

Une simulation à haute résolution du climat de l'Afrique de l'Ouest

H. Gallée, W. Moufouma-Okia, C. Messenger, O. Brasseur, A. Diedhiou, P. Marbaix et T. Lebel

Laboratoire d'études des Transferts en Hydrologie et Environnement
Observatoire de Sciences de l'Univers de Grenoble

Introduction

Le cycle saisonnier des précipitations en Afrique de l'Ouest est marqué par la mousson. Celle-ci a lieu de mars à octobre et est caractérisée jusque fin juin par une extension progressive des précipitations à partir de la bande côtière, située à 5°N environ. A ce moment le maximum de pluies côtier subit un déplacement abrupt jusqu'à 10°N (saut de mousson). La saison des pluies commence alors en région sahélienne et se poursuit jusqu'en septembre. Un retrait progressif de la bande de pluies a lieu enfin.

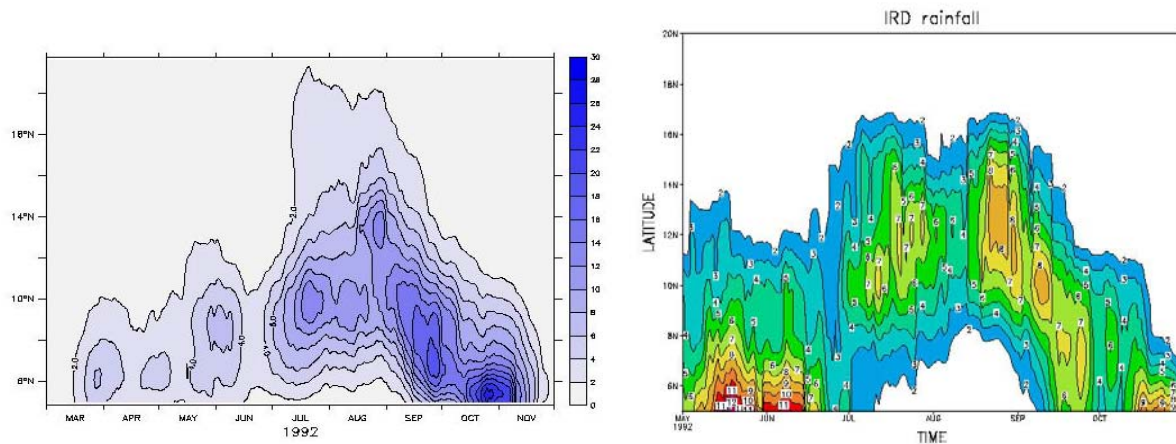
Notre objectif est de comprendre les processus climatiques en jeu en Afrique de l'Ouest, en vue de déterminer leur impact sur le cycle hydrologique de ce sous-continent. La modélisation du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest par les modèles de circulation générale atmosphérique présente encore beaucoup de défauts, soit par une simulation précoce du début de la mousson, soit par une surestimation de son extension vers le Nord, soit encore par une surestimation des précipitations par événement pluvieux. D'autres défauts liés à la résolution horizontale utilisée ont également été relevés, comme par exemple l'absence de maximum pluviométrique marqué sur les reliefs. Les modèles climatiques régionaux offrent la possibilité de mieux prendre en compte les spécificités d'une région particulière comme l'Afrique de l'Ouest, où la condition limite inférieure du modèle joue probablement un rôle relativement plus important que dans les régions tempérées, et ce suite au rôle non négligeable du recyclage de l'eau dans l'atmosphère. Ces modèles ont déjà été utilisés dans le passé, soit pour mettre en évidence le rôle de reliefs de l'Afrique de l'Ouest comme la chaîne du Fouta-Djallon, le Plateau de Jos ou encore le Mt Cameroun (Semazzi et al., 1993), soit pour tester différentes paramétrisations de la convection (Jenkins, 1997), soit pour mettre en évidence la représentation des Complexes Convectifs de Mésos-échelle (Drüyan et al., 2000). Nous proposons ici une simulation climatique régionale préliminaire. L'objectif est d'analyser le régime pluviométrique généré par le modèle aux échelles de temps saisonnière et intra-saisonnières.

