

Projections climatiques dans des régions orographiques d'Afrique sous les scénarios d'un réchauffement de 1.5°C et 2°C

[Climate projections over orographic regions of Africa under the 1.5°C and 2°C warming scenarios]

Ibrahima Diba, Mamadou L. Mbaye, Hamady N. Sabaly, Jules Basse, and Moctar Camara

Département de Physique, Laboratoire d'Océanographie, des Sciences de l'Environnement et du Climat (LOSEC), Université Assane SECK de Ziguinchor, Senegal

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this study is to estimate the potential changes in extremes rainfall over three orographic regions of Africa (Guinea, Nigeria and Cameroon) under the 1.5°C and 2°C warming scenarios. The results project an increase of the number of rainy days over Guinea under both scenarios by 2059. Over Nigeria, this index will decrease in the north of the country under both scenarios. Over Cameroon, this index will decrease over the whole country under the 1.5°C warming and will increase in the southeast and northeast parts of the country under the 2°C warming. Rainfall intensity will increase over the northern and southwestern parts of Guinea under both scenarios. The maximum one-day rainfall accumulation will increase in almost all three considered countries in the near future. However, compared to Cameroon, the maximum one-day rainfall accumulation will be more important in the northern and central parts of Guinea and Nigeria. There will be a decrease of the number of consecutive wet days in the southwest and central parts of Guinea under the 1.5°C scenario and over most parts of Guinea under the 2°C scenario. Over Nigeria, this index will decrease in the south and center of the country. The number of consecutive wet days will decrease in the southwest and northern Cameroon and increase slightly in the southeast of this country under both warming scenarios. The number of consecutive dry days will decrease over the whole Guinea, over the northern and central parts of Nigeria under both scenarios. The increase noted in extreme events could cause flooding. This work can be considered as a support for the Guinean, Nigerian and Cameroon policymakers for implementing sustainable mitigation and good adaptation measures to limit and combat the adverse effects of climate change (floods, heat waves and drought). Finally, this study shows that the three considered regions will need additional irrigation as an adaptation strategy for the protection of the agricultural sector by 2059 under both scenarios due to the decrease of the number of consecutive wet days.

KEYWORDS: CORDEX; Orographic regions; Extreme rainfall.

RESUME: Cette étude a pour objectif d'estimer les changements potentiels d'extrêmes pluviométriques dans trois régions orographiques d'Afrique (Guinée, Nigéria et Cameroun) sous les scénarios d'un réchauffement de 1.5°C et 2°C. Les résultats projettent une augmentation du nombre de jours pluvieux sur toute la Guinée sous les deux scénarios à l'horizon 2059. Sur le Nigéria, cet indice diminuera au nord du pays sous les deux scénarios. Sur le Cameroun, cet indice diminuera dans tout le pays sous le réchauffement 1.5°C et augmentera au sud-est et nord-est du pays sous le réchauffement 2°C. Quant à l'intensité des pluies, elle augmenterait sur les parties nord et sud-ouest de la Guinée sous les deux scénarios. Le cumul maximal de pluie sur un jour augmentera dans presque l'ensemble des trois pays considérés dans le futur proche. Néanmoins, comparé au Cameroun, le cumul maximal de pluie sur un jour sera plus important au nord et au centre de la Guinée et du Nigeria. On assistera à une baisse du nombre de jours consécutifs humides au sud-ouest et au centre de la Guinée sous le scénario 1.5°C et sur presque toute la Guinée sous le scénario 2°C. A l'échelle du Nigéria, on assistera à une baisse de cet indice au sud et au centre du pays. Sur le Cameroun, le nombre de jours consécutifs humides diminuera au sud-ouest et au nord du pays et augmentera légèrement au sud-est du pays sous les deux scénarios de réchauffement. Le nombre de jours consécutifs secs diminuera sur toute la Guinée, au nord et au centre du Nigéria sous les deux scénarios. L'augmentation notée sur les événements extrêmes pourrait causer des inondations. Ce travail pourrait servir de support aux décideurs politiques Guinéens, Nigériens et

Camerounais dans la mise en œuvre de bonnes mesures d'atténuation et d'adaptation durables afin de limiter et de combattre les effets néfastes du changement climatique (inondations, vagues de chaleur et sécheresse). Finalement, cette étude montre que les trois régions auront besoin d'une irrigation supplémentaire comme stratégie d'adaptation pour la protection du secteur agricole à l'horizon 2059 sous les scénarios 1.5°C et 2°C en raison de la diminution du nombre de jours consécutifs humides.

MOTS-CLEFS: CORDEX; Régions orographiques; Extrêmes pluviométriques.

1 INTRODUCTION

Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat [1] a fourni depuis le début des années 1990 la preuve de l'accélération du réchauffement planétaire et du changement climatique. En ce qui concerne les précipitations, les tendances mondiales sont complexes en raison des insuffisances dans les couvertures spatiale et temporelle des données [2]. Néanmoins, une tendance générale à la baisse de la quantité totale des précipitations annuelles et du nombre de jours consécutifs de pluie est observée sur le Sahel durant la période 1968 à 1998 [3]. Ces déficits ont entraîné une mauvaise qualité des saisons pluvieuses entraînant par conséquent une forte dégradation des sols. Sarr (2011) [4] a montré une augmentation des inondations dans quelques régions du Sahel. En outre, l'évolution annuelle des précipitations au Sahel a été caractérisée par une succession d'années pluvieuses de 1950 à 1969, suivies d'une période caractérisée par la persistance d'années sèches de 1970 à 1993. Ali (2011) [5] a montré qu'après 1993, le Sahel a connu un autre type de variabilité climatique caractérisé par une alternance entre années très sèches et années très humides.

Une grande partie des études sur l'évolution du climat est basée sur l'utilisation des indices d'extrêmes climatiques qui sont basés en général sur des seuils de dépassement [3]. En Afrique, en particulier, très peu d'études sont connues sur les valeurs extrêmes dues à plusieurs difficultés, comme par exemple celle de la disponibilité des données météorologiques quotidiennes et de leur accès [6], [7]. En outre, une forte augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes peut avoir de nombreux impacts négatifs sur la société [8]. Les pertes économiques et humaines, ainsi que la diminution de la production agricole comptent parmi les impacts directs et indirects des phénomènes climatiques extrêmes [8]. L'estimation et la compréhension de la variabilité des événements extrêmes sont également importantes pour la formulation des stratégies d'adaptation et d'atténuation et la planification des ressources et des zones urbaines. À l'issue de la 21^{ème} conférence des parties en 2015, l'accord de Paris a engagé les pays à maintenir l'augmentation de la température mondiale "bien en dessous de 2°C" et à poursuivre les efforts pour limiter le réchauffement à 1.5°C au-dessus des niveaux préindustriels. Cependant, la question de savoir quelles sont les implications d'un réchauffement climatique de 1.5°C à l'échelle régionale restent avec peu de réponses en Afrique de l'Ouest. Il est donc fondamental de comprendre les caractéristiques des extrêmes climatiques en Afrique de l'Ouest sous les scénarios de réchauffement global 1.5°C et 2°C pour que la région puisse mettre en œuvre des mesures d'atténuation et d'adaptation durables afin de limiter et de combattre les effets néfastes du changement climatique. Ce travail s'inscrit dans cette perspective. L'objectif est de faire une étude comparative des changements futurs sur les extrêmes pluviométriques sous les scénarios d'un réchauffement global de 1.5°C et 2°C de l'accord de Paris 2015 sur le changement climatique dans trois régions orographiques d'Afrique que sont: la Guinée, le Nigéria et le Cameroun. En effet, les plus grandes différences climatiques d'une région à l'autre sont d'ordre pluviométrique et les zones orographiques notamment les montagnes du Fouta djallon, les plateaux du Jos au Nigéria et le Mont Cameroun sont des zones de forte pluviométrie (régions les plus humides du continent africain) du fait de leur forte influence sur la convection. Ces régions constituent également les sources de plusieurs grands fleuves surtout le fouta djallon.

