



Profils de risques climatiques – Informations complémentaires

Les profils de risques climatiques (PRC) ont été compilés par l'Institut de recherche de Potsdam sur les effets du changement climatique (PIK), en étroite collaboration avec la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) et la KfW (banque allemande de développement) à la demande du ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ). Les PRC donnent un aperçu des actuels et futurs impacts et risques climatiques au niveau national pour les secteurs concernés dans les pays partenaires de la coopération allemande au développement. Ce document aidera les lecteurs et lectrices à mieux comprendre les analyses en fournissant des informations plus détaillées sur la base de données, les modèles et les indicateurs utilisés.

Section 1 : Base de données

Les PRC s'appuient en grande partie sur des données climatiques et des simulations d'impacts climatiques réalisées dans la phase 2b du projet d'intercomparaison de modèles d'impacts intersectoriels (*Intersectoral Impact Model Intercomparison Project – ISIMIP2b* ; voir www.isimip.org et Frieler et al., 2017). Toutes les simulations de modèles d'impacts sont basées sur les mêmes données harmonisées, notamment les données climatiques de quatre modèles climatiques mondiaux (GCM). Ces quatre GCM ont été sélectionnés parmi l'ensemble plus vaste de la phase 5 du projet d'intercomparaison de modèles couplés (CMIP5), sur la base de critères tels que la disponibilité de données, les performances des modèles et la sensibilité climatique (Frieler et al., 2017).

Dans le projet ISIMIP2b, des projections d'impacts climatiques ont été faites pour deux scénarios d'émission de gaz à effet de serre, appelés trajectoires du forçage radiatif (*Representative Concentration Pathways, RCP*) au titre de la voie socio-économique SSP2¹. Le scénario RCP2.6 représente le scénario de faibles émissions qui vise à maintenir le réchauffement de la planète en dessous de 2 °C par rapport aux températures de l'ère préindustrielle, alors que RCP6.0 représente un scénario d'émissions moyennes à fortes.

Section 2 : Modèles

L'aperçu suivant présente le nombre de modèles dont les résultats ont été utilisés pour effectuer des simulations des différents indicateurs présentés plus en détail dans la section 3.

4 Global Climate Models (GCM)

[IPSL-CM5A-LR](#), [GFDL-ESM2M](#), [MIROC5](#), [HadGEM2-ES](#)

Les GCM simulent les dynamiques physique, chimique et biologique du système climatique.

3 Global Vegetation Models (GVM)

[LPJ-GUESS](#), [LPJmL](#), [ORCHIDEE-DGVM](#)

Les GVM simulent la dynamique de la végétation terrestre et du sol, ainsi que les stocks et les flux de carbone associés.

6 Global Hydrological Models (GHM)

[CLM45](#), [H08](#), [LPJmL](#), [MPI-HM](#), [PCR-GLOBWB](#), [WaterGAP2-2c](#)

Les GHM simulent le cycle hydrologique à la surface du sol des bassins hydrographiques à l'échelle continentale.

2 Global Species Distribution Models (GSDM)

[BioScen1.5-SDM-GAM](#), [BioScen1.5-SDM-GBM](#)

Les GSDM simulent la répartition des espèces sur la base de lieux connus d'une espèce et d'informations sur les conditions environnementales.

3 Global Gridded Crop Models (GGCM)

[GEPIC](#), [LPJmL](#), [PEPIC](#)

Les GGCM simulent la croissance des plantes à l'échelle des grilles pour un nombre donné de types fonctionnels d'espèces végétales.

1 Temperature Related Mortality Model (TRMM)

[TRM-Tsukuba](#)

Le TRMM simule la mortalité excessive attribuable à des températures non optimales sur la base de relations statistiques entre température et mortalité.

¹ Les voies socio-économiques partagées (*Shared Socio-economic Pathways – SSP*) donnent une description d'avenirs mondiaux potentiels, notamment des estimations de caractéristiques générales telles que la population au niveau des pays, le PIB ou le taux d'urbanisation. Cinq SSP différents donnent les grandes lignes des réalités à venir selon une combinaison d'enjeux socio-économiques futurs faibles et élevés pour l'atténuation et l'adaptation. Le SSP2 représente la voie médiane.

