

# Rapport sur le changement climatique au Burundi

Résumé à l'intention des décideurs

Préparé par :

Dr Stefan Liersch, Rocio Rivas, Kerstin Fritzsche

Avril 2014

## Sommaire

<b>1 Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2 Approche méthodologique</b>	<b>2</b>
<b>3 Changements des précipitations annuelles</b>	<b>5</b>
<b>4 Évolution des régimes de précipitations saisonnières</b>	<b>7</b>
<b>5 Changements des températures annuelles de l'air</b>	<b>9</b>
<b>6 Implications potentielles des changements climatiques pour le Burundi</b>	<b>12</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>13</b>

## Figures

Figure 1:	Cellules de grille représentant la zone étudiée (rectangle rouge)	2
Figure 2:	Corrélation entre la saisonnalité des précipitations au Burundi occidental et oriental. Données WFD et données observées en moyenne sur la période 1970-1999.	4
Figure 3:	Projections des précipitations annuelles au Burundi à l'aide de 4 MCR	5
Figure 4:	Évolution estimée des précipitations en [mm]	6
Figure 5:	Évolution mensuelle des précipitations comparées à la période de référence 1970-1999	7
Figure 6:	Modèle à données multiples moyennes portant sur les prévisions mensuelles anormales des précipitations au Burundi	8
Figure 7:	Modèle à données multiples moyennes portant sur les prévisions annuelles de la température de l'air au Burundi	9
Figure 8:	Évolution estimée de la température en K (Kelvin) 1 K = 1 °C	10
Figure 9:	Anomalies projetées pour la température de l'air mensuelle pour les années 1970-1999	11

## Tableaux

Tableau 1:	Combinaisons de modèles MCR et ESM utilisées	3
Tableau 2:	Changements des précipitations annuelles moyennes (modèle à données multiples moyennes)	6
Tableau 3:	Évolution de la température de l'air (modèle à données multiples moyennes)	9

## 1 Introduction

Les ressources en eau et des sols sont essentielles pour le développement économique et social du Burundi. Aujourd'hui déjà, ces ressources sont soumises à de fortes pressions liées à la croissance de la population, à la surexploitation des terres et à la demande croissante en ressources naturelles. Le changement climatique et la variabilité croissante du climat pourraient s'ajouter à ces tendances et dégrader encore davantage la disponibilité et la qualité de l'eau et des terres arables.

Afin de mieux comprendre les effets du changement climatique, une étude sur les projections du changement climatique au Burundi a été menée dans le cadre du projet GIZ « Adaptation au changement climatique pour la protection des ressources en eau et sol au Burundi » (ACCES). Cette étude s'appuie sur les derniers modèles climatiques régionaux (MCR) disponibles pour le Burundi et deux scénarios d'émissions différents (Voies de concentration représentatives 4.5 et 8.5). Considérant les années 1970 à 1999 comme référence, l'étude a analysé les variations annuelles et saisonnières des précipitations et de la température pour les périodes futures de 2031-2060 et 2071-2099.<sup>1</sup>

Ce résumé met en lumière les principales conclusions de cette étude ainsi que les implications socio-économiques potentielles du changement climatique au Burundi, qui sont schématiquement les suivantes :

- **Les précipitations au Burundi devraient s'accroître en général** dans les régions de l'est et du sud du pays ainsi que sur le plateau central avec des pluies plus abondantes.
- Bien que les **précipitations doivent augmenter à la saison des pluies**, les mois précédant l'arrivée de cette saison (en août/septembre) risquent d'être plus secs.
- Certains des modèles utilisés prévoient une **prolongation probable de la saison sèche**.
- La probabilité est élevée que les **températures de l'air** en moyenne annuelle **augmentent progressivement** au Burundi au cours du 21<sup>ème</sup> siècle.
- La température de l'air **augmentera** en particulier **pendant la saison sèche**.
- Les excédents d'eau futurs sont susceptibles d'**augmenter le risque d'extrêmes précipitations**.
- Les changements des régimes et de la quantité des précipitations ainsi que de température risquent de comporter d'importantes implications pour la production agricole, notamment les cultures.

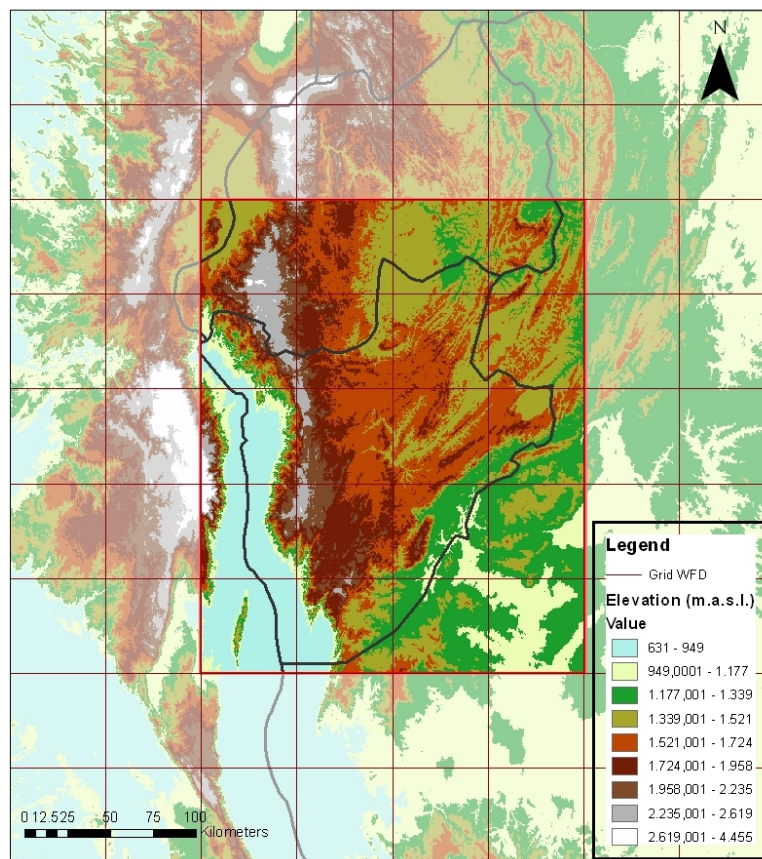
<sup>1</sup> Les deux périodes ont été choisies pour fournir des informations sur le changement climatique dans un avenir proche et plus lointain afin d'étayer les processus décisionnels sur différents horizons de planification dans le court à moyen terme et le long terme