La description des modèles utilisés ainsi que les données et méthodes sont présentés dans la deuxième section. La troisième section analyse et discute les résultats. La conclusion est présentée dans la dernière section.

2 DONNEES ET METHODES

2.1 DONNEES

2.1.1 DONNEES D'OBSERVATIONS

Les données d'observations de précipitations mensuelles de l'unité de recherche sur le climat (Climate Research Unit: CRU, [9]) sont utilisées pour valider la pluie simulée par les cinq modèles. Ces données grillées couvrent la période 1901-2013. Elles sont calculées sur des grilles de haute résolution de 0.5°×0.5°, qui sont basées sur une archive de précipitations moyennes mensuelles fournies par plus de 4000 stations météorologiques réparties dans le monde entier. Les données du Climate Research Unit ont été utilisées précédemment pour diverses études en raison de leur bonne capacité à reproduire les distributions spatiales de la pluie en Afrique.

2.1.2 DONNEES DE SORTIES DE MODELES CLIMATIQUES REGIONAUX

La connaissance de l'évolution du climat est d'une importance capitale pour les populations du monde entier. En effet, les informations fournies par les modèles permettent d'évaluer les conséquences des changements climatiques et de mettre au point des stratégies d'adaptation. Dans cette étude, nous avons utilisé des données journalières de précipitation issues de cinq modèles climatiques du programme CORDEX (Coordinated Regional climate Downscaling EXperiment [10]). Ces modèles ont une résolution de 0.44° (environ 50 km). Le continent africain est très vulnérable aux changements climatiques, à la fois en raison de la dépendance de plusieurs secteurs vitaux vis-à-vis de la variabilité du climat (l'agriculture, la gestion de l'eau, la santé, les infrastructures par exemple) et d'une capacité d'adaptation relativement faible. Deux scénarios de réchauffement (1.5°C et 2°C) obtenus par rapport aux températures préindustrielles ont été considérés. Dans la suite du travail, les termes suivants signifient: HIST (période historique ou de référence), FP1 (période d'un réchauffement de 1.5°C) et FP2 (période d'un réchauffement de 2°C) sous le scénario RCP4.5. Certaines caractéristiques de ces données sont représentées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques des sorties des modèles climatiques régionaux

Modèle global	Modèles régionaux	Instituts	HIST	FP1	FP2
ICHEC-EC-EARTH	CCLM	CLMcom	1958–1987	2008–2037	2030–2059
	HIRHAM	DMI			
	RACMO	KNMI			
	REMO	MPI			
	RCA	SMHI			

2.2 METHODES

Les indices climatiques utilisés dans cette étude ont été développés et définis par le groupe d'experts de l'organisation météorologique mondiale sur la détection et les indices des changements climatiques en anglais Expert Team on Climate Change Détection Monitoring and Indices (ETCCDMI; International CLIVAR Project Office, 2003). Ces indices climatiques sont utilisés pour caractériser les événements extrêmes de précipitations dans les trois régions ciblées et présentées à la figure 1 (Guinée, Nigéria et Cameroun). Ces indices sont présentés dans le Tableau 2. Dans cette étude, nous avons utilisé des données journalières de pluie pour caractériser les extrêmes pluviométriques.

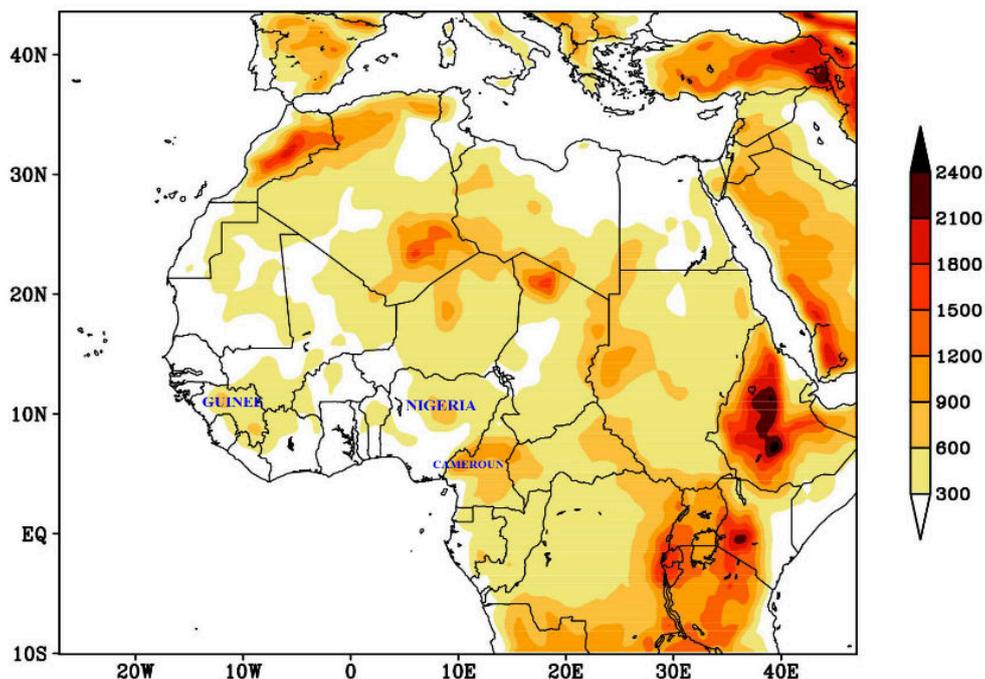


Fig. 1. Topographie de l'Afrique de l'Ouest et les zones d'intérêt: la Guinée, le Nigéria et le Cameroun

Tableau 2. Description des indices climatiques utilisés [11]

Indices	Signification
Nombre de jours pluvieux	Nombre de jours présentant un cumul pluviométrique journalier supérieur à 1mm/j
Intensité des jours pluvieux	Intensité moyenne de précipitation enregistrée pendant un jour pluvieux
Nombre de jours de pluies intenses	Nombre de jours pluvieux présentant un cumul pluviométrique journalier supérieur à 10mm/j
Durée maximale des séquences humides	Nombre maximal de jours consécutifs présentant un cumul pluviométrique journalier supérieur à 1mm/j
Durée maximale des séquences sèches	Nombre maximal de jours consécutifs présentant un cumul pluviométrique journalier inférieur à 1mm/j
Cumul maximal de pluie sur un jour	Le plus grand cumul pluviométrique enregistré sur un jour
95 ^{ème} percentile des pluies journalières	La valeur au-dessus de laquelle se trouve 5% des données (représentent aussi les évènements de pluie très humides)

3 RESULTATS

3.1 PLUIE MOYENNE

Nous avons d'abord évalué les simulations des modèles CORDEX avant d'étudier les extrêmes pluviométriques dans les trois zones ciblées. Pour cette étape, la pluie simulée par les cinq modèles est comparée aux données d'observations du CRU (Climate Research Unit).

La figure 2 montre la pluie moyennée de mai à septembre (MJJAS) sur la période historique 1958-1987 pour les observations du CRU et les biais (de pluie) des modèles CORDEX par rapport aux données CRU. La climatologie du CRU présente un gradient de pluie nord-sud avec des maxima localisés sur la zone Guinéenne et au sud du Sahel. Les minima de précipitation sont situés au nord du Sahel (figure 2a). Les modèles CCLM, HIRHAM, RACMO ainsi que la moyenne d'ensemble des modèles simulent des biais secs (valeurs négatives) sur le Sénégal, la Guinée, le Cameroun et le nord du Nigéria (figure 2b, c, d, g). Les modèles REMO et RCA sous-estiment moins (faibles biais négatifs) l'intensité des précipitations sur le nord de la Guinée et le nord du Nigéria (figure 2e, f). Le modèle REMO surestime légèrement (faibles biais positifs) les précipitations sur le nord du Cameroun (figure 2e). Les biais humides (biais positifs) les plus forts (jusqu'à 40%) sont simulés par les modèles CCLM, HIRHAM, RACMO et RCA au nord du Sahel (figure 2b, c, d, f). La moyenne d'ensemble des modèles simule bien les signes et les amplitudes des biais comparé à ces quatre modèles précités (figure 2g). La distribution spatiale des biais simulés par les modèles CORDEX est en accord avec les résultats de [12]. En outre, [12], [13] ont montré que les biais des modèles climatiques ne dépendent pas uniquement des données de forçage car la variabilité interne des modèles peut également jouer un rôle important. En général, les résultats montrent que la distribution spatiale de la pluie moyenne en Afrique de l'Ouest est bien reproduite par les modèles CORDEX malgré la présence de quelques biais. L'étape suivante consiste à étudier les changements sur les extrêmes pluviométriques dans les trois zones d'intérêt (Guinée, Nigéria et Cameroun) pendant le futur proche sous les scénarios d'un réchauffement de 1.5 °C et 2 °C.

