

Modélisation et Analyse des Données d'Observation et de Simulation du Climat Actuel dans l'Ouest de la Centrafrique

¹Bertrand DOUKPOLO et ²André KAMGA

¹Laboratoire de Climatologie, de Cartographie et d'Etudes Géographiques - Guy LASSERRE. Département de Géographie, FLSH, BP. 1450 - Université de Bangui, Centrafrique

²Centre Africain pour les Applications de la Météorologie au Développement (ACMAD), Département « Climat et Environnement », 85, Avenue des ministères, BP 13184 Niamey (Niger)



Résumé – Cette étude porte sur la modélisation du climat actuel dans l'Ouest de République Centrafricaine. Elle analyse les données observées et simulées des paramètres climatiques notamment les températures moyennes de l'air et les précipitations aux échelles journalière, mensuelle et annuelle, à partir des quatre (4) stations météorologiques retenues. Les écarts moyens des températures (°C) et des précipitations (mm et %) sont fondés sur l'analyse des observations de 1971 à 2000 considérée comme la période de référence. Le choix des périodes est déterminé par la disponibilité d'accès aux données et à la longueur des séries chronologiques. L'évaluation des modèles est basée sur la comparaison des écarts types simulés avec la référence, l'erreur quadratique moyenne et la corrélation. Les cycles annuels des moyennes mensuelles des précipitations et des températures simulées par les 12 modèles sur la région d'étude sont analysés. Les résultats montrent que les modèles climatiques globaux reproduisent assez parfaitement les observations. Une appréciation visuelle permet de vérifier que l'ensemble multimodèle a quasiment reproduit l'amplitude, le début et la fin de la saison et le nombre et la position des modes.

Mots clés – Ouest-centrafricain, données observées, données simulées, modélisation climatique

Abstract – This study focuses on the modeling of the current climate in the West of the Central African Republic. It analyzes the observed and simulated data of climatic parameters, in particular average air temperatures and precipitation on daily, monthly and annual scales, from the four (4) selected meteorological stations. The mean deviations of temperature (°C) and precipitation (mm and%) are based on the analysis of observations from 1971 to 2000 considered as the reference period. The choice of time periods is determined by the availability of access to the data and the length of the time series. The evaluation of the models is based on the comparison of the simulated standard deviations with the reference, the root mean square error and the correlation. The annual cycles of monthly average precipitation and temperature simulated by the 12 models over the study region are analyzed. The results show that global climate models reproduce the observations quite perfectly. A visual assessment makes it possible to verify that the multimodel set has almost reproduced the amplitude, the start and the end of the season and the number and position of the modes.

Keywords – West Central African, observed data, simulated data, climate modeling.

I. INTRODUCTION

Les simulations de l'évolution du climat sont généralement construites à l'aide de modèles climatiques planétaires (MCG, pour modèles de circulation générale). Cependant, les MCG ont des résolutions spatiales de l'ordre de dizaines à plusieurs centaines kilomètres, ce qui est acceptable pour évaluer le changement climatique à l'échelle globale sur la Terre, mais insuffisant pour étudier ses impacts généralement localisés (MacKellar et al., 2010), sur des espaces moins vastes comme l'Ouest de la Centrafrique (Figure

1). Cet espace se situe entre 02° 16' et 08° 35' de latitude nord, et 14° 25' et 19° 00' de longitude, avec une superficie de 209.635 Km².

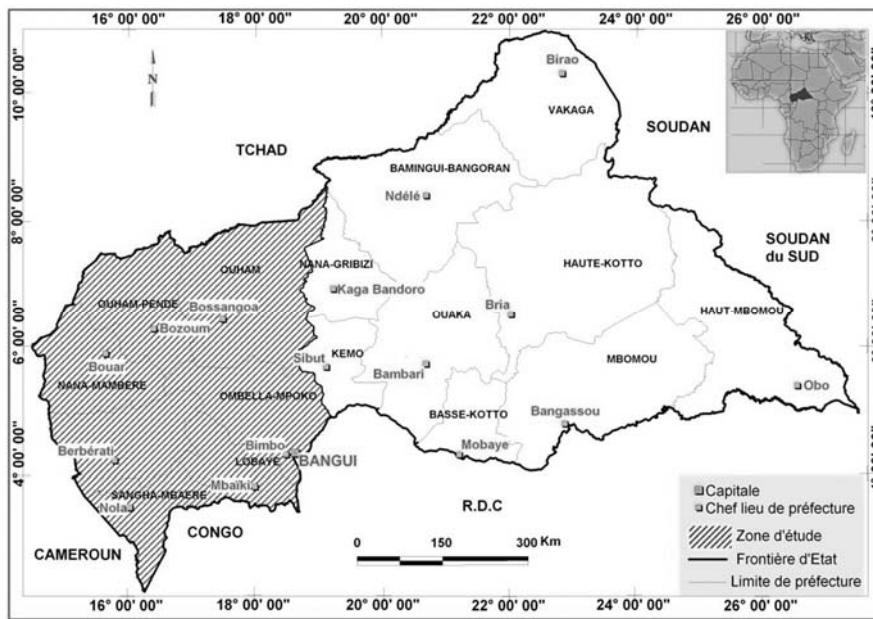


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude. Source : LACCEG, 2019

La communauté scientifique admet qu'à défaut de disposer d'un modèle climatique régional qui couvre la zone d'étude, les moyennes des sorties de modèles globaux peuvent être intégrées dans le calibrage (GIEC, 2001). Un aspect important de la validation du modèle climatique est l'évaluation de sa capacité à reproduire la variabilité du système climatique. Cette démarche a permis de valider les résultats des simulations effectuées sur la période 1971-2000, en prenant comme données de référence les observations.

Tanaka (2005) et Wang et Lau (2006) ont fait tourner les modèles du GIEC pour les comparer aux observations. Ils notent que « la dispersion des modèles est encore considérable » et que « de larges biais sont observés dans les simulations du GIEC sur le XXe siècle », rendant prématurée toute projection quantifiée sur le XXIe siècle. Cependant, selon Phillips et Gleckler (2006), les modèles couplés Océan Atmosphère arrivent à reproduire certains aspects observés du climat actuel, en dépit de biais relevés au niveau de certaines variables (les précipitations) ou pour certaines régions comme l'Afrique. C'est d'ailleurs la raison essentielle pour laquelle un travail préalable de validation doit être effectué pour estimer la crédibilité d'un modèle sur une région particulière.