Section 3 : Indicateurs

Cet aperçu donne des informations détaillées sur chaque indicateur, le type et le nombre de modèles figurant entre parenthèses. Les projections climatiques utilisées sont basées sur des données fournies par les GCM et figurent au niveau 0,5 ° de la cellule de grille, ce qui correspond à environ 50 x 50 km près de l'Équateur.

Température (4 GCM)

Les projections de changement de température sont basées sur des données de températures moyennes de l'air, quotidiennes, près de la surface, fournies par les GCM. Les fluctuations sont moyennées pour l'ensemble du pays. Les changements de température de l'air sont exprimés par rapport aux niveaux de température de l'année 1876 en utilisant le changement de température médian multi-modèle de 1876 à 2000 comme approximation du réchauffement historique observé au cours de cette période. La base de référence pour les journées de très grande chaleur (voir ci-dessous), en revanche, est l'année 2000, ce qui explique pourquoi les différences projetées sont plus faibles que pour les changements de température de l'air.

Journées de très grande chaleur (4 GCM)

Les journées de très grande chaleur sont des journées où la température maximale de l'air près de la surface est supérieure à 35 °C.

Montée du niveau de la mer (4 GCM)

Les projections nationales de montée du niveau de la mer ont été obtenues à partir des données totales de montée du niveau de la mer moyennées le long de la côte d'un pays. L'élévation totale du niveau de la mer dans ISIMIP2b est obtenue par addition des contributions de la dilatation thermique, de la fonte des glaciers de montagne, des calottes glaciaires et de vastes nappes glaciaires au Groenland et dans l'Antarctique, et des fluctuations de stockage des eaux terrestres. Compte tenu des tendances au réchauffement dépendant des GCM, les projections d'élévation du niveau de la mer dépendent également des GCM et varient en différents endroits.

Précipitations (4 GCM)

Les projections de variation des précipitations sont basées sur l'addition des précipitations quotidiennes fournies par les GCM et sont moyennées sur l'ensemble du pays.

Épisodes de fortes précipitations (4 GCM)

L'analyse des épisodes de fortes précipitations est basée sur les sommes des précipitations quotidiennes fournies par les GCM. Par épisode de forte précipitation on entend une journée au cours de laquelle le total des précipitations est supérieur au 98ème percentile des sommes des précipitations quotidiennes de toutes les journées de pluie de 1861 à 1983, une journée

de pluie étant une journée où la somme des précipitations est d'au moins 0,1 mm. Les projections représentent les moyennes nationales du nombre annuel d'épisodes de fortes précipitations.

Humidité du sol (4 GCM, 6 GHM)

Les projections d'humidité du sol sont basées sur les estimations d'humidité du sol dans la zone racinaire (la partie de l'humidité du sol à la profondeur d'enracinement des plantes) fournies par les GHM. Pour les GHM qui n'estiment pas directement l'humidité du sol dans la zone racinaire (CLM45, LPJmL), cette variable a été approximée en intégrant l'humidité du sol de multiples couches d'eau du sol jusqu'à obtenir une profondeur d'environ 1 mètre. Les variations prévues sont les moyennes, au niveau du pays, de ces estimations d'humidité du sol dans la zone racinaire.

Potential évapotranspiration (4 GCM, 5 GHM)

L'évapotranspiration est la quantité d'eau transférée dans l'atmosphère par l'évaporation et la transpiration des plantes au niveau du sol et à la surface des océans. L'évapotranspiration potentielle est la quantité d'évapotranspiration qu'on obtiendrait s'il y avait suffisamment d'eau. Les projections sont basées sur cinq GHM et sont données sous forme de moyennes nationales.

Disponibilité de l'eau (4 GCM, 6 GHM)

Les projections de la disponibilité de l'eau au niveau national sont obtenues à partir de l'indicateur de stress hydrique de Falkenmark (FWSI) et du ruissellement total fourni par les GHM. Le FWSI représente la quantité annuelle d'eau de pluie disponible pour chaque personne. Il est calculé par addition du ruissellement sur l'ensemble du pays et de l'année, puis par division de la quantité d'eau par la population nationale. Les projections du FWSI sont fournies avec et sans les effets du changement de population. À cette fin, les projections de population de la SSP2 fournies par la base de données du projet ISIMIP2b sont utilisées. On dit qu'un pays est soumis à un stress hydrique (confronté à un problème de rareté de l'eau) lorsque l'approvisionnement en eau tombe à moins de 1 700 (1 000) mètres cubes par personne et par an.