Modèle et mise en œuvre

Le modèle utilisé est le MAR (**Modèle Atmosphérique Régional**) (Gallée and Schayes, 1994, Gallée, 1995). Ce modèle est écrit sous l'approximation hydrostatique. Il utilise une fermeture 1/2 de la turbulence (Therry and Lacarrère, 1982), un schéma d'ajustement convectif en flux de masse (Bechtold et al., 2001), une représentation de la microphysique nuageuse basée sur le schéma de Kessler (Emde and Kahlig, 1989), le schéma de transfert radiatif pour les rayonnements solaire et tellurique de l'ECMWF (European Center for Medium range Weather Forecast) et un modèle de transfert surface-végétation-atmosphère (De Ridder, 1997). Les limites latérales sont gérées par une relaxation newtonienne et diffusive, sur 5 points de grille, des champs météorologiques régionaux vers les champs de grande échelle. La résolution horizontale est 40 km. Le modèle comprend 40 niveaux verticaux. Le domaine de simulation est l'Afrique de l'Ouest (5°S à 27°N, 27°O à 15°E).

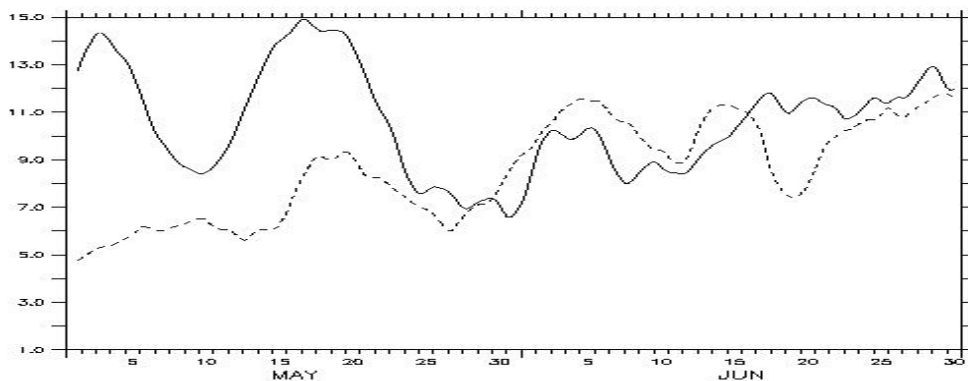
Le modèle est intégré sur la période du 1^{er} janvier au 31 décembre 1992. Le forçage atmosphérique utilisé est celui des ré-analyses de l'ECMWF (ERA). La fraction verte de végétation est mise à jour par assimilation du NDVI de l'US Geological Survey.

Cycle saisonnier des précipitations



Les deux figures ci-dessus montrent le cycle saisonnier simulé (à gauche) et observé (banque de données de l'IRD, à droite) des précipitations moyennées entre 10°O et 10°E, en fonction de la latitude et du temps. Le modèle reproduit les caractéristiques principales du cycle saisonnier des pluies observé en 1992: installation de la mousson, cœur de la saison des pluies avec maximum pluviométrique en région sahélienne, retrait. Le modèle reproduit aussi les oscillations du régime pluviométrique à l'échelle intra-saisonnière, mises en évidence par Janicot et Sultan (2001), ainsi que le saut de mousson. La période de ces oscillations est de l'ordre de 15 jours à un mois.

La version bi-dimensionnelle (2D) du MAR a également été mise en œuvre pour mettre en évidence des causes possibles de ces oscillations. Son domaine s'étend le long du méridien de référence (Greenwich), entre 40°S et 40°N, et traverse l'Afrique de l'Ouest. Sa résolution horizontale est 40 km, avec 40 niveaux sur la verticale. La période avril-juin est simulée. Le mois d'avril est considéré comme une période de spin up et n'est pas analysé. La version 2D simule des oscillations du régime pluviométrique, avec des périodes de l'ordre de 15 jours à 1 mois (voir la figure ci-après représentant le cumul journalier des précipitations, exprimé en mm/jour, simulé par la version 2D du MAR). L'orientation ouest-est a également été choisie pour le domaine d'intégration et le modèle génère également des oscillations dans cette configuration, avec une période de l'ordre de 15 jours à 1 mois. L'insensibilité des oscillations simulées à la représentation de la dynamique atmosphérique (en moyenne zonale ou en moyenne méridienne) suggère une influence possible des interactions surface-atmosphère sur ces oscillations.