II. DONNEES ET METHODES

Les données d'observation du climat ont été fournies par le réseau d'observations météorologiques de l'ASECNA de la République centrafricaine, puis complétées par les statistiques du Service de climatologie à la Direction de la Météorologie Nationale, enfin l'exploitation des bases de données de l'Institut de Recherche pour le Développement et du Centre de Recherche de Climatologie à l'Université de Bourgogne. Les données de simulation du climat proviennent des archives CMIP3 (*Coupled Model Intercomparison Project phase 3 Multi-Model Dataset*), du WCRP (*World Climate Research Programme*), du CSAG (*Climate System Analysis Global*) et du PCMDI (*Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison*) sous l'autorité scientifique de l'OMM (2001) et du GIEC (AR4, 2007).

La présente étude, se basant sur une représentation graphique des sorties des 21 modèles du CMIP3 pour chaque paramètre climatique et par station retenue, arrive à la conclusion que sur la zone d'étude, douze (12) modèles (Tableau 1) semblent simuler le mieux les observations des précipitations et des températures. Les sorties de ces modèles sont moyennées afin de réduire leurs disparités et en constituer un ensemble dit « moyennes multimodèles » qui sont identifiés comme les plus aptes à reproduire le climat passé et actuel dans l'Ouest de Centrafrique (Doukpolo, 2014). Les autres modèles sont moins pertinents car ils surestiment ou sous-estiment les observations.

Tableau 1 : Sélection des MCG dans les archives CMIP3 et leurs résolutions d'origine

| 1. 2. | Modèles | Sources | Maille de résolution d'origine | |
|----------|------------|-----------------|--------------------------------|---------------|
| | | | Atmosphère | Océan |
| 3. | CM2.0 | CCR (Norvège) | 2.5° - 3.85° | 1.25° - 1.85° |
| 4. | CCSM3 | NCAR (USA) | 1.4° - 1.4° | 0.46° - 1.25° |
| 5. | CGCM3.1 | CCCMA (Canada) | 3.75° - 3.75° | 1.85° - 1.85° |
| 6. | CM3.0 | IMN (Russie) | 2.5° - 3.75° | 1.25° - 1.25° |
| 7. | CSIRO MK3 | ABM (Australie) | 1.85° - 1.85° | 0.95° - 1.85° |
| 8. | ECHAM5 | MPI (Allemagne) | 1.85° - 1.85° | 1° - 1° |
| 9. | GCCM2.3.2a | MRI (Japon) | 2.5° - 3.75° | 1.25° - 1.25° |
| 10. | GFDLCM2.1 | NOAA(USA) | 2° - 2.5° | 0.9° - 1.0° |
| 11. | GISS E-R | NASA (USA) | 4° - 5° | 4° - 5° |
| 12. | HadCM3 | UKMO (UK) | 2.5° - 3.75° | 1.25° - 1.25° |
| 13. | MIROC3.2 | CCSR (Japon) | 2.81° - 2.81° | 0.9° - 1.4° |
| 14. | PCM | NCAR (USA) | 2.81° - 2.81° | 1.0° - 1.0° |

Source : Synthèse bibliographique

L'ensemble multimodèle climatique est basé sur des principes physiques et est capable de reproduire certaines caractéristiques des climats passé et présent. Il y a une confiance croissante dans les modèles couplés Océan Atmosphère quant à leur capacité à donner une estimation des changements climatiques futurs à grande échelle. L'approche multimodèle est recommandée à dessein par le GIEC (2001) de façon à ce que les scénarios intégrés puissent englober un vaste éventail de climats futurs possibles, plutôt que de recourir à un seul scénario de la valeur la plus probable. La façon la plus simple d'utiliser cet ensemble consiste à calculer les moyennes de toutes les sorties de chacun des modèles pour créer les moyennes multimodèles globales (M3G), une démarche certes fastidieuse mais qui est régulièrement utilisée par le GIEC (2007).

Ces moyennes multimodèles servent à filtrer les biais de modèles individuels et ne retiennent que les erreurs qui sont généralement omniprésentes. Il existe certaines preuves que les moyennes multimodèles sont souvent en meilleur accord avec les observations de l'un des champs simulés par les modèles individuels, qui prend en charge la dépendance continue sur la diversité des approches de modélisation à projeter les changements climatiques à venir et fournit un certain intérêt à l'évaluation des résultats moyens multimodèles.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

Les fluctuations du climat actuel, dans l'Ouest de la Centrafrique, sont caractérisées à partir des données d'observation et de simulation, se basant sur la période de référence 1971-2000. Ces résultats désagrégés du système de calibrage montrent très peu de discordance entre les cycles annuels des précipitations et des températures moyennes mensuelles observées et simulées. Les droites d'ajustement linéaire pour les tendances semblent parfaitement se corréliser entre les variables observées et celles simulées. Les coefficients de corrélation sont déterminés et les écarts (absolus et relatifs) entre les observations et les simulations des pluies et températures sont mis en évidence.

3.1. Simulation de la variabilité pluviométrique

3.1.1. Cycle annuel des précipitations mensuelles observées et simulées

La figure 2 permet de visualiser le comportement global des précipitations dans l'Ouest de la Centrafrique, dans leur progression latitudinale au cours de l'année. Cette appréciation visuelle permet de vérifier comment l'ensemble multimodèle reproduit

l'amplitude, le début et la fin de la saison, et le nombre et la position des modes. Elle montre, dans les simulations, un début précoce de la saison des pluies à Berbérati ; les précipitations apparaissent de façon intense dès le mois d'avril et les écarts absolus et relatifs sont plus élevés aux mois secs qu'aux mois pluvieux.