Les sections suivantes décrivent brièvement la méthodologie suivie pour les projections de changement climatique et présentent les principales conclusions de cette étude.

## 2 Approche méthodologique

Les projections de changements climatiques pour cette étude ont été menées dans une zone représentant 20 cellules de grille avec une résolution spatiale d'environ 50 km/0,5°, couvrant l'ensemble du Burundi, du Ruanda et des régions orientales du Congo et de l'ouest de la Tanzanie (Figure 1).

**Figure 1: Cellules de grille représentant la zone étudiée**



Source : Climate Change Report for Burundi, Liersch, Rivas 2014.

Ont été analysés, dans le but de développer des projections de changement climatique d'avenir pour le Burundi, les modèles climatiques régionaux (MCR) les plus récents fournis

par le « **CO**ordinated **R**egional **D**ownscaling **E**Xperiment (CORDEX) Africa<sup>2</sup> » [ou Expérimentation des méthodes dites de désagrégation – Afrique en français]. Ils comprennent dix combinaisons de modèles comme le présente le tableau 1.

Ces modèles ont été exécutés en utilisant différents scénarios d'émissions, dénommés **R**epresentative **C**oncentration **P**athways (RCP) [ou VCR, Voies de concentration représentatives en français], qui fournissent différentes hypothèses sur les modes d'émissions de gaz à effet de serre. Dans le cadre de cette étude, deux VCR ont été sélectionnées pour couvrir largement le forçage radiatif anthropique total, s'étendant du forçage faible à moyen (VCR 4.5) au forçage élevé (VCR 8.5) (Meinshausen et al., 2011; Moss et al., 2010).

**Tableau 1: Combinaisons de modèles MCR et ESM utilisées**

<b>MCR</b>	<b>Modèle du système Terre (ESM)</b>
SMHI-RCA4 (RCA4)	CanESM2, CNRM-CM5, EC-EARTH, GFDL-ESM2-M, MIROC5, MPI-ESM-LR, NorESM1
CanRCM4 (RCM4)	CanESM2
KNMI-RACMO22T (RACMO)	EC-EARTH
DMI-HIRHAM5 (DMI)	EC-EARTH

Nota : RCA4 reposait sur sept ESM. Au lieu de montrer chacune des combinaisons de modèle individuellement, un modèle à données multiples moyennes pour RCA4 a été calculé et utilisé dans cette étude.

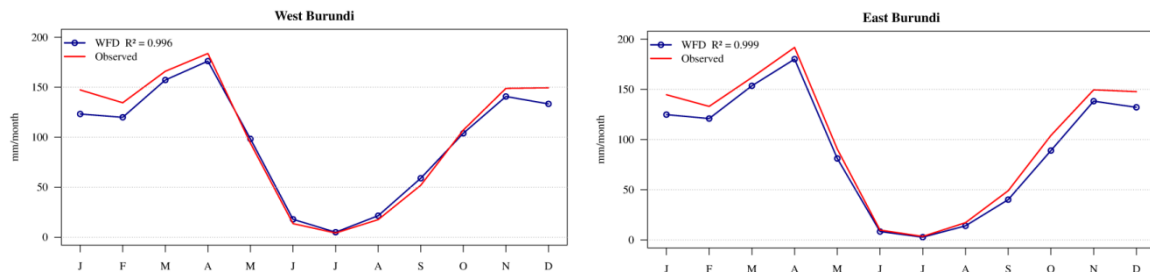
Les projections futures ont été élaborées pour deux périodes, 2031-2060 et 2071-2100, et comparées à la période historique 1970-1999 de référence à l'aide des modèles et des scénarios mentionnés précédemment. Les deux périodes à venir ont été choisies de manière à fournir des informations sur le changement climatique dans un avenir proche et plus lointain afin d'étayer les processus décisionnels sur différents horizons de planification dans le court à moyen terme et le long terme

Comme base analytique de comparaison et de performance des modèles climatiques, nous avons utilisé les données de forçage (Forcing Dataset) WATCH (WFD)<sup>3</sup> (Weedon et al., 2011) en alternative pour observer les données de précipitations et de températures, puisque celles-ci n'étaient pas disponibles pour l'étude. WFD est un ensemble de données de forçage météorologique global infraquotidien prévu pour une utilisation scientifique sur la base de modèles de surfaces terrestres et hydrologiques. La forte corrélation entre les données observées disponibles ultérieurement et les données WFD justifie l'utilisation de ces données comme ensemble de données de référence (voir la figure 2).