Distribution spatiale des précipitations

La distribution spatiale des précipitations simulées a été comparée aux observations faites par le GPCC (Global Precipitation Climatology Center), et ce pour les mois de juin et août 1992. L'accord est bon, bien que le modèle sous-estime légèrement les précipitations au mois de juin et les surestime à partir du mois d'août. Des maxima de précipitation sont simulés sur les zones de relief, en particulier sur le Fouta-Djallon (Guinée), sur le plateau de Jos (centre du Nigéria) et le Mont Cameroun, comme dans les observations. Quelques différences par rapport aux observations sont cependant relevées. Il n'y a pas de maximum à l'Ouest du Fouta-Djallon en juin, et le maximum sur le Plateau de Jos et le Mont Cameroun est décalé vers le Plateau de Jos en août. D'autre part si la position en latitude du cœur de la bande de pluies est bien respectée, des précipitations significatives sont simulées au sud de cette zone au mois d'août, dans la région du méridien de référence. Un examen plus poussé de la chronique des événements précipitants montre que les maxima simulés sont essentiellement la conséquence de pluies causées par des systèmes convectifs de méso-échelle qui se forment sur les régions montagneuses. Certains de ces systèmes se propagent en dehors de leur région de formation. On note ici sans le montrer un événement faisant 40 mm de cumul journalier dans la région de Niamey au mois d'août, et qui est causé par un système s'étant formé sur le Nord du Plateau de Jos, puis s'étant déplacé vers l'Ouest. Plus généralement le cumul journalier des événements les plus forts est comparable à celui observé. Il faut noter cependant que l'analyse de la chronique des précipitations journalières pour la région de Niamey révèle une surestimation d'événements peu précipitants au détriment des événements plus intenses.

Discussion

Le modèle climatique régional MAR a été utilisé pour simuler l'année 1992 en Afrique de l'Ouest. Une attention particulière est accordée à l'analyse du régime des précipitations pour cette année. Il apparaît que le modèle est capable de reproduire les caractéristiques générales des pluies, avec notamment la simulation d'une oscillation intra-saisonnière marquée, ainsi qu'un saut de mousson durant la 1^{ère} quinzaine du mois de juillet. Une hypothèse soulevée suite à une étude avec la version bidimensionnelle de MAR est que ces oscillations peuvent résulter d'interactions entre l'atmosphère et la surface continentale de l'Afrique de l'Ouest. Cette hypothèse reste à vérifier. Le modèle génère quelques systèmes convectifs de méso-échelle responsables de fortes précipitations, mais il est probable qu'il sous-estime leur nombre. Une comparaison plus détaillée simulation-observation des systèmes convectifs est en cours.

Références

- Bechtold, P., E. Bazile, F. Guichard, P. Mascart and E. Richard, 2001: A mass flux convection scheme for regional and global models. *Q.J.R.Meteorol.Soc.*, **127**, 869-886.
- De Ridder, K., and G. Schayes, 1997: The IAGL land surface model. *J. Appl. Meteor.*, **36**, 167-182
- Druyan, L.M., and M.B. Fulakeza. Regional model simulations of african wave disturbances. *J. Geophys. Res.*, **105**, 7231-7255, 2000.
- Emde, K.V.D, and P. Kahlig, 1989: Comparison of the observed 19 July 1981, Montana thunderstorm with results of one-dimensional cloud model using Kessler parameterized microphysics. *Ann. Geophys.*, **7**, 405-414.
- Gallée, H., and Schayes, G., 1994: Development of a three-dimensional meso- gamma primitive equations model. Katabatic winds simulation in the area of Terra Nova Bay, Antarctica. *Mon. Wea. Rev.*, **122**, 671-685.
- Gallée, H., 1995. Simulation of the mesocyclonic activity in the Ross Sea, Antarctica. *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 2051-2069.
- Janicot, S. and Sultan, B., 2001: Intra-seasonal modulation of convection in the west african monsoon. *Geophys. Res. Letts.*, **28**, 523-526.
- Jenkins, G. S., 1997 : The 1988 and 1990 summer season simulations for West Africa using a regional climate model. *J. Climate*, **10**, 1255-1272.
- Semazzi, F., H.-N. Lin, Y.-L. Lin and F. Giorgi, 1993. A nested model study of the sahelian climate response to sea-surface temperature anomalies. *Geophys. Res. Letts.*, **20**, 2897-2900.
- Therry, G., and Lacarrère, P., 1982: Improving the kinetic energy model for the planetary boundary-layer description. *Bound.-Layer Meteor.*, **25**, 63-88.