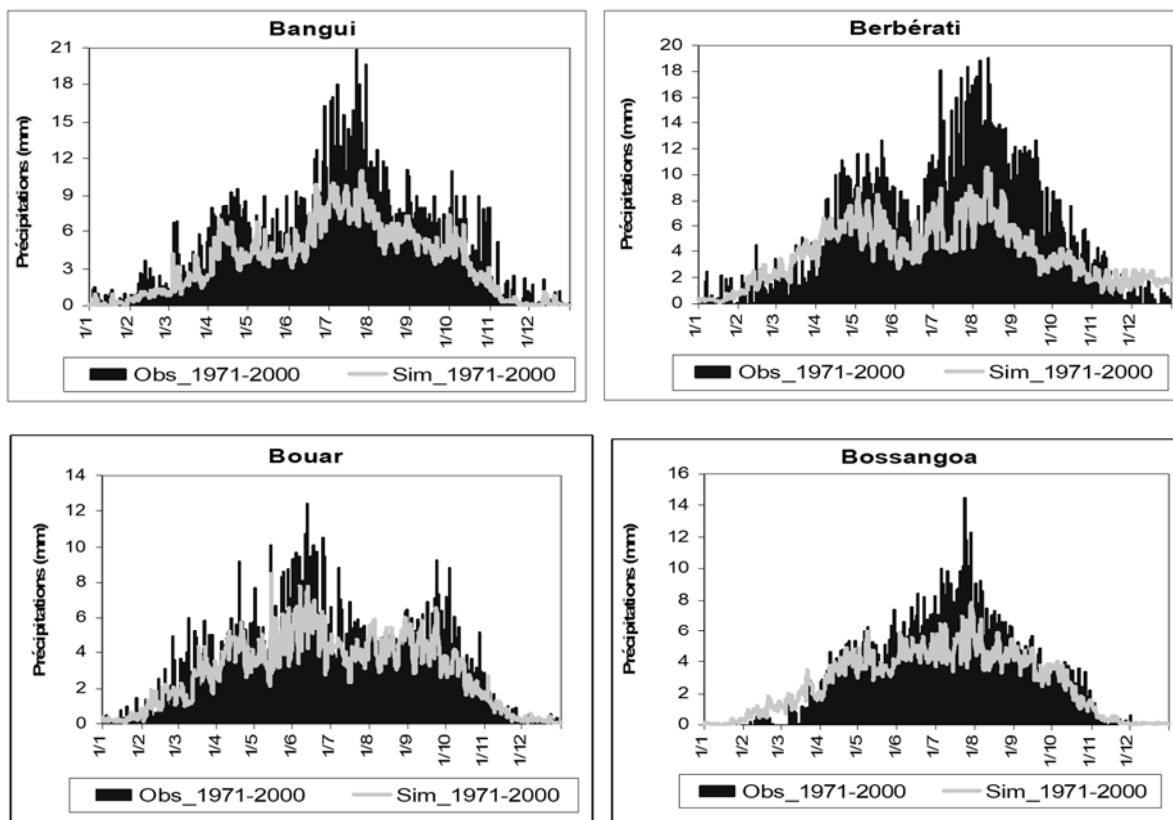


Figure 2 : Précipitations mensuelles observées et simulées sur la période de 1971 à 2000

La lecture de la figure 2 montre que le cycle pluviométrique annuel dans l'Ouest de la Centrafrique se caractérise par une saison de pluies qui débute en mars-avril et se termine approximativement en octobre-novembre avec un ou deux modes. L'amplitude des pluies observées est assez bien simulée par le multimodèle. On constate que la saison de pluies, qui commence habituellement en avril ou mai à Bossangoa débute deux mois plutôt dans les simulations (les précipitations sont sous-estimées).

En revanche, le maximum et la fin de la saison des pluies sont proches des observations. On note à Bouar que, la saison des pluies démarre un mois plus tôt dans le multimodèle (en mars), mais le maximum et la fin de la saison correspondent aux observations. A Bangui et Berbérati, les simulations reproduisent bien les deux pics saisonniers caractéristiques (juin-juillet et septembre-octobre). Le tableau 2 présente les écarts entre les précipitations mensuelles simulées observées et simulées dans l'Ouest de la Centrafrique.

Tableau 2 : Ecarts entre les pluies mensuelles observées et simulées (1971-2000)

| | | Mois | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------------------------|------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| | | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| Bouar | Obs_1971-2000 | 7 | 19 | 73 | 100 | 160 | 185 | 219 | 254 | 237 | 187 | 47 | 11 |
| | Sim_1971-2000 | 3 | 8 | 35 | 66 | 137 | 159 | 197 | 215 | 209 | 118 | 15 | 5 |
| | <i>Erreurs absolues (mm)</i> | 6 | 4 | 11 | 37 | 34 | 23 | 26 | 22 | 39 | 28 | 69 | 31 |
| <i>Erreurs relatives %</i> | | 86 | 59 | 56 | 51 | 34 | 14 | 14 | 10 | 15 | 12 | 37 | 67 |
| Bossangoa | Obs_1971-2000 | 4 | 5 | 37 | 77 | 155 | 174 | 259 | 288 | 232 | 164 | 21 | 1 |
| | Sim_1971-2000 | 1 | 4 | 42 | 82 | 124 | 153 | 227 | 243 | 218 | 153 | 20 | 2 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| <i>Erreurs absolues (mm)</i> | | 2 | 2 | 1 | 5 | 5 | 31 | 21 | 32 | 45 | 14 | 11 | 1 |
| <i>Erreurs relatives %</i> | | 60 | 60 | 15 | 15 | 7 | 20 | 12 | 12 | 16 | 6 | 7 | 235 |
| Berbérati | Obs_1971-2000 | 17 | 30 | 93 | 131 | 162 | 147 | 176 | 193 | 216 | 219 | 87 | 19 |
| | Sim_1971-2000 | 11 | 18 | 63 | 83 | 123 | 115 | 166 | 179 | 224 | 212 | 69 | 12 |
| <i>Erreurs absolues (mm)</i> | | 7 | 7 | 12 | 30 | 48 | 39 | 33 | 10 | 13 | 8 | 7 | 18 |
| <i>Erreurs relatives %</i> | | 38 | 38 | 40 | 32 | 37 | 24 | 22 | 5 | 7 | 4 | 3 | 21 |
| Bangui | Obs_1971-2000 | 21 | 26 | 96 | 121 | 155 | 159 | 200 | 208 | 207 | 197 | 74 | 24 |
| | Sim_1971-2000 | 13 | 14 | 70 | 83 | 114 | 164 | 213 | 190 | 185 | 168 | 43 | 18 |
| <i>Erreurs absolues (mm)</i> | | 8 | 8 | 13 | 27 | 38 | 40 | 5 | 13 | 18 | 22 | 29 | 31 |
| <i>Erreurs relatives %</i> | | 39 | 39 | 48 | 28 | 31 | 26 | 3 | 7 | 9 | 11 | 15 | 42 |

Source : Résultats de traitement statistique des données pluviométriques

3.1.2. Tendances observées et simulées des précipitations annuelles

Les tendances des précipitations annuelles simulées ont été mises en évidence et comparées aux observations sur la période de 1971-2000. Les données ont été d'abord normalisées puis le test non paramétrique de Mann-Kendall a été appliqué pour déterminer l'existence d'une tendance significative. Il ressort que la tendance est en hausse à Bouar. Par contre, Berbérati et Bossangoa, la tendance est en baisse. Bangui, en zone subéquatoriale, a une tendance quasi monotone mais légèrement en hausse. Dans l'ensemble des stations étudiées, l'approche multimodèle reproduit assez bien le cycle annuel des précipitations (Figure 3). Toutefois, il existe des erreurs systématiques dans la simulation du démarrage de la saison des pluies et dans celle des quantités de précipitations.