<sup>2</sup> Veuillez vous référer à <http://start.org/cordex-africa/> pour de plus amples informations.

<sup>3</sup> WFD est un ensemble de données de forçage météorologique global infraquotidien prévu pour une utilisation scientifique sur la base de modèles de surfaces terrestres et hydrologiques. Veuillez vous référer à <http://www.eu-watch.org/> pour de plus amples informations sur le projet FP6 Eau et changement climatique (WATCH).

**Figure 2: Corrélation entre la saisonnalité des précipitations au Burundi occidental et oriental. Données WFD et données observées en moyenne sur la période 1970-1999.**



Source : Climate Change Report for Burundi, Liersch, Rivas 2014.

En vue d'évaluer la qualité de la représentation des précipitations au Burundi, tous les modèles climatiques ont été comparés avec celles de WFD pour la période de référence (1970-1999) à des intervalles de temps mensuel. Cette comparaison a révélé que le modèle moyen tendait à surestimer les précipitations au cours des mois pluvieux tandis que nous pouvions observer une légère sous-estimation pour avril et mai.

Cependant, on ne peut pas s'attendre à ce que les MCR représentent les données climatiques observées de manière parfaite. Le système climatique est très complexe et le climat régional est influencé par les circulations à grande échelle (mondiale). Les modèles MCR dynamiques reposent sur des modèles globaux et héritent par conséquent d'une certaine manière des incertitudes liées à ces conditions limites.

Les MCR utilisés dans le contexte de cette étude montrent néanmoins qu'ils sont en mesure de représenter les modèles de saisonnalité des pluies, bien que sous différents aspects. Cependant, même si les quantités de précipitations mensuelles ne correspondent pas parfaitement aux observations, les études sur le changement climatique se concentrent sur l'évolution relative à moyen et long terme de ces quantités.

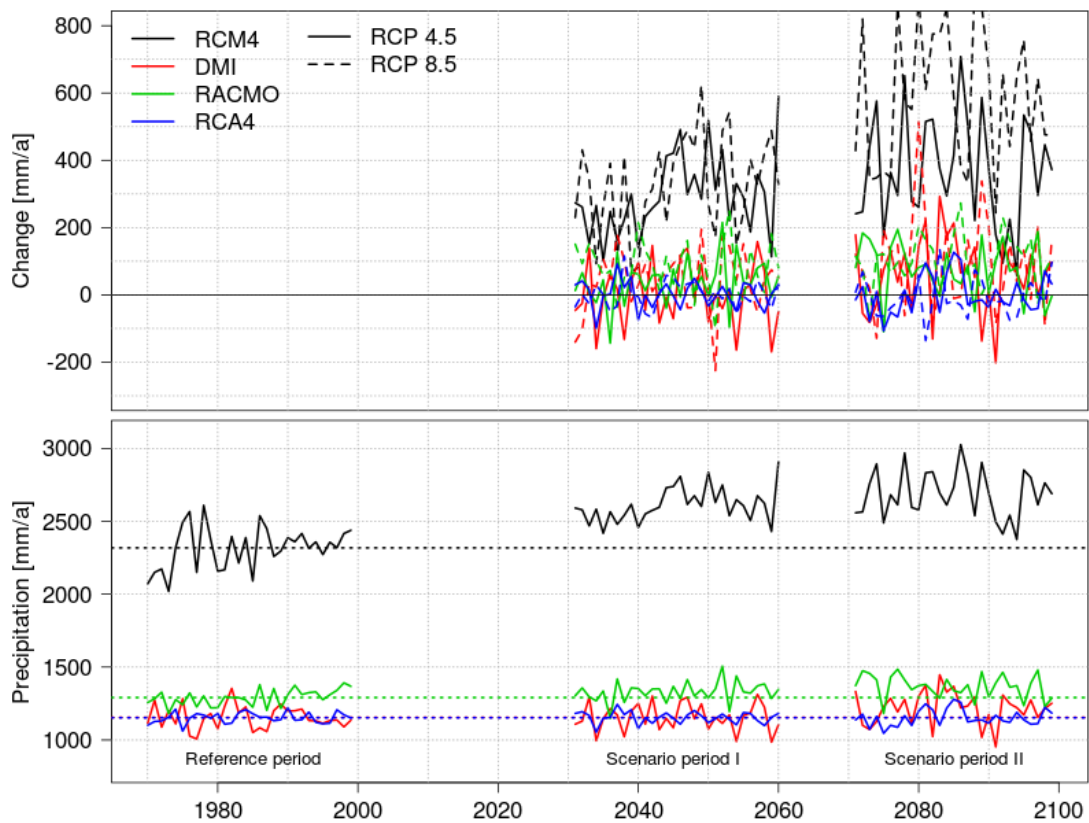
En conséquence, l'objectif de cette étude est d'étudier les signes de changement relatifs des projections de modélisation et les modèles utilisés dans la présente étude sont considérés comme étant appropriés à cet effet.

### 3 Changements des précipitations annuelles

L'étude des projections de changement climatique au Burundi montre les tendances futures suivantes en ce qui concerne les précipitations annuelles :

- Par rapport à la période de référence (1970-1999), les précipitations annuelles moyennes devraient augmenter dans le futur dans l'ensemble du Burundi dans une mesure différente (Figure 3).

**Figure 3: Projections des précipitations annuelles au Burundi à l'aide de 4 MCR**



Source : Liersch/PIK 2014.

