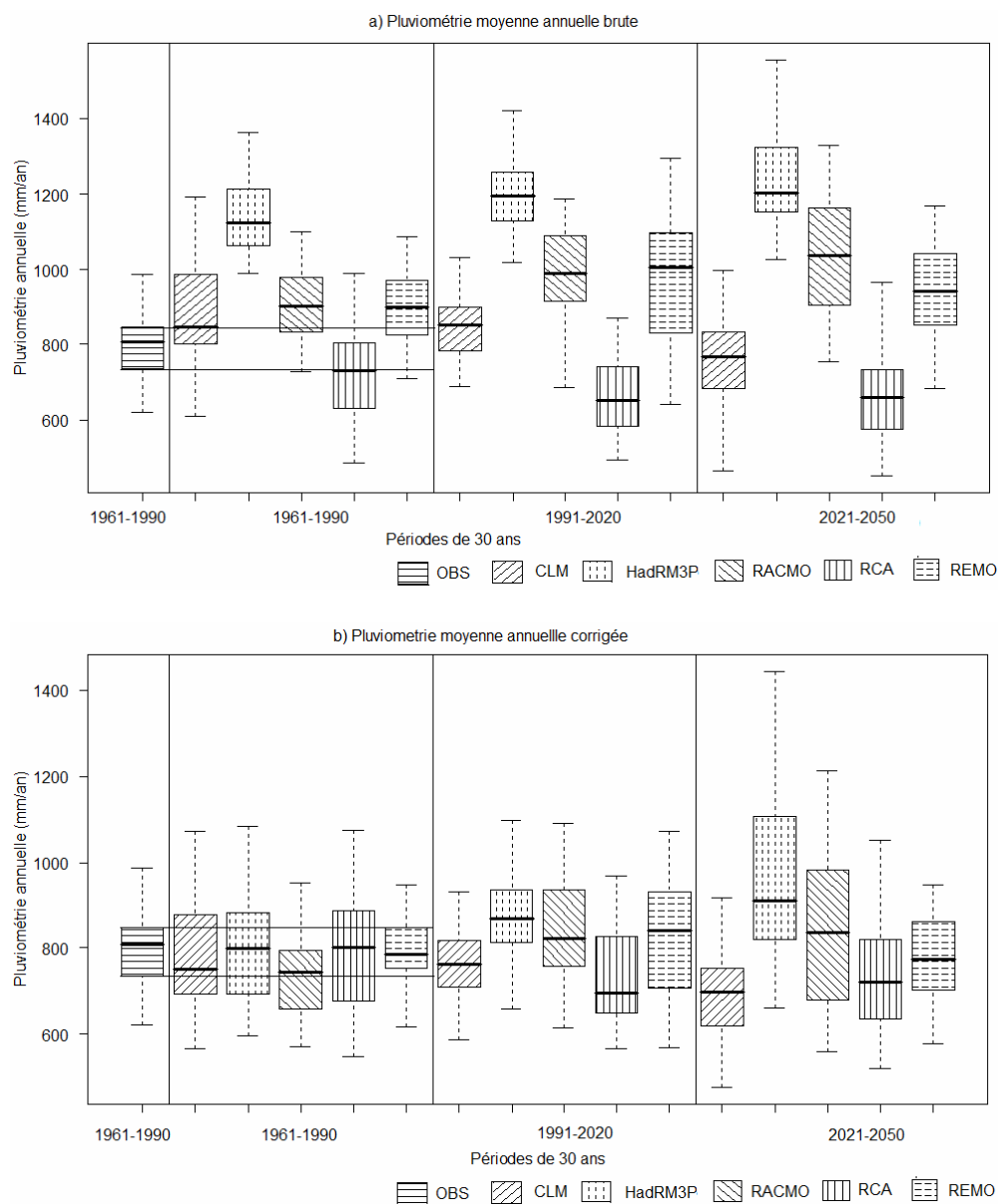


Fig. 2 Mailles des MCR et leur zone d'influence.

### Evolution des caractéristiques de la saison des pluies

Les données pluviométriques journalières produites par les cinq modèles climatiques sur la période de 1951 à 2050 ont permis d'évaluer les tendances futures de la pluviométrie sur deux périodes de prédictions, 1991–2020 et 2021–2050. La correction des données journalières avec la méthode quantile–quantile a fortement réduit les écarts entre les pluviométries annuelles issues des modèles et les pluviométries annuelles observées au niveau des différentes stations (Fig. 3(b)).

L'étude de l'évolution des pluies moyennes annuelles sur les trois périodes 1961–1990, 1991–2020 et 2021–2050 montre différentes tendances (Tableau 1). Hormis le modèle REMO sur les données corrigées, on constate une conservation des tendances sur les deux périodes, 1991–2020 et 2021–2050. Les quatre premiers modèles, CLM, HadRM3P, RACMO et RCA montrent des taux de variation moyens de plus de 5%. Les modèles CLM et RCA montrent une situation de baisse de la pluviométrie avec un taux de l'ordre de 7% alors que les modèles HadRM3P et RACMO montrent une tendance à la hausse avec un taux l'ordre de 10%.