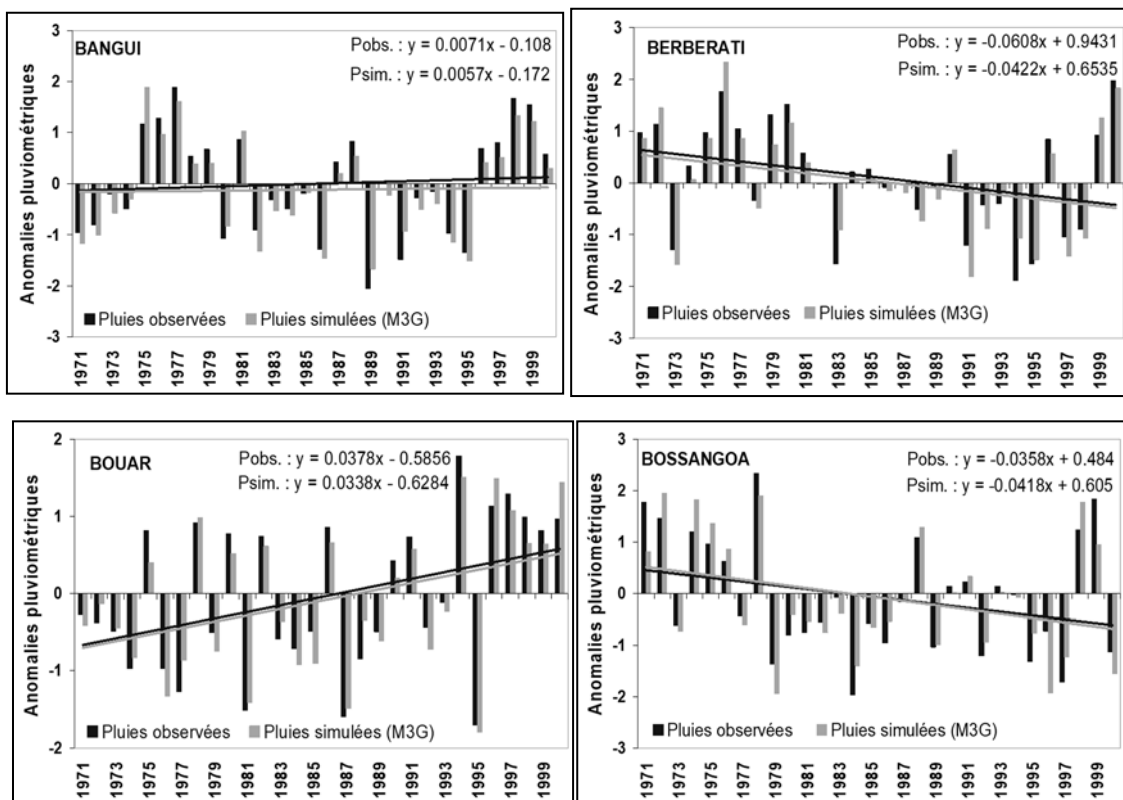


Figure 3 : Comparaison des anomalies de précipitations observées et simulées sur la période de référence

Les coefficients de corrélation de Pearson ont été utilisés pour analyser l'intensité des relations linéaires entre les pluies annuelles simulées et celles observées (Figure 4).

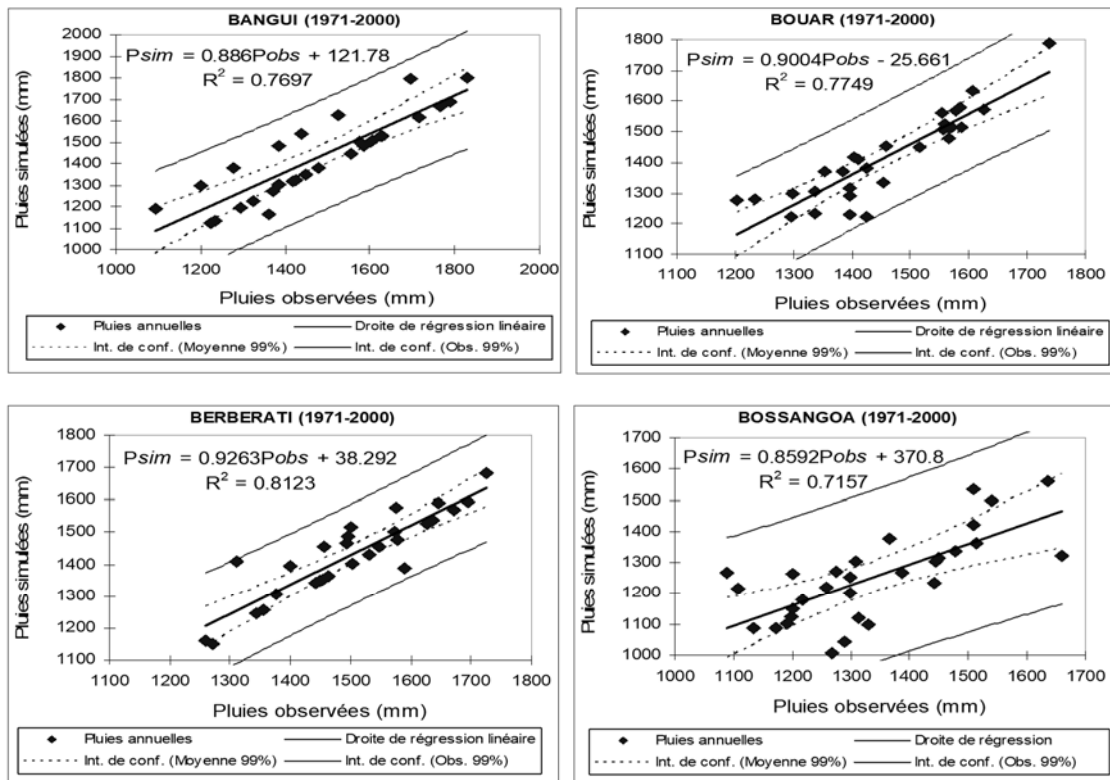


Figure 4 : Corrélation entre les pluies annuelles simulées et observées sur la période de référence

L'interprétation de la figure 4 montre que le cycle mensuel est bien simulé, comme le soulignent les coefficients de corrélation élevés entre le cycle simulé et le cycle de la climatologie observée à plus de 0,70 dans les quatre (4) stations. Ces simulations sont globalement satisfaisantes. Le tableau 3 donne les écarts entre les précipitations annuelles simulées et observées.

