Ministère fédéral de la Coopération économique et du Développement

Profil de risque climatique : Mali

Résumé

Ce profil offre un **aperçu des projections climatiques et des impacts associés** sur différents secteurs au Mali d'ici à 2080, **en vertu de différents scénarios de changement climatique** (appelés Representative Concentration Pathways - Profils représentatifs d'évolution de concentration ou RCP). Le RCP2.6 est un scénario de réduction des émissions conformément à l'Accord de Paris ; le RCP6.0 est un scénario d'émissions moyennes à élevées. **Les projections ne tiennent pas compte des effets des futurs impacts socio-économiques.**

Les **zones agro-écologiques** pourraient se **transformer**, ce qui aurait des **impacts sur les écosystèmes**, la **biodiversité** et la **production agricole**. Les modèles prévoient une modification de la diversité des espèces et du couvert forestier au sud du Mali.

L'agriculture, la biodiversité, la santé, les infrastructures et l'eau sont particulièrement vulnérables au changement climatique. Dans ces secteurs, **la nécessité d'adaptation au changement climatique devrait figurer dans le portefeuille de la coopération allemande au développement au Mali**.

La disponibilité de l'eau par habitant baissera d'ici à 2080, principalement en raison de la croissance démographique. Les projections des modèles indiquent que **les mesures permettant d'économiser l'eau devraient devenir plus importantes après 2050 au sud-ouest du Mali**.

Selon les scénarios, il est prévu que la **température** au Mali **augmente de 2,0 °C à 4,6 °C d'ici 2080** par rapport aux niveaux pré-industriels, avec des températures plus élevées dans le nord du pays.

La **part de la population affectée par au moins une vague de chaleur par an** devrait **augmenter**, passant de 2 % en 2000 à 16 % en 2080. Ce changement est lié à la recrudescence des journées très chaudes (59 supplémentaires par an). En conséquence, on estime que la **mortalité liée à la chaleur** sera **multipliée par cinq** d'ici à 2080.

Les tendances en matière de **précipitations** sont très incertaines et présentent de fortes disparités régionales. Les projections pour le Mali indiquent une **diminution moyenne de 10 mm des précipitations annuelles d'ici à 2080**. Les périodes sèches et humides devraient devenir **plus extrêmes**.

Le changement climatique risque de provoquer des **dégâts importants dans le secteur des infrastructures** au Mali. Les infrastructures de transport, essentielles au commerce des produits agricoles, sont particulièrement vulnérables aux événements météorologiques extrêmes. Il faudra donc investir dans des routes et autres infrastructures résistantes au climat.

Les modèles prévoient une possibilité d'**exposition accrue des terres cultivées à la sécheresse**. Les rendements des cultures sensibles à la chaleur et à la sécheresse, comme le maïs, devraient baisser, tandis que les rendements du riz pourraient bénéficier de la fertilisation par le CO_2. Les agriculteurs devront s'adapter à l'évolution des conditions.

Contexte

Le Mali est un **pays enclavé d'Afrique de l'Ouest**, qui appartient aux régions du Sahel et du Sahara. Sa population devrait **dépasser les 20 millions d'habitants en 2020** et **doubler d'ici 2035**, selon l'actuel taux de croissance démographique annuel de 3 % [1], [2]. La majorité des habitants vit dans la partie sud du pays, en raison du climat plus chaud et plus sec dans les régions nord du Sahel et du Sahara [2]. Avec un PIB réel par habitant de 794 USD, le Mali est un des pays les plus pauvres du monde et aussi un des **pays les moins avancés (PMA)** [1].Son économie est dominée par le secteur agricole qui contribue à hauteur de 38,7 % (2018) au PIB du pays, suivi par le secteur des services (36,9 %) et par le secteur industriel (19,1 %) [3].

La production de cultures de base est dominée par les céréales comme le millet, le sorgho, le maïs, le riz et le niébé [4]. **L'or, le coton et le bétail sont les principaux produits d'exportation du Mali**, ainsi que les oléagineux, les fruits tropicaux, les noix (noix de coco, noix du Brésil, noix de cajou), arachides et manioc étant les plus importantes cultures de rente [5]. **80 % de la population pratique l'agriculture à petite échelle dont elle dépend fortement pour vivre et assurer sa sécurité alimentaire** [6]**.**