- La moyenne des précipitations annuelles au Burundi s'élève approximativement de 84 mm à 113,6 mm ou de 5,7 % à 7,7 % pour la période 2031-2060 et de 127 mm à 196 mm ou de 8,6 % à 13,2 % pour la période de 2071-2100 (tableau 2).

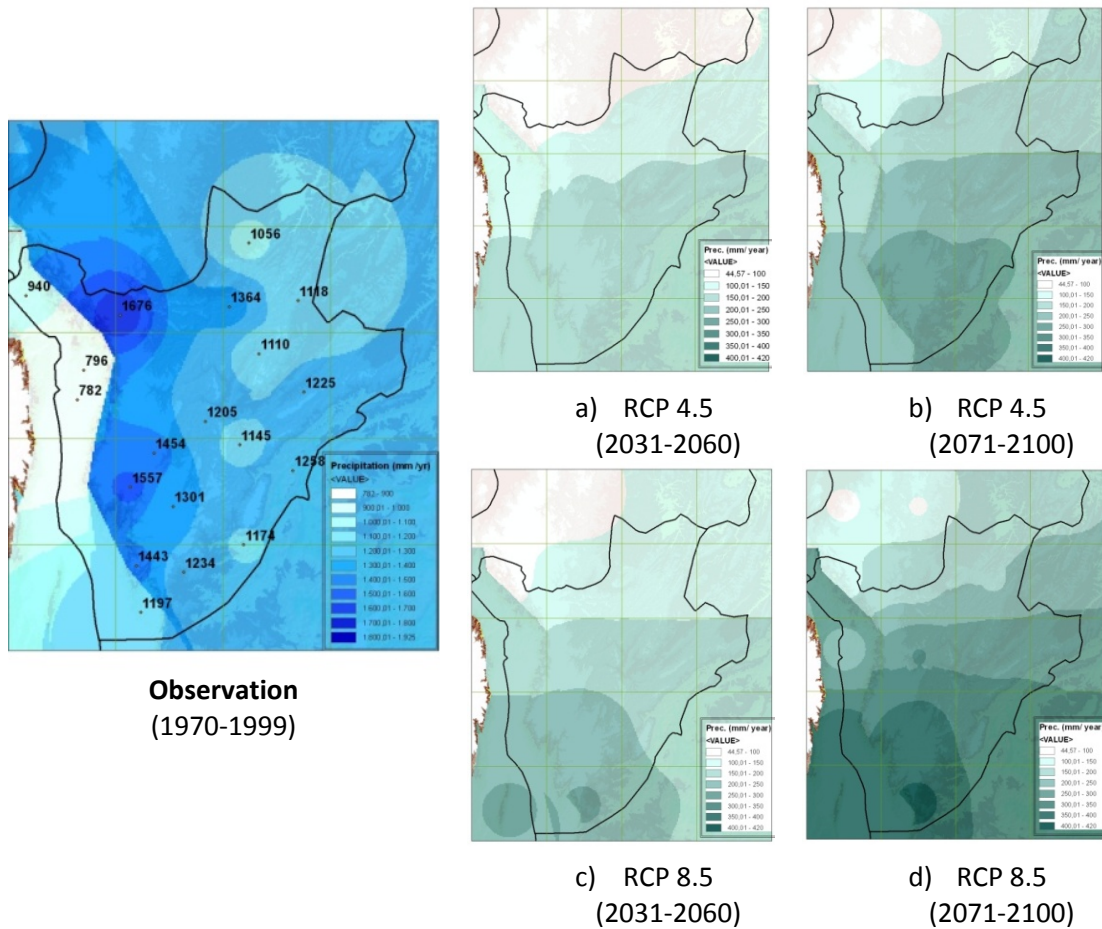


**Tableau 2: Changements des précipitations annuelles moyennes (modèle à données multiples moyennes)**

	1970-1999	2031-2060			2071-2100		
	mm	Moy. [mm]	%	mm	Moy. [mm]	%	mm
RCP 4.5	1479	1563	5,7	84,1	1607	8,6	127,4
RCP 8.5	1479	1593	7,7	113,6	1675	13,2	195,9

- Le gradient de l'évolution prévue des précipitations croît du nord au sud du Burundi, variant de 44 mm de précipitations dans la région nord au cours de la période 2031-2060 et le scénario RCP4.5 (figure 4a) à 420 mm dans le sud du Burundi sur la période 2071-2099 selon le scénario RCP8.5 (figure 4d).
- L'évolution estimée des précipitations est particulièrement prononcé dans les montagnes du Congo-Nil, sur le plateau central et la dépression orientale (voir figure 4).