Tableau 3. Ecarts entre les pluies annuelles simulées et observées de 1971 à 2000

(EA : Ecarts Absolus exprimés en mm et ER : Ecarts relatifs exprimés en %)

| | Bangui | | Berberati | | Bossangoa | | Bouar | |
|------|---------|--------|-----------|--------|-----------|--------|---------|--------|
| | EA (mm) | ER (%) | EA (mm) | ER (%) | EA (mm) | ER (%) | EA (mm) | ER (%) |
| 1971 | 20 | 1,5 | 47 | 2,9 | 17 | 1,2 | 45 | 3,2 |
| 1972 | 30 | 2,3 | 56 | 3,4 | 26 | 1,7 | 01 | 0,1 |
| 1973 | 13 | 0,9 | 59 | 4,4 | 88 | 7,4 | 67 | 4,8 |
| 1974 | 16 | 1,2 | 92 | 6,0 | 51 | 3,3 | 32 | 2,4 |
| 1975 | 10 | 0,6 | 48 | 3,0 | 29 | 2,2 | 87 | 5,5 |
| 1976 | 15 | 0,9 | 40 | 2,3 | 11 | 0,8 | 33 | 2,4 |
| 1977 | 68 | 3,7 | 72 | 4,4 | 36 | 2,9 | 2 | 0,1 |
| 1978 | 56 | 3,6 | 80 | 5,5 | 37 | 2,2 | 49 | 2,8 |

| | | | | | | | | |
|------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| 1979 | 20 | 1,2 | 71 | 4,3 | 20 | 1,5 | 80 | 5,7 |
| 1980 | 30 | 2,3 | 57 | 3,4 | 47 | 3,7 | 36 | 2,3 |
| 1981 | 54 | 3,5 | 25 | 1,6 | 16 | 1,4 | 76 | 6,3 |
| 1982 | 60 | 4,4 | 30 | 2,0 | 63 | 5,2 | 47 | 3 |
| 1983 | 40 | 2,8 | 28 | 2,1 | 59 | 4,7 | 15 | 1,1 |
| 1984 | 33 | 2,4 | 52 | 3,4 | 21 | 1,6 | 06 | 0,4 |
| 1985 | 61 | 4,2 | 40 | 2,5 | 75 | 6,2 | 94 | 6,8 |
| 1986 | 40 | 3,2 | 28 | 1,9 | 51 | 4,3 | 55 | 3,5 |
| 1987 | 51 | 3,3 | 22 | 1,5 | 38 | 3,0 | 47 | 3,8 |
| 1988 | 40 | 2,5 | 40 | 2,8 | 51 | 3,5 | 19 | 1,4 |
| 1989 | 10 | 0,9 | 10 | 0,7 | 48 | 4,3 | 50 | 3,5 |
| 1990 | 18 | 1,3 | 64 | 4,1 | 35 | 2,7 | 65 | 4,3 |
| 1991 | 18 | 1,5 | 54 | 4,0 | 76 | 5,8 | 09 | 0,5 |
| 1992 | 40 | 2,8 | 47 | 3,2 | 25 | 1,7 | 14 | 1,0 |
| 1993 | 30 | 2,1 | 70 | 4,2 | 44 | 3,4 | 09 | 0,6 |
| 1994 | 54 | 4,2 | 66 | 5,2 | 17 | 1,4 | 74 | 5,7 |
| 1995 | 30 | 2,5 | 11 | 0,9 | 76 | 4,6 | 51 | 3,6 |
| 1996 | 58 | 3,5 | 06 | 0,4 | 40 | 2,7 | 27 | 1,7 |
| 1997 | 30 | 1,8 | 68 | 4,9 | 42 | 2,7 | 52 | 3,2 |
| 1998 | 43 | 2,4 | 74 | 5,1 | 45 | 3,1 | 74 | 4,7 |
| 1999 | 73 | 4,1 | 16 | 1,1 | 58 | 3,9 | 53 | 3,4 |
| 2000 | 93 | 5,9 | 38 | 3,4 | 06 | 0,6 | 04 | 0,2 |

Source : Résultats de traitement statistique des données pluviométriques

3.1.3. Cycle saisonnier des précipitations mensuelles observées et simulées

Le cycle saisonnier des précipitations a été analysé à partir de la comparaison du cumul moyen pluviométrique sur les saisons agricoles actives, de 1971-2000. Ces cumuls mensuels sont répartis en fonction des événements pluvieux puis comparés. Les simulations reproduisent assez bien le cycle saisonnier des observations (Figure 5).

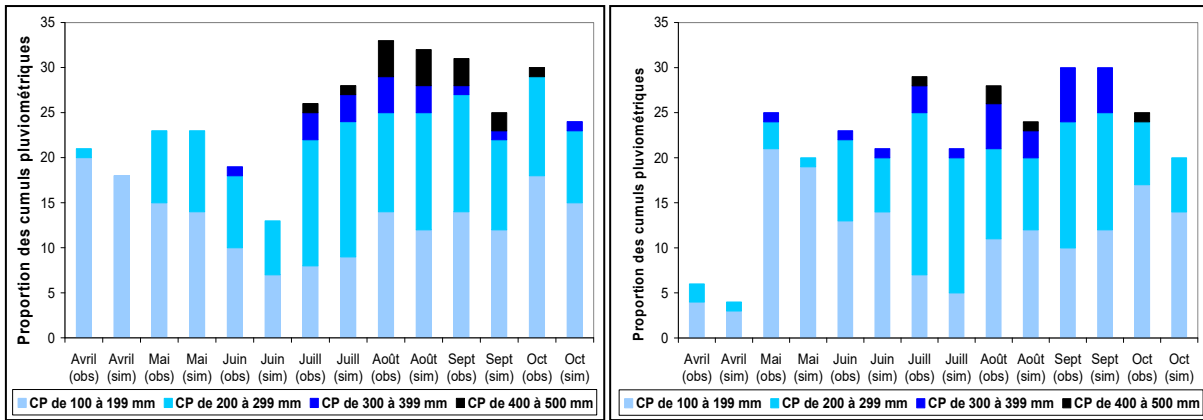


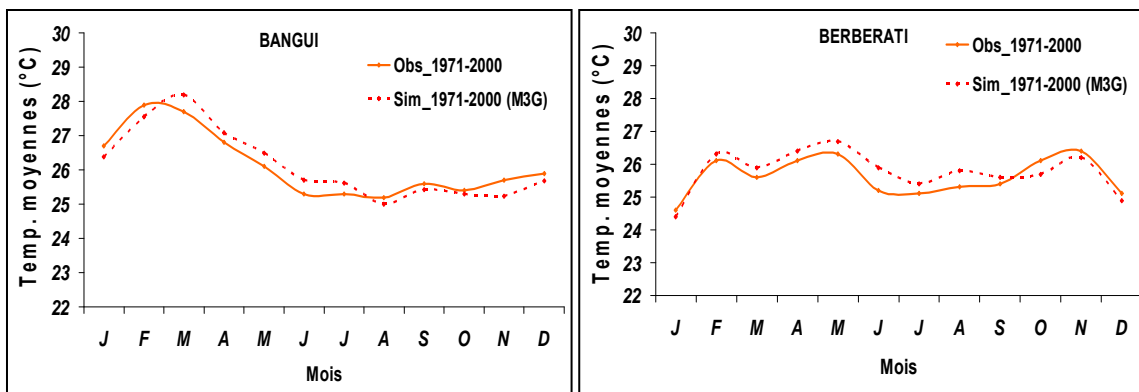
Figure 5. Comparaison des cumuls pluviométriques mensuels observés et simulés au cours des saisons agricoles actives : Bangui à gauche et Bossango à droite.