Ruissellement (4 GCM, 6 GHM)

Par ruissellement on entend la quantité d'eau rejetée par les courants de surface et souterrains, y compris toutes les précipitations, neige fondue et eau d'irrigation, qui ne sont ni absorbées par le sol ni évaporées. Les projections sont basées sur le ruissellement total fourni par les GHM. Le ruissellement total est égal à la somme

du ruissellement de surface et du ruissellement souterrain. Les projections sont indiquées au niveau 0,5° de la cellule de grille.

Exposition aux sécheresses (4 GCM, 6 GHM)

Pour les projections des superficies de terres agricoles exposées à la sécheresse au moins une fois par an, on utilise un indice de sécheresse basé sur les projections d'humidité du sol tirées des GHM (Lange et al., 2020). On considère qu'une cellule de grille est exposée à la sécheresse une année donnée lorsque l'humidité mensuelle moyenne du sol tombe sous le seuil mensuel pendant au moins sept mois consécutifs, dont au moins quatre mois d'une même année. Les valeurs seuils mensuelles sont les 2,5èmes percentiles de l'humidité mensuelle moyenne du sol dans les conditions climatiques préindustrielles. Les modes d'utilisation des terres de l'ISIMIP2b sont ensuite utilisés pour calculer la superficie des terres agricoles exposées à la sécheresse. Les modes d'utilisation des terres à niveau constant représentant les conditions de 2005 sont utilisés. Les profils montrent la fraction de la superficie des terres agricoles qui est exposée à au moins un épisode de sécheresse dans une année donnée.

Rendement agricole (4 GCM, 3 GGCM pour le maïs, le riz, le soja, le blé, sinon 1 GGCM)

Les projections de rendements agricoles sont basées sur les GGCM et les modes d'utilisation des terres et de gestion agricole (irrigation, utilisation d'engrais, périodes de végétation) à niveau constant (année 2005). Deux des GGCM (GEPIC et PEPIC) ne donnent les rendements agricoles que pour le maïs, le riz, le soja et le blé. Autrement dit, pour toutes les autres cultures, les projections de rendements ne sont basées que sur un GGCM (LPJmL). Tous les GGCM simulent les effets de la fertilisation par le CO₂. Les profils montrent les projections des variations de la production nationale pour tous les types de cultures couverts par ces modèles.

Exposition aux crues (4 GCM, 6 GHM)

Les projections de l'exposition aux crues du réseau des grands axes routiers nationaux sont basées sur les projections de ruissellement tirées des GHM (Lange et al., 2020). Le ruissellement quotidien simulé est traduit en rejet quotidien maximal annuel par la modélisation des crues des grands cours d'eau mondiaux – modèle CaMa-Flood (Yamazaki et al., 2011; Yamazaki et al., 2013). On considère qu'une cellule de grille est exposée à une crue au moins une fois par an lorsque le rejet annuel maximal est supérieur à la cote de récurrence de 100 ans dans les conditions préindustrielles. On utilise les données relatives au réseau routier fournies par « OpenStreetMap » (<http://download.geofabrik.de/africa>) pour déterminer les grands axes routiers² exposés à

au moins une crue par an. Les projections indiquent la fraction du réseau national des grands axes routiers qui est exposée à au moins une crue par an.

Diversité des espèces (4 GCM, 2 GSDM)

Les projections de diversité des espèces sont basées sur les probabilités d'existence d'espèces d'amphibiens, d'oiseaux et de mammifères prévues par les GSDM (Hof et al., 2018). Les probabilités sont additionnées sur les trois taxons pour obtenir une mesure agrégée de la diversité des espèces. Les résultats des projections selon un scénario de non-dispersion ont été utilisés, ce qui veut dire que pour toutes les espèces, on part du principe qu'elles ne peuvent exister que là où elles ont existé par le passé. Les résultats sont indiqués au niveau 0,5° de la cellule de grille.

Couvert forestier (4GCM, 3GVM)

Les projections sont basées sur les GVM en tenant compte des effets de la fertilisation par le CO₂ et des modes d'utilisation des terres à niveau constant représentant les conditions de 2005. Le couvert forestier est calculé en additionnant les parties de zones terrestres couvertes de types fonctionnels de plantes forestières et représentées au niveau 0,5° de la cellule de grille. Les profils utilisent 2020 comme année de référence pour les projections de couvert forestier, afin de s'assurer que les changements représentés ne reflètent que les futurs changements climatiques.