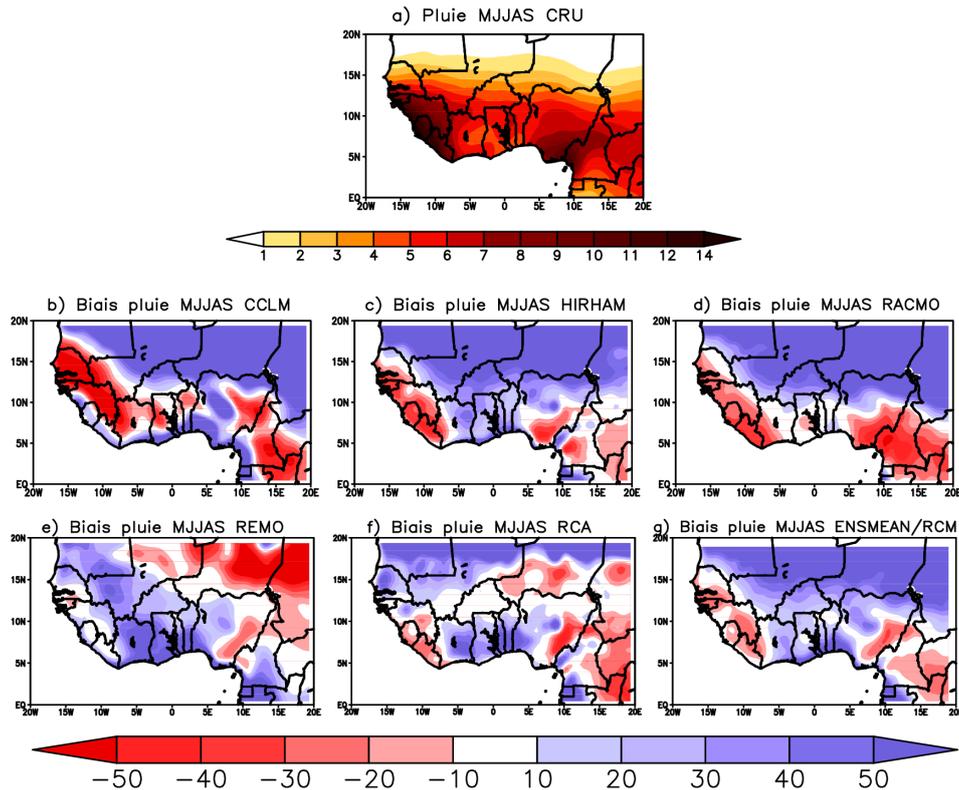


Fig. 2. (a) Pluie (mm/jour) moyennée pendant la saison estivale (mai à septembre) en Afrique de l'Ouest sur la période 1958-1987 pour la climatologie CRU; (b-g) biais des précipitations (en %) des cinq (5) modèles CORDEX utilisés ainsi que leur moyenne d'ensemble

3.2 EXTRÊMES PLUVIOMÉTRIQUES

Cette partie présente l'évolution spatiale des extrêmes de précipitations dans les trois zones d'intérêt (Guinée, Nigéria et Cameroun) pendant la saison estivale de Mai à Septembre (MJJAS) sur la période historique 1958 à 1987 en haut et en bas les changements dans les futurs proches sous les scénarios d'un réchauffement de 1.5°C (période 2008-2037) et 2°C (période 2030-2059) (FP1 et FP2 respectivement).

Pour mieux caractériser la pluviométrie, on s'est intéressé à l'étude du nombre de jours pluvieux. La figure 3 montre la distribution spatiale du nombre de jours pluvieux. Sur la période historique (1958-1987), l'analyse montre que le plus grand nombre de jours pluvieux se trouve au sud du pays pour la Guinée (figure 3a), au centre et au sud du pays pour le Nigeria (figure 3b) et au nord et sud-ouest du pays pour le Cameroun (figure 3c). Néanmoins, comparé à la zone Guinéenne, le plus grand nombre de jours pluvieux se trouve au sud du Nigeria entre les latitudes 5°N et 7°N (figure 3b) et au sud-ouest du Cameroun entre les latitudes 2°N et 7°N (figure 3c). Dans le futur proche, les résultats projettent une augmentation du nombre de jours pluvieux sur toute la Guinée sous les deux scénarios de réchauffement (FP1 et FP2) (figure 3d, g). Néanmoins, cette augmentation sera beaucoup plus importante au centre de la Guinée sous le scénario de réchauffement FP1 (Figure 3d). Sur le Nigéria, cet indice diminuera au nord du pays pour les deux scénarios et augmentera au sud-est et nord-est du pays sous le réchauffement FP2 (figure 3e, h). Sur le Cameroun, cet indice diminuera dans tout le pays sous le réchauffement FP1 et augmentera au sud-est et nord-est du pays sous le réchauffement FP2 (figure 3f, i). La figure 4 montre la distribution spatiale de l'intensité des jours pluvieux. Sur la période historique (1958-1987), l'analyse montre une forte intensité des pluies au sud de la Guinée (figure 4a), au centre et au sud du Nigeria (figure 4b) et au sud-ouest du Cameroun (figure 4c). Néanmoins, comparé au Nigeria, l'intensité des pluies est plus forte au sud-ouest de la Guinée entre les latitudes 9°N et 11°N (figure 4b) et au sud-ouest du Cameroun entre les latitudes 2°N et 6°N (figure 4c). Dans le futur proche, on assistera à une légère augmentation de l'intensité des pluies sur les parties nord et sud-ouest de la Guinée sous les deux scénarios de réchauffement (FP1 et FP2) (figure 4d, g). Cependant, l'intensité des pluies semble ne pas être trop affecté par les deux scénarios de réchauffement dans le futur proche au niveau du Nigeria et du Cameroun (figure 4e, f, h, i). La figure 5 montre la distribution spatiale du nombre de jours de pluies intenses. L'analyse montre une forte occurrence du nombre de jours de pluies intenses au sud-ouest de la Guinée entre les latitudes 9°N et 11°N (figure 5a), au centre et au sud du Nigeria (figure 5b) et au sud-ouest du Cameroun entre les latitudes 2°N et 6°N (figure 5c). Dans le futur proche, on assistera à un renforcement du nombre de jours de pluies intenses sur presque toute la Guinée sous les deux scénarios de réchauffement (FP1 et

FP2) (figure 5d, g). A l'échelle du Nigéria, on assistera à une baisse de cet indice au nord du pays et une augmentation au sud-est et sud-ouest du pays sous les deux scénarios de réchauffement (figure 5e, h). Au niveau du Cameroun, le nombre de jours de pluies intenses augmentera au nord et sud-ouest du pays sous le réchauffement FP1 et augmentera sur presque l'ensemble du pays sous le réchauffement FP2 (figure 5f, i).