Dans l'ensemble, ces résultats indiquent que les limites des modèles climatiques à bien simuler le cycle saisonnier des précipitations annuelles dans l'Ouest de la Centrafrique avec précision sur les plans de la quantité ou de la périodicité. Considéré dans son ensemble, le cycle saisonnier offre une bonne estimation des précipitations que l'on peut obtenir des simulations pluviométriques. La même démarche est utilisée pour la simulation des températures.

3.2. Simulation de la variabilité thermométrique

3.2.1. Cycle annuel des moyennes mensuelles des températures observées et simulées

Les températures moyennes mensuelles observées présentent un maximum en février ou mars. La position de ce pic est correctement simulée mais les divergences sont relevées en janvier et en décembre où les simulations surestiment légèrement les observations. Ce biais semble légèrement varier au cours du cycle. L'approche multimodèle simule très bien l'amplitude du cycle annuel des températures moyennes mensuelles observées (Figure 6).



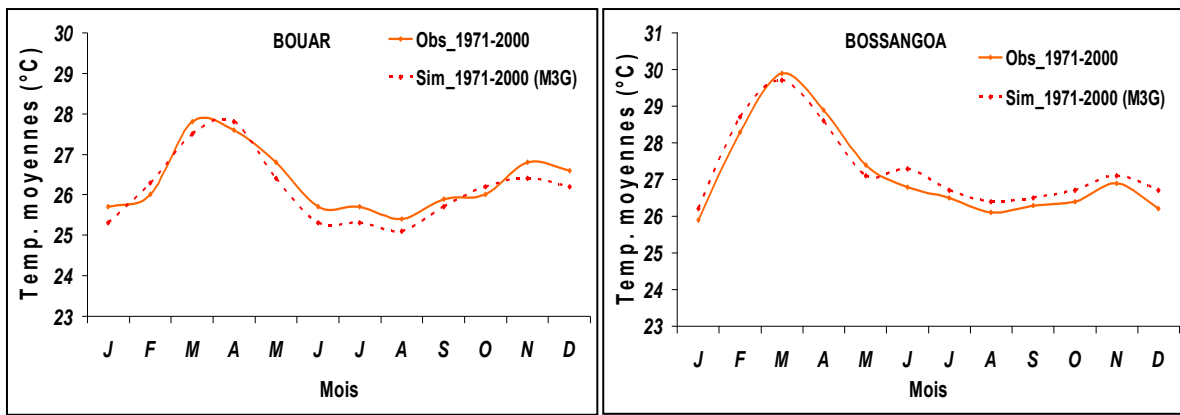


Figure 6 : Cycle annuel des moyennes mensuelles des températures observées et simulées sur la période.

3.2.2. Tendances observées et simulées des températures moyennes annuelles

Le cycle annuel de la température est assez bien reproduit par la simulation, ainsi que le confirment les bonnes corrélations entre simulation et observation (Figure 6).

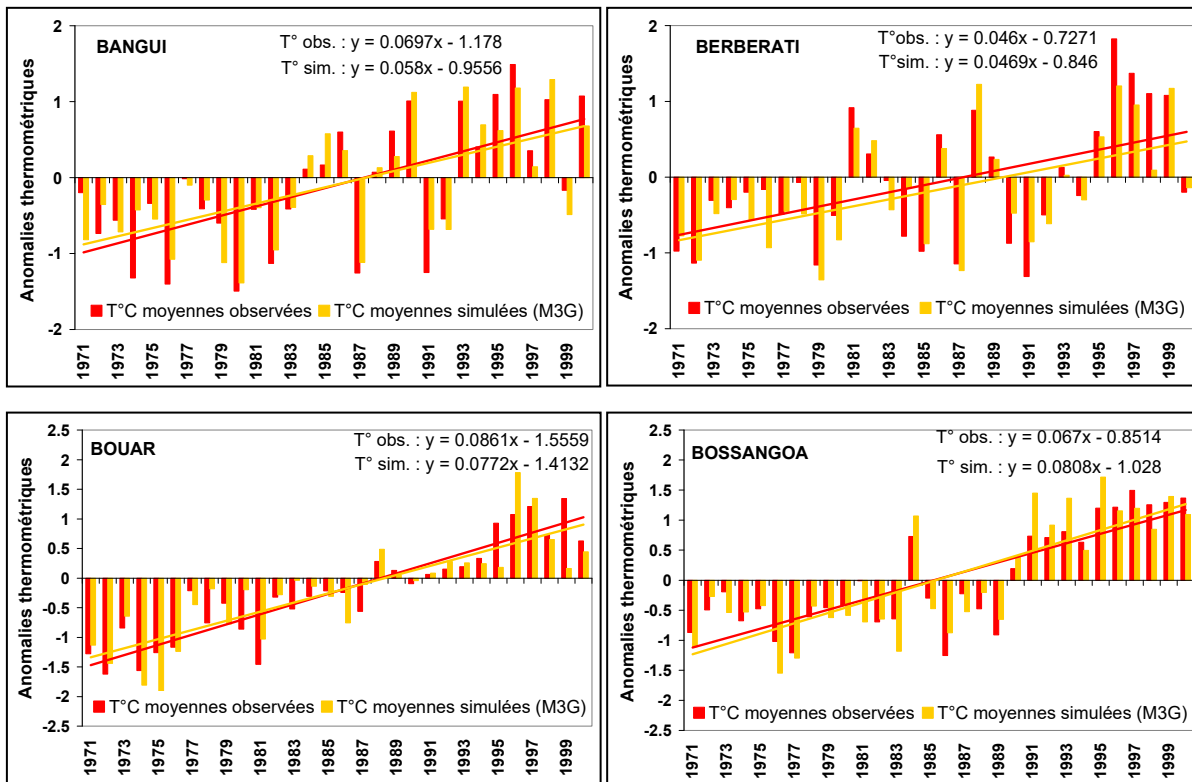


Figure 7 : Comparaison des anomalies de températures moyennes annuelles simulées et observées sur la période de référence.