**Figure 4: Évolution estimée des précipitations en [mm]**



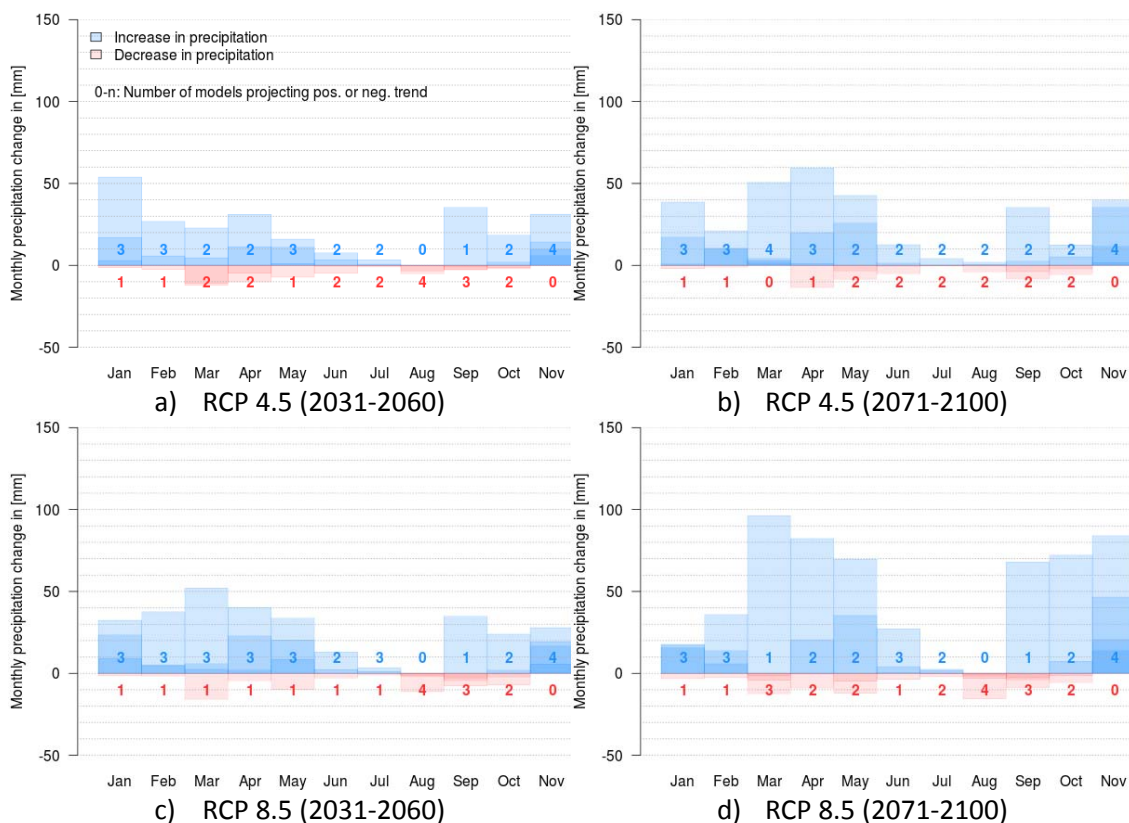
Source : Climate Change Report for Burundi, Liersch, Rivas 2014.

## 4 Évolution des régimes de précipitations saisonnières

En ce qui concerne la répartition saisonnière des précipitations, l'étude de projection du changement climatique a fourni les résultats suivants :

- La majorité des MCR conviennent d'élévation des précipitations pendant la saison des pluies principale (de novembre à février).
- Tous les MCR conviennent, pour toutes les périodes et scénarios, d'une tendance clairement positive des précipitations pour les mois de novembre et décembre (figure 5).

**Figure 5: Évolution mensuelle des précipitations comparées à la période de référence 1970-1999**

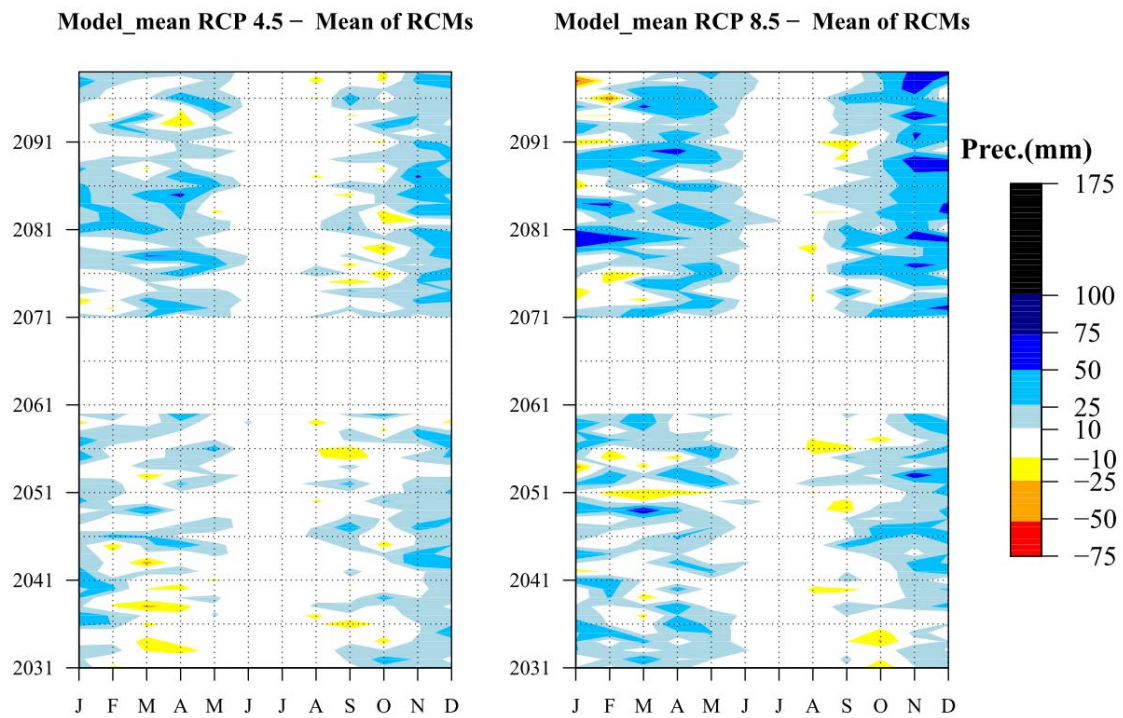


Source : Climate Change Report for Burundi, Liersch, Rivas 2014.