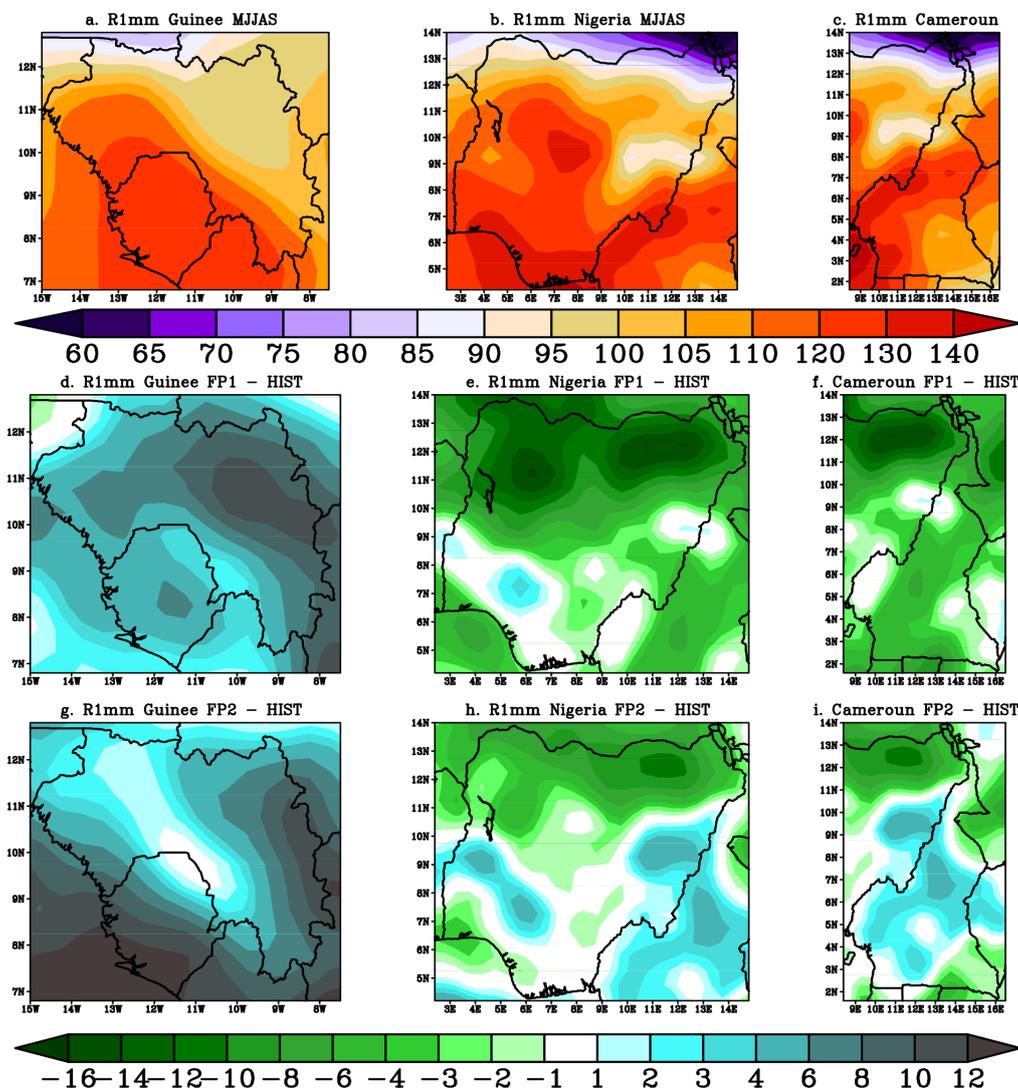


Fig. 3. Nombre de jours pluvieux (jour) pendant la saison estivale (mai à septembre) pour la période historique 1958-1987 (en a, b, c) et les changements dans le futur proche 2008-2037 sous le réchauffement 1.5°C (en d, e, f) et le futur proche 2030-2059 sous le réchauffement 2°C (en g, h, i) sur la Guinée, le Nigeria et le Cameroun pour la moyenne d'ensemble (Ens/RCMs) des modèles climatiques régionaux CORDEX

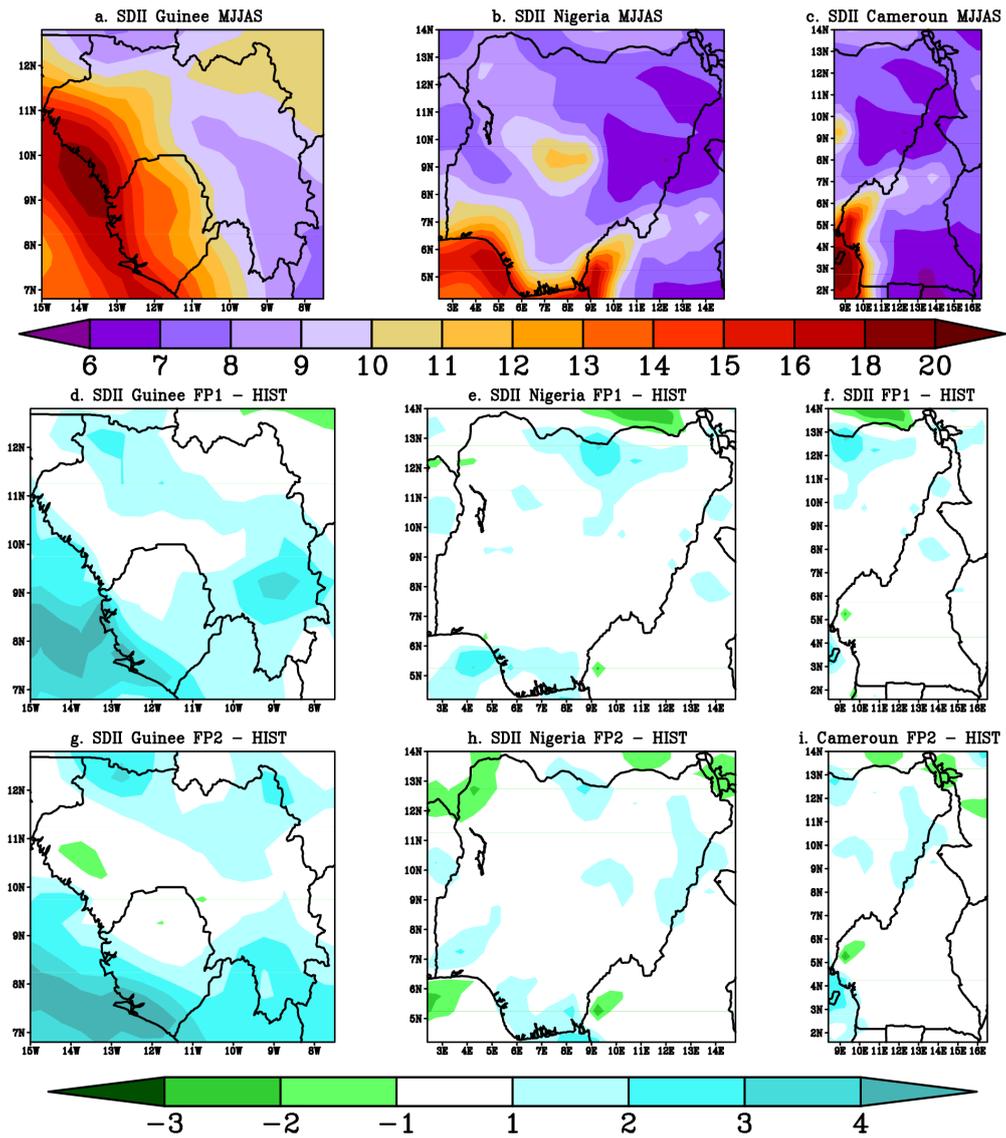


Fig. 4. Intensité des jours pluvieux (mm/jour) pendant la saison estivale (mai à septembre) pour la période historique 1958-1987 (en a, b, c) et les changements dans le futur proche 2008-2037 sous le réchauffement 1.5°C (en d, e, f) et le futur proche 2030-2059 sous le réchauffement 2°C (en g, h, i) sur la Guinée, le Nigeria et le Cameroun pour la moyenne d'ensemble (Ens/RCMs) des modèles climatiques régionaux CORDEX