La figure 7 montre la comparaison des variabilités interannuelles simulées et observées pour les températures sur la période 1971-2000. La simulation de la variabilité inter annuelle et la tendance des températures moyennes simulées sont plus proche des observations et reproduisent bien le réchauffement observé dans la région d'étude pendant la période 1971-2000. Ce sont les changements dans l'occurrence et la fréquence des années exceptionnelles d'un point de vue climatique qui affectent cette variabilité que les années normales. Les coefficients de corrélation sont compris entre 0,72 (Berbérati) et 0,79 (Bangui).

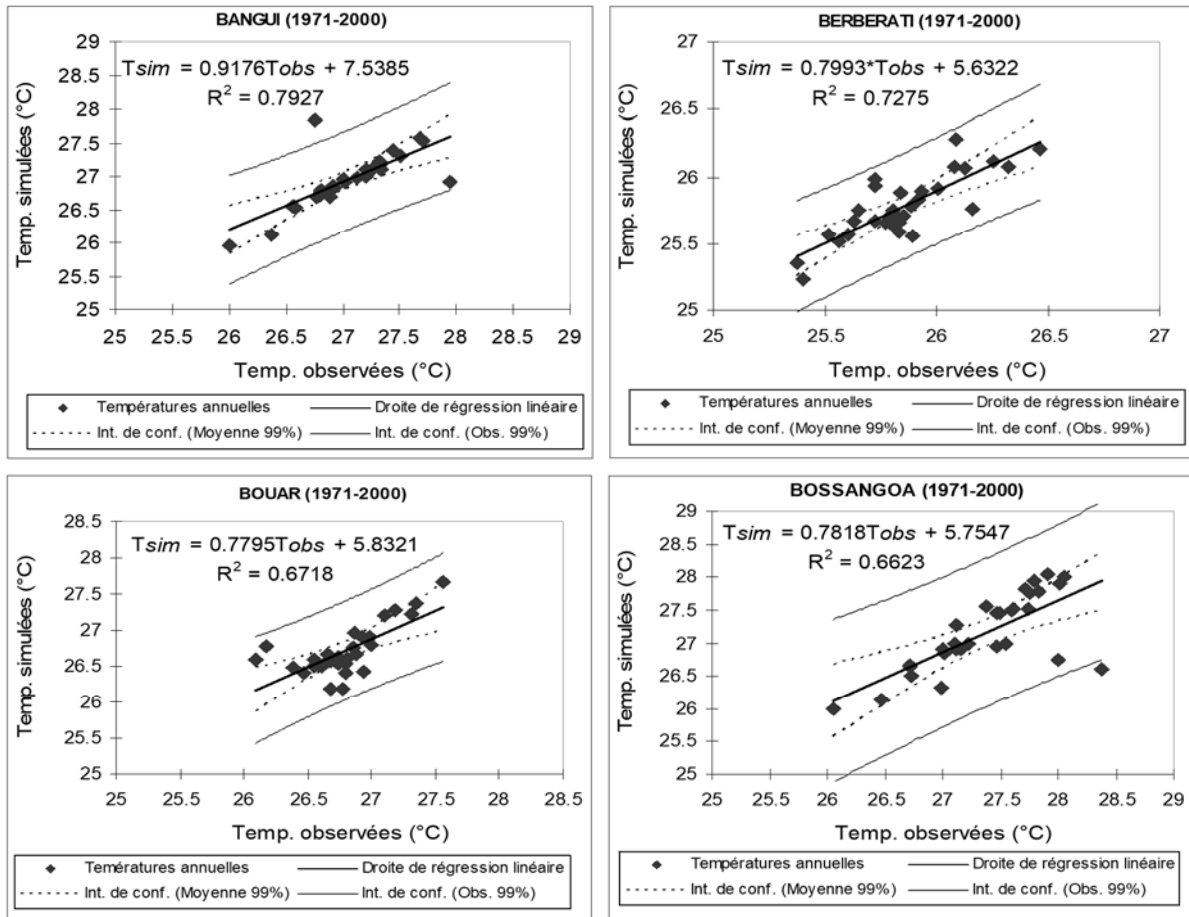


Figure 7 : Corrélation entre les températures moyennes annuelles simulées et observées

Les anomalies de températures moyennes annuelles ont une nette tendance à la hausse par rapport aux observations dans l'Ouest de la Centrafrique. Cette tendance significative se retrouve dans les simulations. Le statut thermométrique dans l'Ouest de la Centrafrique est sujet à une variabilité inter annuelle (Tableau 4). La variabilité année par année a été utilisée, pour évaluer la capacité de l'approche multimodèle à représenter les tendances climatiques vers le réchauffement .

Tableau 4 : Ecarts exprimés en °C entre les températures annuelles simulées et observées

| | Bangui | Berberati | Bossangoa | Bouar |
|------|--------|-----------|-----------|-------|
| 1971 | 0,08 | 0,24 | 0,04 | 0,07 |
| 1972 | 0,96 | 0,05 | 0,11 | 0,06 |
| 1973 | 0,05 | 0,11 | 0,01 | 0,02 |
| 1974 | 0,86 | 0,15 | 0,16 | 0,62 |
| 1975 | 0,96 | 0,16 | 0,21 | 0,57 |
| 1976 | 0,06 | 0,34 | 0,13 | 0,2 |
| 1977 | 0,95 | 0,06 | 0,11 | 0,04 |
| 1978 | 0,09 | 0,17 | 0,25 | 0,2 |
| 1979 | 0,07 | 0,02 | 0,1 | 0,62 |

| | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 1980 | 0,07 | 0,26 | 0,1 | 0,5 |
| 1981 | 0,05 | 0,19 | 0,17 | 0,1 |
| 1982 | 0,9 | 0,03 | 0,21 | 0,13 |
| 1983 | 0,08 | 0,04 | 1,77 | 0,4 |
| 1984 | 0,05 | 0,09 | 0,53 | 0,21 |
| 1985 | 0,05 | 0,04 | 0,66 | 0,05 |
| 1986 | 0,04 | 0,14 | 0,08 | 0,11 |
| 1987 | 0,03 | 0,17 | 0,14 | 0,49 |
| 1988 | 0,08 | 0 | 0,56 | 0,06 |
| 1989 | 0,08 | 0,08 | 1,26 | 0,11 |
| 1990 | 0,04 | 0,04 | 0,24 | 0,6 |
| 1991 | 0,07 | 0,06 | 0,34 | 0,1 |
| 1992 | 0,06 | 0,21 | 0,04 | 0,2 |
| 1993 | 0,11 | 0,1 | 0,23 | 0,26 |
| 1994 | 0,09 | 0,08 | 0,05 | 0,4 |
| 1995 | 0,07 | 0,1 | 0,12 | 0,2 |
| 1996 | 0,03 | 0,25 | 0,01 | 0,01 |
| 1997 | 0,02 | 0,25 | 0,06 | 0,1 |
| 1998 | 0,06 | 0,4 | 0,05 | 0,14 |
| 1999 | 0,06 | 0,06 | 0,04 | 0,07 |
| 2000 | 0,08 | 0,06 | 0,15 | 0,09 |

Source : Résultats de traitement statistique des données pluviométriques

Du reste, l'analyse des cycles annuels des températures a permis à la fois de juger des qualités de reproduction de la moyenne des multimodèles climatiques globaux, mais aussi de tester et de vérifier la fiabilité des méthodes employées afin de comparer les températures simulées avec celles observées. Les résultats sont pertinents car de bonnes corrélations entre les deux sources de données thermométriques ont pu être trouvées dans le temps. Ces outputs montrent que l'approche multimodèle reproduit bien les patterns thermiques dans la région d'étude.