Explication de la figure 5 : chaque modèle est représenté par une bande de couleur semi-transparente bleue pour une tendance à l'augmentation et rouge pour une baisse. Plus la couleur est foncée, plus les modèles conviennent d'une tendance identique.

- Dans la période de transition entre saison humide et saison sèche et inversement, les modèles prévoient des tendances différentes et les résultats deviennent en l'occurrence incertains.
- Les MCR s'accordent sur une tendance générale selon laquelle le mois précédant le début de la saison des pluies sera plus sec. Selon le modèle, il s'agit des mois d'août à octobre.
- Bien que le modèle à données multiples moyennes ne montre pas de tendance significative à l'assèchement au début de la saison des pluies (figure 6), il convient de garder à l'esprit que trois des quatre MCR l'ont envisagé. Puisque le modèle RCM4 prévoit d'importants changements de précipitations, il joue un rôle dominant dans le processus de calcul de la moyenne.
- Deux MCR (DMI et RCA4) font prévision d'une prolongation de la saison sèche.

**Figure 6: Modèle à données multiples moyennes portant sur les prévisions mensuelles anormales des précipitations au Burundi**



Source : Climate Change Report for Burundi, Liersch, Rivas 2014.

## 5 Changements des températures annuelles de l'air

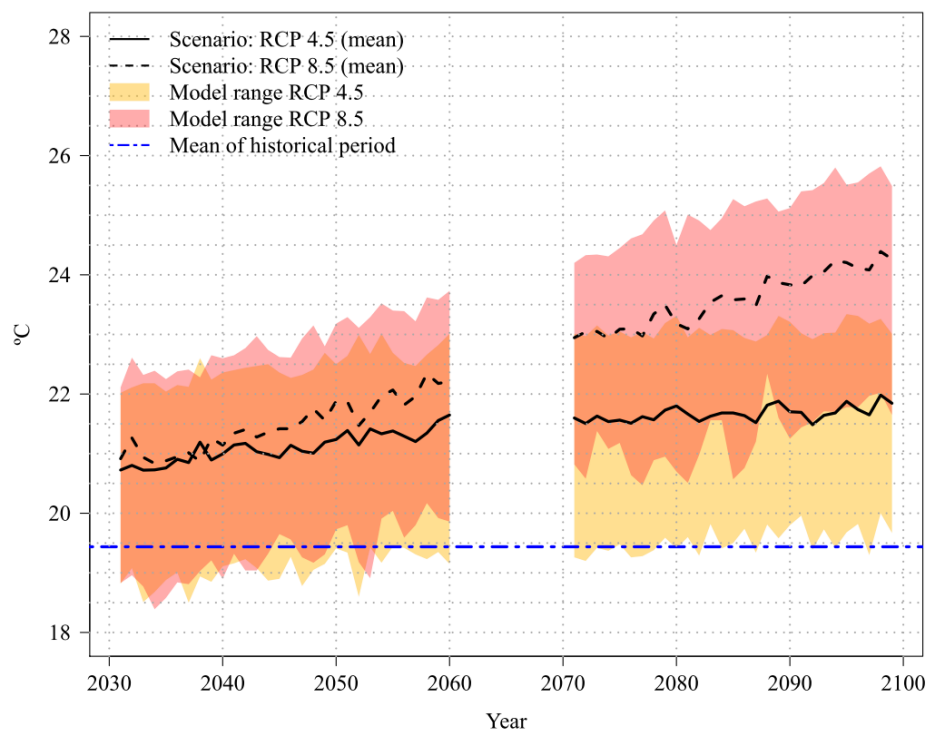
Les données appliquées pour l'étude ont indiqué que la température de l'air avait déjà augmenté de manière significative au cours de la période de référence (1970-1999). Avec une température de l'air annuelle moyenne de 20,2 °C, les années 1990 ont été plus chaudes d'environ 0,6 °C que les années 1970 avec 19,6 °C. En ce qui concerne les tendances futures de la température, les conclusions de l'étude sont les suivantes :

- Tous les MCR conviennent de températures de l'air annuelles moyennes en hausse régulière tout au long du 21ème siècle au Burundi (tableau 3 et figure 7).

**Tableau 3: Évolution de la température de l'air (modèle à données multiples moyennes)**

	1970-1999	2031-2060		2071-2100	
	°C	Moy. [°C]	K	Moy. [°C]	K
RCP 4.5	19,4	21,1	1,7	21,7	2,2
RCP 8.5	19,4	21,5	2,1	23,6	4,2