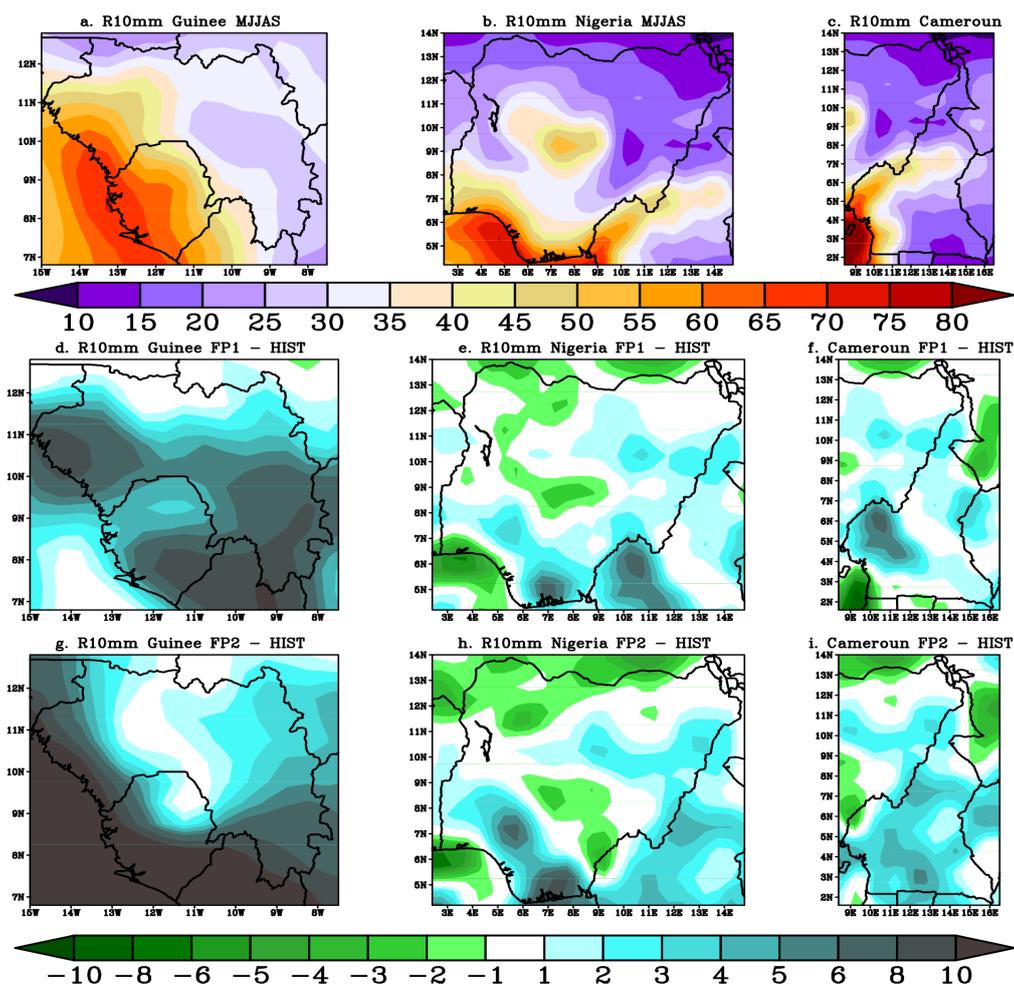


Fig. 5. Nombre de jours de pluies intenses (jour) pendant la saison estivale (mai à septembre) pour la période historique 1958-1987 (en a, b, c) et les changements dans le futur proche 2008-2037 sous le réchauffement 1.5°C (en d, e, f) et le futur proche 2030-2059 sous le réchauffement 2°C (en g, h, i) sur la Guinée, le Nigeria et le Cameroun pour la moyenne d'ensemble (Ens/RCMs) des modèles climatiques régionaux CORDEX

Dans le but de continuer à diagnostiquer les changements attendus sur les extrêmes pluviométriques dans les trois régions considérées, le cumul maximal de pluie sur un jour est représenté sur la figure 6. Sur la période historique (1958-1987), l'analyse montre que c'est en Guinée et au Nigeria qu'on obtient le plus grand cumul maximal de pluie sur un jour au cours de la période MJJAS comparé au Cameroun (Figure 6a, b, c). Néanmoins, comparé au Nigeria, le cumul maximal de pluie sur un jour est plus important en Guinée (Figure 6a, b). Les résultats montrent une augmentation du cumul maximal de pluie sur un jour dans presque l'ensemble des trois pays considérés dans le futur proche (Figure 6d-i). Néanmoins, comparé au Cameroun, le cumul maximal de pluie sur un jour sera plus important au nord et au centre de la Guinée et du Nigeria (Figure 6d-i).

La figure 7 montre la distribution spatiale du 95^{ème} percentile des pluies journalières (qui caractérise les pluies pendant les journées très humides). Les résultats montrent une distribution spatiale du 95^{ème} percentile similaire à celle du nombre de jours pluvieux dans les trois pays (Figure 7a, b, c). Les fortes valeurs du 95^{ème} percentile des pluies journalières sont simulées au sud-ouest de la Guinée entre les latitudes 9°N et 11°N (figure 7a), au centre et au sud du Nigeria (figure 7b) et au sud-ouest du Cameroun entre les latitudes 2°N et 6°N (figure 7c). Dans le futur proche, on assistera à une augmentation du 95^{ème} percentile des pluies journalières au sud et au centre de la Guinée sous les deux scénarios de réchauffement (FP1 et FP2) (figure 7d, g). Cet indice se renforcera également au sud du Nigeria et du Cameroun sous le scénario de réchauffement FP2 (figure 7h, i). Le 95^{ème} percentile des pluies journalières diminuera au nord des trois pays sous les deux scénarios de réchauffement (FP1 et FP2). Cette baisse sera plus importante sur le Nigeria sous le scénario de réchauffement FP2 (figure 7h).

L'étape suivante consiste à diagnostiquer les changements futurs du nombre maximal de séquences humides (CWD) et celui des séquences sèches (CDD) qui sont deux indices climatiques très cruciaux pour l'agriculture dans les trois pays considérés.

La distribution spatiale des jours consécutifs humides est présentée sur la figure 8. La moyenne d'ensemble des modèles simule les maxima de jours consécutifs humides au sud de la Guinée, au sud et au centre du Nigéria et au sud-ouest du Cameroun (figure 8a, b, c). En outre, comparé au Mont Cameroun (6°N, 12°E), c'est au niveau des montagnes du Fouta Djallon (10°N, 13°W) en Guinée et du plateau de Jos (10°N, 7.5°E) au Nigéria qu'on obtient le plus grand nombre de jours consécutifs humides. Dans le futur proche, on assistera à une baisse du nombre de jours consécutifs humides au sud-ouest et au centre de la Guinée sous le scénario de réchauffement FP1 et sur presque toute la Guinée sous le scénario de réchauffement FP2 (figure 8d, g). A l'échelle du Nigéria, on assistera à une baisse de cet indice au sud et au centre du pays sous le scénario de réchauffement FP1 et au sud-est du pays sous le scénario de réchauffement FP2 (figure 8e, h). Cet indice augmentera légèrement au sud-est de la Guinée et au nord-est du Nigéria sous le scénario de réchauffement FP1 et au nord-ouest du Nigéria sous le scénario de réchauffement FP2. Sur le Cameroun, le nombre de jours consécutifs humides diminuera au sud-ouest et au nord du pays et augmentera légèrement au sud-est du pays sous les deux scénarios de réchauffement. La figure 9 présente la distribution spatiale des jours consécutifs secs. La moyenne d'ensemble des modèles simule les maxima de jours consécutifs secs au nord de la Guinée et du Nigéria (figure 9a, b). En outre, comparé au Nigeria et au Cameroun, c'est en Guinée qu'on obtient le plus grand nombre de jours consécutifs secs. Dans le futur proche, on assistera à une baisse du nombre de jours consécutifs secs sur toute la Guinée, au nord et au centre du Nigéria sous les scénarios de réchauffement FP1 et FP2 (figure 9d, g, e, h). Cet indice augmentera légèrement au nord du Nigéria sous les deux scénarios de réchauffement (figure 9e, h) et diminuera au nord du Cameroun sous le scénario FP2 (figure 9i).