3.3. Evaluation de la performance de l'approche multimodèle

La performance de l'approche multimodèle quant à reproduire au mieux le comportement climatique dans l'Ouest de la Centrafrique a été évaluée à partir de la comparaison des données simulées à celles observées. Les cycles annuels et les tendances des précipitations et températures moyennes mensuelles ont été analysés avec un seuil de significativité de 99 % et les écarts entre les simulations et les observations ont été calculés. Il en ressort que :

- les modèles globaux de climat ont encore beaucoup de biais dans leur simulation, notamment pour les paramètres comme les précipitations (Phillips & Gleckler, 2006) l'une des plus importantes variables climatiques. Bien que les modèles couplés reproduisent les quantités de pluies observées (amplitude, cycles saisonniers, modes, etc.), ils donnent une représentation peu précise des variations inter saisonnières et des événements extrêmes ;

- en comparant les simulations à des données d'observation journalières de précipitations selon une démarche focalisée sur la fréquence et l'abondance des pluies ainsi que le nombre de jours pluvieux, bien que les quantités soient assez bien simulées, les multimodèles sont incapables de reproduire l'intensité et la structure spatiale de la fréquence des événements pluvieux. Cette analyse a rejoint les conclusions de Sun *et al.* (2006) dans leur étude sur la performance des 18 modèles couplés du GIEC sur l'Afrique de l'Ouest ;
- au regard des résultats obtenus, on ne peut pas exclure, même si les moyennes s'accordent avec les observations, qu'il y a encore de biais important notamment sur la variabilité spatiale ou l'amplitude et la phase du cycle saisonnier. Ces déficiences qui sont à la base des incertitudes sur les précipitations simulées pourraient également être à l'origine de la meilleure performance des moyennes multimodèles ;
- les modèles couplés Océan-Atmosphère sur l'Afrique tropicale ont du mal à simuler correctement la mousson atlantique, car ils reproduisent mieux les précipitations sur le nord du continent américain que sur le continent africain (Folland *et al.*, 1986). Cela peut s'expliquer par le fait que le mécanisme de la mousson africaine n'est toujours pas bien compris, ou même par le faible nombre de stations d'observation dans les régions centre et ouest-africaines. En dépit de ce qui semble vrai, nombre d'études dont celles de Giannini *et al.*, 2003 ; Lu et Delworth, 2005 ont montré que les modèles forcés avec les valeurs observées des températures de surface de la mer arrivent à reproduire assez correctement le climat du Sahel, notamment la tendance à la baisse des précipitations des années 1950 aux années 1980. Cependant les modèles couplés océan - atmosphère ont du mal à reproduire cette tendance.

IV. CONCLUSION

Les champs moyens et le cycle annuel de la température de surface et des précipitations sont correctement simulés, même si quelques écarts aux observations sont mis en évidence : excès de précipitations et biais froid au niveau des stations soudaniennes, début de la saison des pluies en avance ou en retard d'un à deux mois. La simulation reproduit aussi correctement la variabilité interannuelle de la température et celle des précipitations dans l'Ouest de la Centrafrique. Ainsi, au terme de l'analyse effectuée, et en dépit de ses imperfections, l'approche multimodèle apparaît comme un outil appréciable pour étudier les futurs changements climatiques et leurs impacts potentiels dans la zone d'étude. Ces résultats se trouvent dans tous les deux cas vers l'extrémité supérieure de la plage des taux d'augmentation dans la région de la Centrafrique pendant la période de 1980 à 2005 selon le GIEC (2007). Ils constituent, à titre illustratif, des intrants nécessaires au renseignement et au calibrage du modèle d'impact afin d'estimer des rendements agricoles dans la zone d'étude.

RÉFÉRENCES

- [1] Christensen, J. H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R. K., Kwon, W.-T., Laprise, R., na Rueda, Maga, V., Mearns, L., Menendez, C. G., Raisanen, J., Rinke, A., Sarr, A. & Whetton, P. (2007) In Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report.
- [2] Cook, K. H. & Vizy, E. K. 2006. Coupled Model Simulations of the West African Monsoon System: Twentieth-and Twenty-First-Century Simulations. *Journal of Climate*, 19, pp.3681-3703.
- [3] Doukpolo, B 2014. Changements climatiques et productions agricoles dans l'Ouest de la République Centrafricaine. Thèse de Doctorat unique de Géographie, Géosciences de l'environnement, Agroclimatologie. Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 305 p.
- [4] Folland C. K., Palmer, T. N. & Parker, D., 1986. Sahel rainfall and worldwide sea temperature. *Nature*, 320, 602- 687.
- [5] Giannini A., R. Saravanan et P. Chang, 2003. Oceanic forcing of Sahel rainfall on interannual to interdecadal time scales. *Science*, 302, pp.1027-1030.
- [6] Lau, K. M., Shen, S. S. P., Kim, K.-M. & Wang, H. 2006. A multimodel study of the twentieth century simulations of Sahel drought from the 1970s to 1990s. *Journal of Geophysical Res*, 111p.
- [7] Lu J. et Delworth T. L., 2005. Oceanic forcing of the late 20th century Sahel drought. *Geophysic. Res. Lett.*, 32, 1-5.
- [8] Phillips, T. & Gleckler, P. 2006. Evaluation of continental precipitation in 20th century climate simulations: The utility of multimodel statistics. *Water Resources Research*, 42, W03202.

- [9] Sen, P. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, pp. 1379-1389.
- [10] Tanaka H.L., 2005. Intercomparaison of the intensities and trends of Hadley, Walker, and monsoon circulations in the global warming predictions, *SOLA*, 1, pp. 77-80.
- [11] Torrence C. et G. Compo, 1998. A practical guide to wavelet analysis. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79, pp. 61-78.
- [12] Wang H., Lau K.-M., 2006. Atmospheric hydrological cycle in the Tropics in Twentieth Century coupled climate simulations, *International Journal of Climatology*, 26, pp. 655-678.