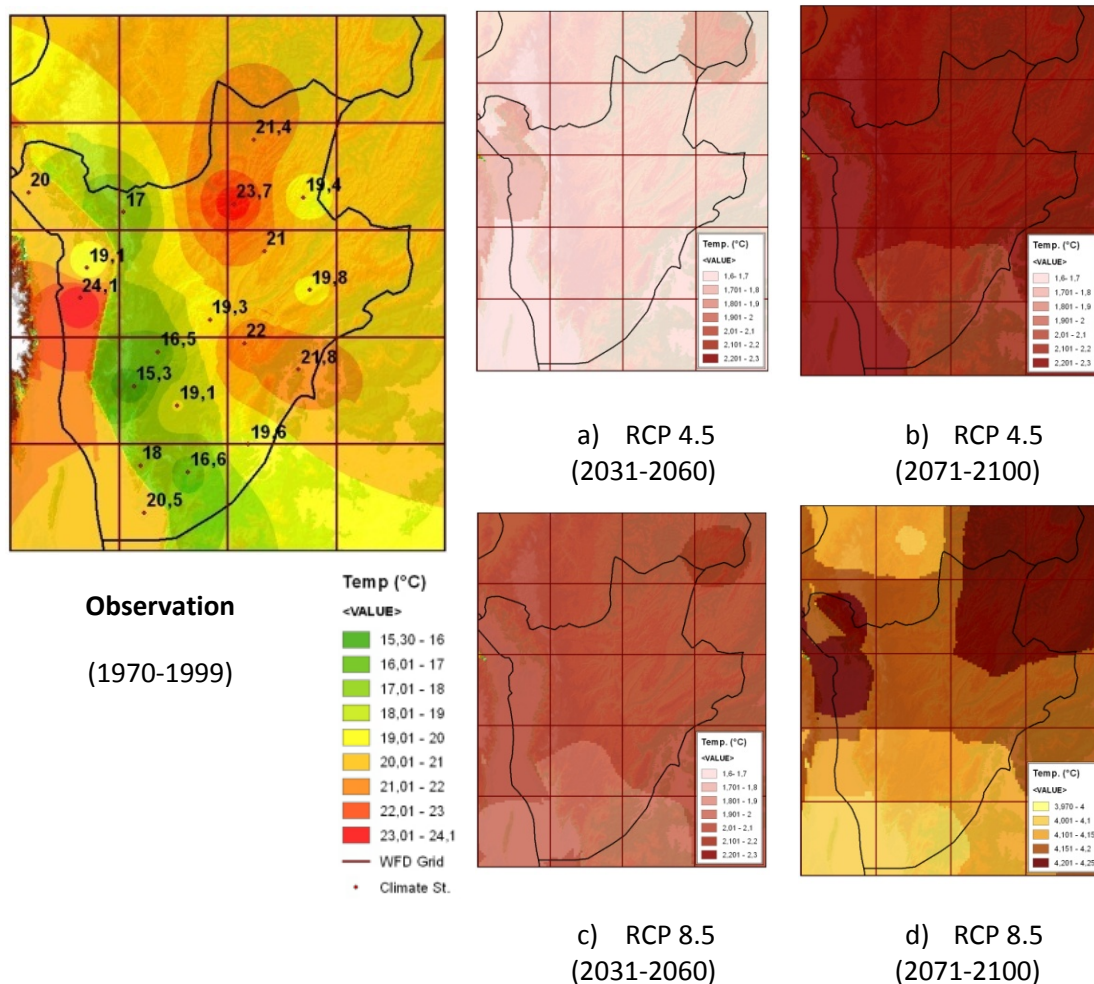
**Figure 7: Modèle à données multiples moyennes portant sur les prévisions annuelles de la température de l'air au Burundi**



Source : Climate Change Report for Burundi, Liersch, Rivas 2014.

- L'augmentation prévue de la température annuelle moyenne de l'air pour RCP4.5 (tous les modèles) est comprise entre 1,4 et 2,0 K pour la période 2031-2060 et entre 1,9 et 2,6 K de 2071 à 2100.
- L'augmentation prévue de la température annuelle moyenne de l'air pour RCP8.5 (tous les modèles) est comprise entre 1,7 et 2,9 K pour la période 2031-2060 et entre 3,6 et 4,7 K de 2071 à 2100.
- Il convient de souligner que les projections dans un avenir proche (2031-2060) montrent une étendue beaucoup plus faible dans les deux scénarios que pour la période située à la fin du 21ème siècle.