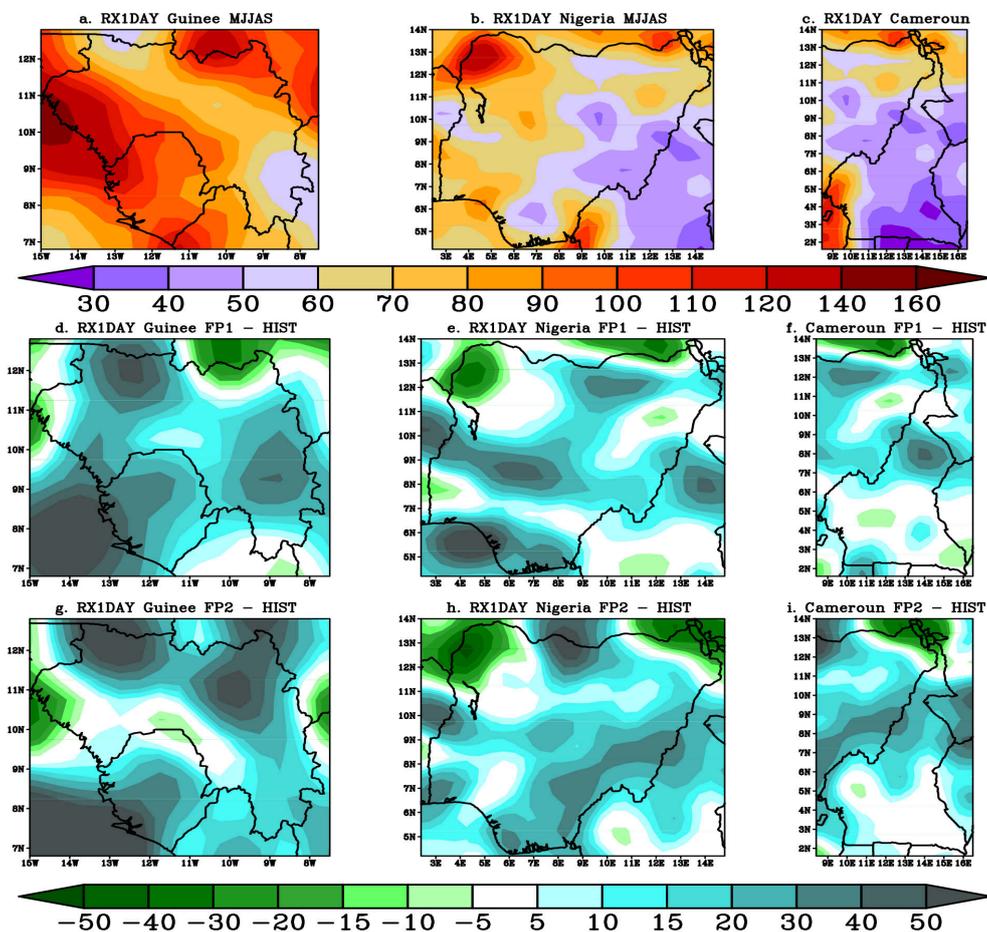


Fig. 6. Cumul maximal de pluie sur un jour (mm) pendant la saison estivale (mai à septembre) pour la période historique 1958-1987 (en a, b, c) et les changements dans le futur proche 2008-2037 sous le réchauffement 1.5°C (en d, e, f) et le futur proche 2030-2059 sous le réchauffement 2°C (en g, h, i) sur la Guinée, le Nigeria et le Cameroun pour la moyenne d'ensemble (Ens/RCMs) des modèles climatiques régionaux CORDEX

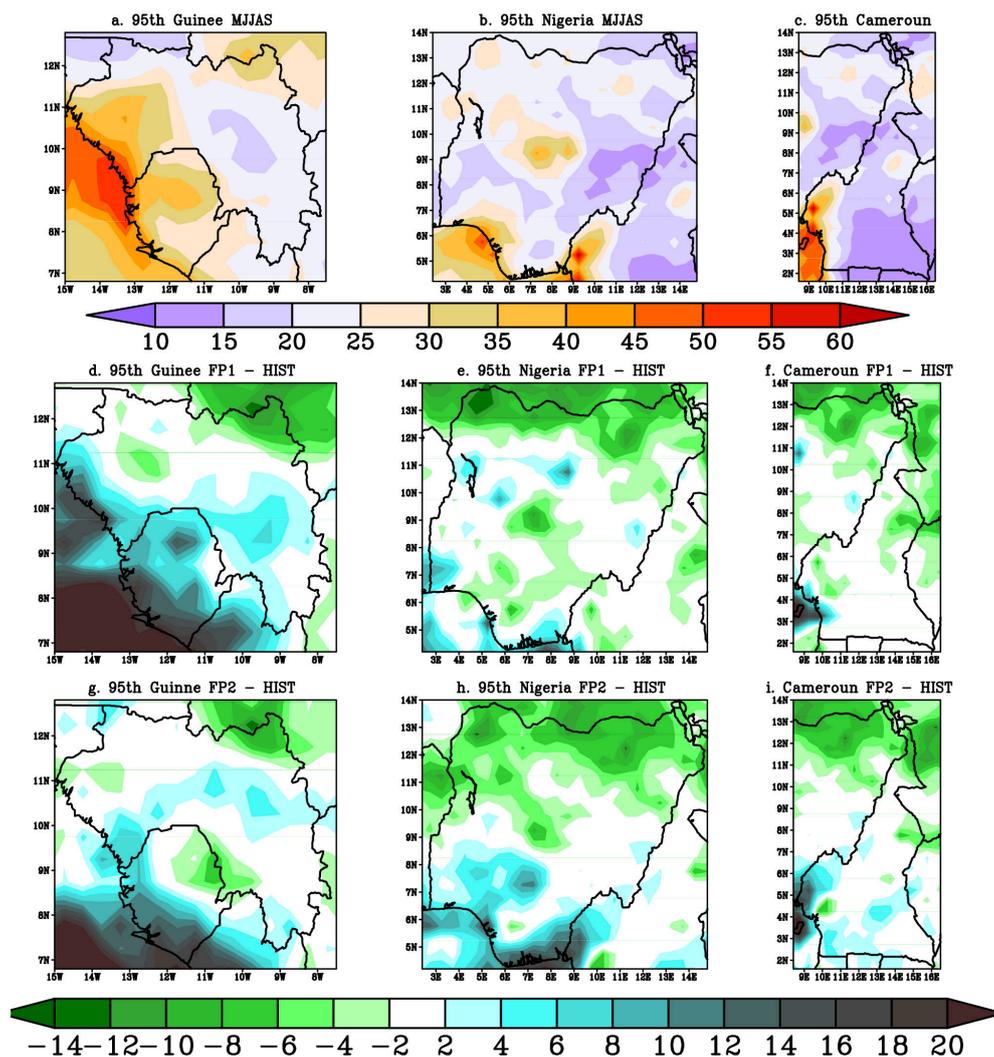


Fig. 7. Le 95^{ème} percentile des pluies journalières (mm/jour) pendant la saison estivale (mai à septembre) pour la période historique 1958-1987 (en a, b, c) et les changements dans le futur proche 2008-2037 sous le réchauffement 1.5°C (en d, e, f) et le futur proche 2030-2059 sous le réchauffement 2°C (en g, h, i) sur la Guinée, le Nigeria et le Cameroun pour la moyenne d'ensemble (Ens/RCMs) des modèles climatiques régionaux CORDEX