Exposition aux vagues de chaleur (4 GCM)

Les projections d'exposition des populations aux vagues de chaleur sont basées sur les données d'humidité relative quotidienne moyenne près de la surface et les données de températures de l'air quotidiennes moyennes et maximales près de la surface fournies par les GCM (Lange et al., 2020). On considère qu'une cellule de grille est exposée à au moins une vague de chaleur par an lorsque l'indice quotidien de magnitude des vagues de chaleur (HWMId; Russo et al., 2015; Russo et al., 2017) de l'année en question est supérieur au 97,5ème percentile de la distribution de HWMId dans les conditions climatiques préindustrielles et lorsque l'indice humidex (Masterton & Richardson, 1979) est supérieur à 45 tous les jours de la vague de chaleur correspondante. Les projections montrent la fraction de la population nationale exposée à au moins une vague de chaleur par an.

Mortalité liée à la chaleur (4 GCM, 1 TRMM)

Les projections de mortalité excessive due à la chaleur sont calculées à partir des résultats correspondants du modèle TRMM. Le TRMM a été utilisé avec les données de population constantes de l'année 2005. Les résultats sont donnés au niveau national.

² OpenStreetMap – légende highway avec les valeurs *motorway*, *trunk*, *primary*, *secondary*, *tertiary*, *motorway_link*, *trunk_link*, *primary_link*, ou *secondary_link*.

Références bibliographiques

Frieler, K. et al. (2017). Assessing the Impacts of 1.5°C Global Warming – Simulation Protocol of the Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project (ISIMIP2b). *Geoscientific Model Development*, 10, 4321–4345.

Hof, C. et al. (2018). Bioenergy Cropland Expansion May Offset Positive Effects of Climate Change Mitigation for Global Vertebrate Diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(52), 13294–13299.

Lange, S. et al. (2020). Projecting Exposure to Extreme Climate Impact Events Across Six Event Categories and Three Spatial Scales. *Earth's Future*, 8(12), 1–22.

Masterton, J. M., & Richardson, F. A. (1979). *Humidex: A Method of Quantifying Human Discomfort Due to Excessive Heat and Humidity*. Downsview, Ontario: Environment Canada.

Russo, S., Sillmann, J., & Fischer, E. M. (2015). Top Ten European Heatwaves Since 1950 and Their Occurrence in the Coming Decades. *Environmental Research Letters*, 10, 1–15.

Russo, S., Sillmann, J., & Sterl, A. (2017). Humid Heat Waves at Different Warming Levels. *Scientific Reports*, 7(7477), 1–7.

Yamazaki, D., De Almeida, G. A. M., & Bates, P. D. (2013). Improving Computational Efficiency in Global River Models by Implementing the Local Inertial Flow Equation and a Vector-Based River Network Map. *Water Resources Research*, 49, 7221–7235.

Yamazaki, D., Kanae, S., Kim, H., & Oki, T. (2011). A Physically Based Description of Floodplain Inundation Dynamics in a Global River Routing Model. *Water Resources Research*, 47, 1–21.

Les profils de risque climatique sont diligentés et conduits au nom du ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ) en coopération étroite avec la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH comme partenaire de mise en oeuvre.

Traduit de l'anglais par le service linguistique international de la GIZ .

Sur mandat du :
Ministère fédéral de la Coopération économique et du Développement (BMZ)
BMZ Bonn
Dahlmannstraße 4
53113 Bonn, Germany
www.bmz.de

Contenu scientifique élaboré par :
Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK)
Telegraphenberg A 31
14473 Potsdam, Germany
<http://www.pik-potsdam.de>

Coordination scientifique :
Christoph Gornott (PIK)
Principaux auteurs :
Stefan Lange (PIK),
Felicitas Röhrig (PIK),
Julia Tomalka (PIK),
Christoph Gornott (PIK)

Contributeurs :
Enrico Grams (GIZ),
Sibylla Neer (GIZ),
Rebecca Hadank-Rauch (GIZ),
Tanja Duprez (GIZ)

Publié et mis en œuvre par :
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
En coopération avec :
KfW Development Bank