**Figure 8: Évolution estimée de la température en K (Kelvin) 1 K = 1 °C**

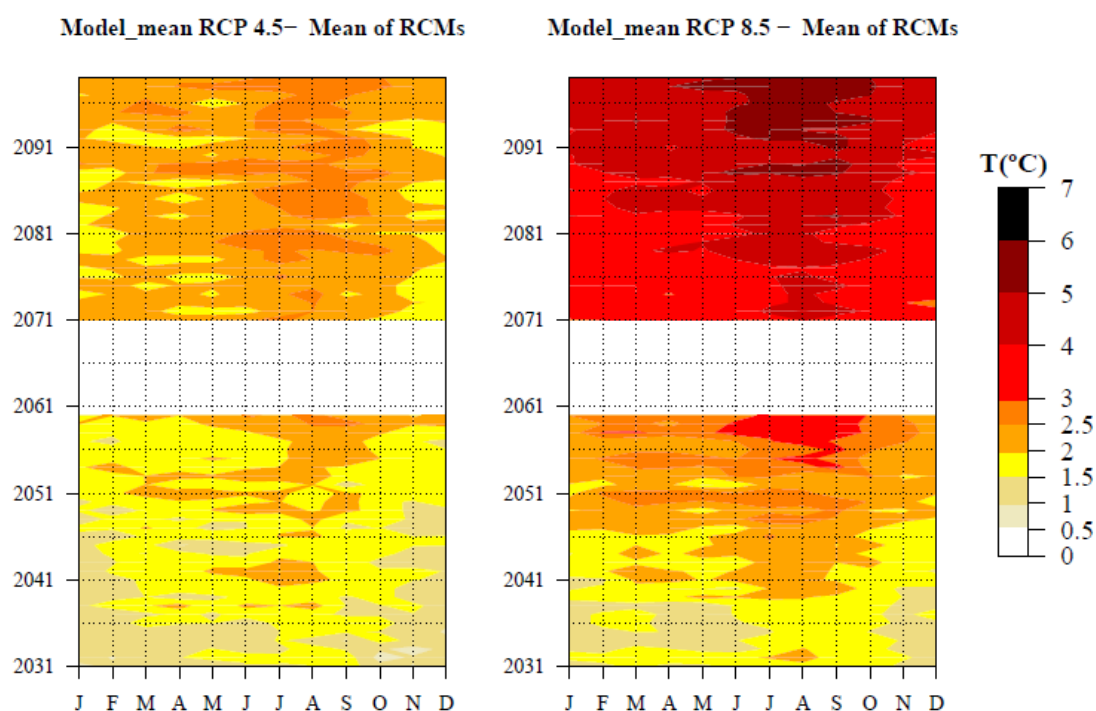


Source : Climate Change Report for Burundi, Liersch, Rivas 2014.

En ce qui concerne les changements saisonniers de température, cette étude de projection du changement climatique apporte les conclusions suivantes :

- Les MCR estiment que la moyenne mensuelle de la température de l'air augmentera chaque mois et chaque année selon les deux RCP4.5 et 8.5 (figure 9).
- Les scénarios prévoient que la plus forte élévation de la température de l'air se produira pendant la saison sèche et qu'elle augmentera au cours des périodes de la modélisation.

**Figure 9: Anomalies projetées pour la température de l'air mensuelle pour les années 1970-1999**



Source : Climate Change Report for Burundi, PIK 2014.

## 6 Implications potentielles des changements climatiques pour le Burundi

Les projections des changements climatiques menées dans le contexte de la présente étude ont montré que, et les précipitations et la température augmenteront à l'avenir au Burundi. Par ailleurs, les régimes habituels saison de pluies/saison sèche pourraient être modifiés en raison des changements climatiques : les mois de novembre à février devenant plus humides dans la saison des pluies et une tendance à l'assèchement se développant d'août à septembre. De plus, la saison sèche deviendra probablement plus chaude et durera plus longtemps au Burundi. Cette tendance aura un impact plus sévère dans le dernier tiers du 21<sup>ème</sup> siècle.

Ces changements climatiques auront des conséquences importantes sur le secteur agricole et les moyens de subsistance au Burundi :

- Les conditions climatiques futures pourraient ne plus représenter des conditions de croissance optimales pour les cultures actuelles dans différentes régions du Burundi. Les pratiques agricoles et les types de culture devraient donc être adaptés à l'élévation des températures et au changement des régimes et des quantités de précipitations.
- Des températures plus élevées et une prolongation de la saison sèche risquent de réduire encore la disponibilité de l'eau dans des régions déjà sujettes à une pénurie d'eau saisonnière. Ceci s'applique en particulier à la partie nord du Burundi ainsi que la région autour de Bujumbura.
- Les excédents d'eaux pluviales risquent de ne pas être efficaces et de se perdre simplement sous forme de ruissellement superficiel. Cela pourrait continuer d'accroître l'érosion des sols au Burundi et de diminuer les ressources en terres arables déjà insuffisantes.
- Cette étude n'a pas abordé le risque de précipitations extrêmes dus aux changements climatiques. Cependant, l'augmentation des précipitations pourrait prendre la forme de précipitations extrêmes qui pourraient entraîner un risque et une fréquence plus élevés de glissements de terrain et de boue en convergence avec l'érosion du sol.

Pour faire face à ces effets néfastes des changements climatiques, ces tendances au niveau des précipitations et de la température doivent être prises en compte dans les stratégies d'adaptation et les plans de développement des secteurs vulnérables pertinents ainsi que dans le cadre de l'aménagement du territoire.

## Références bibliographiques

Liersch, S., Rivas, R. (2014): Climate Change Report for Burundi. Eschborn: GIZ.

Meinshausen, M., Smith, S., Calvin, K., Daniel, J., Kainuma, M., Lamarque, J.-F., Matsumoto, K., Montzka, S., Raper, S., Riahi, K., Thomson, A., Velders, G., & Vuuren, D. (2011). The rcp greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. *Climatic Change*, 109, 213–241.

Moss, R. H., Edmonds, J. A., Hibbard, K. A., Manning, M. R., Rose, S. K., van Vuuren, D. P., Carter, T. R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G. A., Mitchell, J. F. B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S. J., Stouffer, R. J., Thomson, A. M., Weyant, J. P., & Wilbanks, T. J. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Tél. :* 463747-756.

Weedon, G. P., Gomes, S., Viterbo, P., Shuttleworth, W. J., Blyth, E., Österle, H., Adam, J. C., Bellouin, N., Boucher, O., & Best, M. (2011). Creation of the WATCH Forcing Data and its use to assess global and regional reference crop evaporation over land during the twentieth century. *Journal of Hydrometeorology*, (p. 110531121709055).



## **Imprint**

Bureau de la GIZ à Bujumbura

Croisement JRR / Av. P.L. Rwagasore 46

BP 41, Bujumbura, Burundi

T +257 22 21 59 73

F +257 22 22 19 54

E [giz-burundi@giz.de](mailto:giz-burundi@giz.de)

I [www.giz.de](http://www.giz.de)

## **Contact**

Juliane Wiesenhütter

E [juliane.wiesenhuetter@giz.de](mailto:juliane.wiesenhuetter@giz.de)

T +257 22 27 84 20

I [www.giz.de](http://www.giz.de)