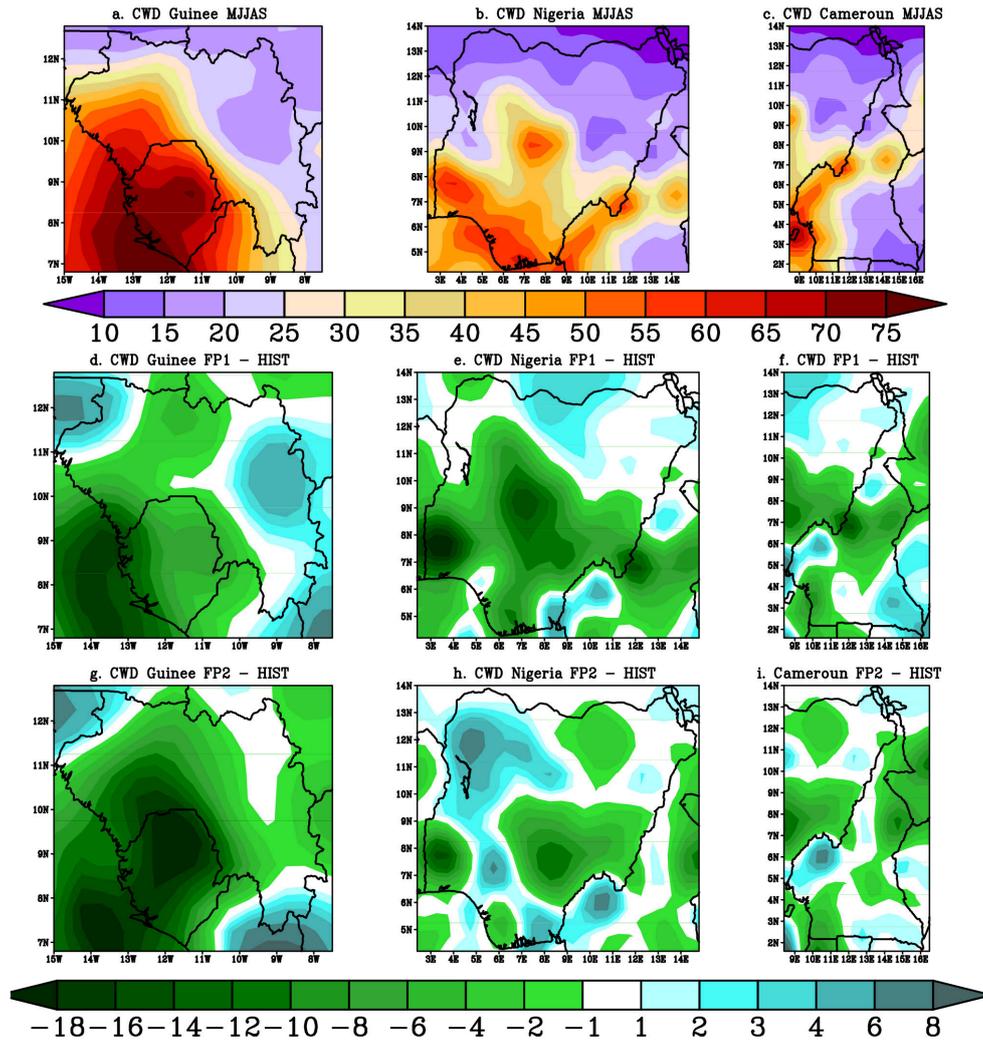


Fig. 8. Nombre de jours consécutifs humides (jour) pendant la saison estivale (mai à septembre) pour la période historique 1958-1987 (en a, b, c) et les changements dans le futur proche 2008-2037 sous le réchauffement 1.5°C (en d, e, f) et le futur proche 2030-2059 sous le réchauffement 2°C (en g, h, i) sur la Guinée, le Nigeria et le Cameroun pour la moyenne d'ensemble (Ens/RCMs) des modèles climatiques régionaux CORDEX

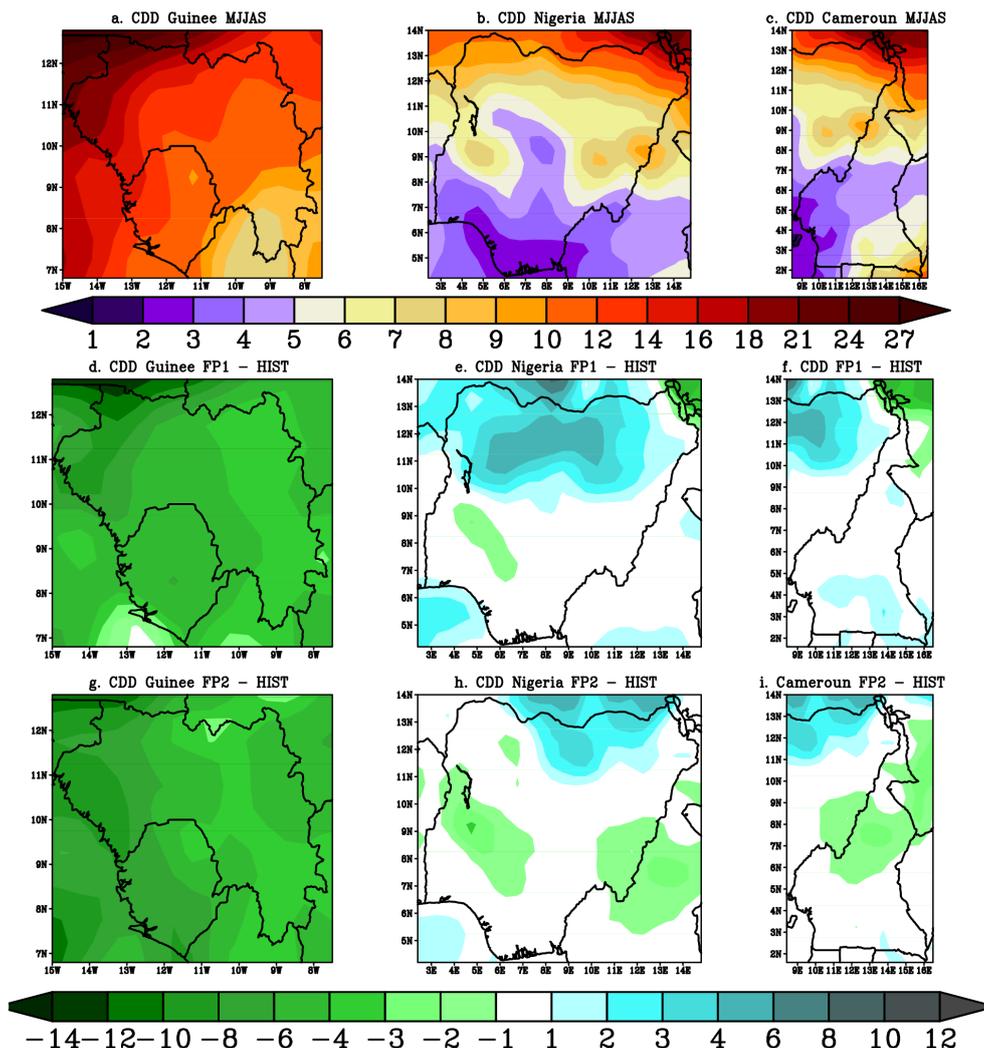


Fig. 9. Nombre de jours consécutifs secs (jour) pendant la saison estivale (mai à septembre) pour la période historique 1958-1987 (en a, b, c) et les changements dans le futur proche 2008-2037 sous le réchauffement 1.5°C (en d, e, f) et le futur proche 2030-2059 sous le réchauffement 2°C (en g, h, i) sur la Guinée, le Nigeria et le Cameroun pour la moyenne d'ensemble (Ens/RCMs) des modèles climatiques régionaux CORDEX

En définitive, la diminution attendue sur les jours pluvieux dans le futur proche pourrait impacter négativement la disponibilité de la ressource en eau. Les résultats issus des travaux de [14] ont montré que la baisse du nombre de jours de pluie et l'augmentation des séquences sèches dans le futur pourraient être due à un affaiblissement de l'intensité des systèmes convectifs qui apportent la pluie. Les projections montrent une augmentation de l'intensité des pluies et du cumul maximal de pluie sur un jour. Cela pourrait participer à la recharge des nappes et la valorisation de ces excédents d'eau dans des bassins de rétention peut améliorer la disponibilité de l'eau pour des besoins agricoles durant la saison sèche. Néanmoins, une forte augmentation des extrêmes de pluie pourrait engendrer des conséquences néfastes telles que les inondations à l'image de celles connues par certains pays d'Afrique de l'Ouest en 2012 dont l'assainissement fait défaut et les mauvais aménagements. A l'échelle du Sénégal, les résultats issus des travaux de [15] ont montré que les impacts des réchauffements globaux de 1.5°C et 2°C sur l'hydroclimatologie pourraient avoir des conséquences négatives sur les activités socio-économiques notamment dans les domaines de l'agriculture, de la santé, etc. Sadio et al. (2021) [16] ont également montré que la diminution des précipitations dans le futur va accentuer le stress hydrique et réduire la disponibilité des ressources hydriques pour l'alimentation.