**Fig. 3** Distribution de la pluviométrie moyenne annuelle brute et corrigée au Burkina issue des MCR.

**Tableau 1** Taux de variation (en %) des normales pluviométriques par rapport à la période de contrôle.

Modèles	Données brutes		Données corrigées	
	1991–2020	2021–2050	1991–2020	2021–2050
CLM	-7	-7	-4	-13
HadRM3P	5	9	10	21
RACMO	7	12	11	13
RCA	-8	-7	-7	-6
REMO	7	3	5	-2

Les différentes tendances des quatre modèles identifiées sur les données brutes sont bien conservées avec la correction (Tableau 1). En effet, le test de Wilcoxon ne montre aucune différence significative au seuil de risque de 5% entre les taux de variation issus des données brutes et des données corrigées

Le test de détection de corrélation significative de Spearman (Millot, 2008) est appliqué entre la pluie annuelle et les autres paramètres pour déterminer les paramètres (début de la saison, fin de la saison, durée de la saison, nombre de pluies, pluie moyenne journalière) permettant d'expliquer les variations des normales pluviométriques. La similarité de la variabilité inter-annuelle de ces paramètres avec celle de la pluie annuelle varie d'un modèle à l'autre. Ces résultats ont été renforcés par la mise en œuvre d'une régression multiple (entre la pluie annuelle et les autres paramètres) qui a montré que les paramètres corrélés avec la pluie annuelle restituent plus de 95% de sa variance. La pluviométrie annuelle dépend significativement de la durée des saisons, du nombre de pluies et de la hauteur moyenne des pluies. Les différentes variations significatives entre la période de référence et les périodes de prédictions sont (Tableau 1):

- la baisse de pluviométrie du modèle CLM est corroborée par une baisse du nombre de pluies, du fait d'un raccourcissement de la saison des pluies avec un démarrage de plus en plus tardif;
- la baisse de pluviométrie du modèle RCA est corroborée par une diminution du nombre de pluies et une baisse de la hauteur moyenne des pluies journalières;
- l'augmentation de pluviométrie du modèle HadRM3P est corroborée par une augmentation de la hauteur moyenne des pluies journalières de 6 à 10%; et
- l'augmentation de pluviométrie du modèle RACMO provient également de l'augmentation de la hauteur moyenne des pluies journalières de 11 à 13%.

L'ensemble des variations déterminées sur les deux périodes de prédiction restent inférieures au déficit pluviométrique enregistré au cours de la décennie 1970, qui est de l'ordre de 19% par rapport à la décennie 1960 sur l'ensemble du Sahel (Mahé & Paturel, 2009).

## CONCLUSION

Les cinq modèles climatiques régionaux utilisés dans cette étude n'ont montré aucun consensus sur l'évolution des six principales caractéristiques des saisons des pluies analysées, à savoir le début et la fin des saisons, la durée de la saison, le nombre de pluies, la pluie moyenne journalière et la pluie annuelle. Les différentes variations au cours des deux périodes de prédiction (1991–2020 et 2021–2050) restent inférieures à 15% en valeur absolue. Les augmentations de précipitations sont essentiellement expliquées par une augmentation de la hauteur moyenne des pluies journalières. Quant aux diminutions de précipitations, elles s'expliquent par une baisse du nombre de pluies et de la hauteur moyenne des pluies.

## REFERENCES

- Ansari, A. R. & Bradley, R. A. (1960) Rank-sum tests for dispersions. *Ann. Math. Statist.* **31**, 1174–1189.
- Dai, A., Lamb, P. J., Trenberth, K. E., Hulme, M., Jones, P. D. & Xie, P. (2004) The recent Sahel drought is real. *Int. J. Climatol.* **24**, 1323–1331.
- Déqué, M. (2007) Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an anthropogenic scenario: model results and statistical correction according to observed values. *Global Planet. Change* **57**, 16–26.
- Herceg, D., Sobel, A. H. & Sun, L. (2007) Regional modeling of decadal rainfall variability over the Sahel. *Climate Dynamics* **29**, 89–99.
- Landsberg, H. E. (1975) Sahel drought: Change of climate or part of climate? *Theor. & Appl. Climatology* **23**, 193–200.
- Mahé, G. & Paturel, J. E. (2009) 1896–2006 Sahelian annual rainfall variability and runoff increase of Sahelian Rivers. *C. R. Geoscience* **341**, 538–546.
- Millot, G. (2008) *Comprendre et réaliser des tests statistiques à l'aide de R. Manuel pour les débutants*. De Boeck, Bruxelles, Belgique.
- Redelsperger, J.L., Thorncroft C., Diedhiou, A., Lebel, T., Parker, P. & Polcher, J. (2006) African Monsoon Multidisciplinary Analysis: An international project and field campaign. *Bull. Am. Met. Soc.* **87**(12), 1739–1746.
- Willmott, C. J. & Matsuura, K. (2005) Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate Research* **30**, 79–82.