4 CONCLUSION

Dans cette étude, les données de pluie issues de cinq (5) modèles climatiques impliqués dans le projet CORDEX ont été analysées afin d'étudier les changements futurs sur les extrêmes pluviométriques sous les scénarios d'un réchauffement de 1.5°C et 2°C dans trois régions orographiques d'Afrique (Guinée, Nigeria et Cameroun).

Les résultats projettent une augmentation du nombre de jours pluvieux sur toute la Guinée sous les scénarios FP1 et FP2 à l'horizon 2059. Sur le Nigéria, cet indice diminuera au nord du pays sous les scénarios FP1 et FP2 et augmentera au sud-est et nord-est du pays sous le scénario FP2. Sur le Cameroun, cet indice diminuera dans tout le pays sous le réchauffement FP1 et augmentera au sud-est et nord-est du pays sous le réchauffement FP2. On assistera également à une légère augmentation de l'intensité des pluies sur les parties nord et sud-ouest de la Guinée sous les deux scénarios. Le cumul maximal de pluie sur un jour augmentera dans presque l'ensemble des trois pays considérés dans le futur proche sous les deux scénarios. Néanmoins, comparé au Cameroun, le cumul maximal de pluie sur un jour sera plus important au nord et au centre de la Guinée et du Nigeria. On assistera à une baisse du nombre de jours consécutifs humides au sud-ouest et au centre de la Guinée sous le scénario FP1 et sur presque toute la Guinée sous le scénario FP2. A l'échelle du Nigéria, on assistera à une baisse de cet indice au sud et au centre du pays sous le scénario FP1 et au sud-est du pays sous le scénario FP2. Cet indice augmentera légèrement au sud-est de la Guinée et au nord-est du Nigéria sous le scénario FP1 et au nord-ouest du Nigéria sous le scénario FP2. Sur le Cameroun, le nombre de jours consécutifs humides diminuera au sud-ouest et au nord du pays et augmentera légèrement au sud-est du pays sous les deux scénarios de réchauffement. Le nombre de jours consécutifs secs diminuera sur toute la Guinée, au nord et au centre du Nigéria sous les deux scénarios.

Finalement, cette étude montre que les trois régions étudiées auront besoin d'une irrigation supplémentaire comme stratégie d'adaptation pour la protection du secteur agricole à l'horizon 2059 sous les scénarios FP1 et FP2 en raison de la diminution du nombre de jours consécutifs humides. Malgré les résultats obtenus dans ce travail, d'autres études complémentaires sont nécessaires pour expliciter les impacts des scénarios FP1 et FP2 sur la variabilité intra-saisonnière et interannuelle des vagues de chaleur dans les trois régions étudiées (Guinée, Nigeria et Cameroun) pour le climat futur.

REMERCIEMENTS

Ce travail est soutenu en partie par l'Université Assane SECK de Ziguinchor (Sénégal), le Fond d'Impulsion de la Recherche Scientifique et Technique (FIRST) du MESRI (Sénégal) et le LMI-ECLAIRS2. Nous adressons également nos remerciements à Mouhammadou Bamba Sylla (AIMS, Rwanda) qui nous a fourni les données.

REFERENCES

- [1] IPCC, "Abstract for Policymakers. Climate Change, (2013). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung", University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.
- [2] Touré H.A., Traoré K., and N. Kyei-Baffour, "Assessment of changing trends of daily precipitation and temperature extremes in Bamako and Segou in Mali from 1961-2014", *Weather and Climate Extremes*; 18 (2017) 8–16, 2017.
- [3] Ly M., Traore S.B., Alhassane A., and B. Sarr, "Evolution of some observed climate extremes in the West African Sahel", *Wea. Climate Extremes*; 1, 19–25, doi: 10.1016/j.wace.2013.07.005, 2013.
- [4] Sarr B., "Return of heavy downpours and floods in a context of changing climate. Climate change in the Sahel. A challenge for sustainable development", *AGRHYMET Monthly Bulletin (Special Issue)*; pp. 9–11, 2011.
- [5] Ali A., "Climate variability and change in the Sahel. Understanding the current situation by observing. Climate change in the Sahel. A challenge for sustainable development", *AGRHYMET Monthly Bulletin (Special Issue)*; pp. 17–20, 2011.
- [6] Lamptey B., "An analytical framework for estimating the urban effect on climate. International, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)", *Cambridge Journal of Climatology*; 30, 72–88, 2009.
- [7] Klutse, N. A. B., Sylla, M. B., Diallo, I., Sarr, A., Dosio, A., Diedhiou, A., Kamga, A., Lamptey, B., Ali, A., Gbobaniyi, O. E., Owusu, K., Lennard, C., Hewitson, B., Nikulin, G., Panitz, H. J. & Büchner, M., "Daily characteristics of West African summer monsoon precipitation in CORDEX simulations", *Theoretical and Applied Climatology*; 123 (1-2), 369-386, 2016.
- [8] Dinku T., Ceccato P., Grover-Kopec E., Lemma M., Connor S. J., and C. F. Ropelewski, "Validation of satellite rainfall products over East Africa's complex topography" *Int. J. Remote Sens*, 8 (7): 1503–1526, doi: 10.1080/01431160600954688, 2007.
- [9] Harris I, Jones PD, Osborn TJ, Lister DH., "Updated high resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset", *Int. J. Climatol*, 2013.
- [10] Giorgi F, Jones C, Asrar G., "Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework", *World Meteorol Org Bull*; 58: 175–183, 2009.
- [11] Peterson T.C., Folland C., Gruza G., Hogg W., Mokssit, A., and N. Plummer, "Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapports 1998-2001", WMO: Geneva, Switzerland, 2001.
- [12] Akinsanola A.A.; Ajayi V.O.; Adejare A.T.; Adeyeri O.E.; Gbode I.E.; Ogunjobi K.O.; Nikulin G.; and A.T. Abolude, "Evaluation of rainfall simulations over West Africa in dynamically downscaled CMIP5 global circulation models", *Theor Appl Climatol*; DOI 10.1007/s00704-017-2087-8, 2017.

- [13] Nikiema P.M.; Sylla M.B.; Ogunjobi K.; Kebe I.; Gibbaa P. and F. Giorgi, "Multi-model CMIP5 and CORDEX simulations of historical summer temperature and precipitation variability's over West Africa", *Int. J. Climatol*; DOI: 10.1002/joc.4856, 2016.
- [14] Lay ML, Galle S., "Variabilités interannuelle et intrasaisonnière des pluies aux échelles hydrologiques. La mousson ouest-africaine en climat soudanien", *Hydrological Sciences Journal*; 50 (3): 524, 2005.
- [15] Mbaye M.L., Sylla M.B., Tall M., "Impacts of 1.5 and 2.0°C global warming on water balance components over Senegal in West Africa", *Atmosphere*; 10 (11): 712, 2019.
- [16] Sadio P.M., Mbaye M.L., Diatta S., Sylla M.B., "Variabilité et changement hydroclimatiques dans le bassin-versant du fleuve Casamance (Sénégal)", *La Houille Blanche*; 6: 89–96, 2020.