Les inquiétudes face aux effets du changement climatique sont donc vives, notamment au niveau de la hausse des températures, de la disponibilité de l'eau et du risque d'inondations et autres épisodes météorologiques extrêmes. **La production agricole du Mali est essentiellement vivrière et pluviale.** En 2013, seulement 1 % des terres cultivées du pays étaient équipées de systèmes d'irrigation [6]. Les petits exploitants souffrent particulièrement des impacts de la variabilité du climat qui limite leurs sources d'alimentation et accroît le risque de faim et de pauvreté. **La faible capacité d'adaptation du secteur agricole souligne la vulnérabilité du pays au changement climatique.** De nombreux Maliens migrent des zones rurales vers les villes ou villages proches et vers les pays voisins afin de trouver du travail saisonnier dans l'agriculture et l'activité minière. **La Côte d'Ivoire, qui accueille actuellement près de 359 000 migrants maliens**, s'inscrit parmi les destinations principales, suivie du Nigeria et de la Mauritanie [7]. Un petit nombre de personnes quittent le pays pour vivre durablement en Europe, rejoints par d'autres migrants de la région qui **utilisent davantage le Mali comme pays de transit** [8].

Indicateurs de qualité de vie [1], [9]–[11]

Indice de développement humain (IDH) 2018	Indice de vulnérabilité ND-GAIN 2017	Coefficient de GINI 2009	PIB réel par habitant 2019	Taux de pauvreté 2009	Prévalence de la malnutrition 2016–2018
0,427 **184 sur 189** (0 = faible, 1 = élevé)	**33,6** **166 out of 181** (0 = faible, 100 = élevé)	**33,0** (0–100 ; 100 = inégalité parfaite)	**794 USD** (PIB constant 2010)	**49,7 %** (à 1,9 USD par jour, PPA 2011) [1]	**6,3 %** (de la population totale)

© Claudiovidri / Shutterstock

[1] Taux de pauvreté de l'année 2009 ajusté en fonction des niveaux de parité de pouvoir d'achat (PPA) de 2011. La PPA est utilisée pour comparer différentes monnaies en tenant compte des différences nationales en matière de coût de la vie et d'inflation.

Topographie et environnement

Situé sur des plateaux et des plaines, le paysage du Mali est majoritairement plat [12]. À l'exception du fleuve Sénégal, qui est le point le plus bas du pays à 23 m, et des monts Hombori dont le plus haut sommet culmine à 1153 m, **les altitudes varient entre 200 et 500 m**. Le nord et le centre du Mali sont caractérisés par le désert, ce qui explique pourquoi l'élevage y est le principal moyen de subsistance. Le sud est dominé par la steppe et une zone de savane tropicale où la production agricole est plus diversifiée.
Le Mali peut être divisé en **six grandes zones agro-écologiques (ZAE)** : désertique, aride / sahélienne, semi-aride / savane soudanienne, savane nord-guinéenne, savane sud-guinéenne et savane dérivée (figure 1) [adapté de 13].[2] Chacune de ces zones est caractérisée par une température et une humidité spécifiques et donc par des schémas de production agricole et d'activité pastorale différents. **La saison des pluies atteint son apogée en août et s'étend de mai à octobre**, le nord étant marqué par une période plus courte [14]. Quant aux eaux de surface, les sources principales du Mali sont les **fleuves Niger et Sénégal**.

Le Niger traverse le Mali sur plus de 1600 km, passant d'abord par Bamako, puis se dirigeant vers le nord-est à Tombouctou avant de prendre un virage vers le sud-est. Le Niger est une **source d'eau majeure** dans cette partie aride du pays et représente **une voie de transport importante** entre les différentes régions du Mali ainsi que vers les pays voisins. Toutefois, le développement de barrages hydroélectriques en Guinée, comme le barrage de Fomi, avive les inquiétudes sur les changements de débit qui pourraient entraîner la réduction de ressources aquifères en aval et avoir des répercussions sur les écosystèmes fragiles et les moyens de subsistance [15]. Le Mali est confronté à des problèmes environnementaux majeurs, tels que la **dégradation des terres, l'érosion du sol**, et en conséquence, la perte de pâturages [2]. Les précipitations plus fortes et les conditions plus sèches devraient s'intensifier dans le contexte du changement climatique, ce qui souligne **la nécessité pour le pays de se doter de stratégies d'adaptation afin de protéger la biodiversité et de préserver les écosystèmes fragiles et leurs services**.

Climat actuel [14]

Le climat du Mali est généralement chaud et sec. Caractérisé par le désert, le nord du pays connaît des températures moyennes pouvant atteindre 30 °C et des taux élevés d'évapotranspiration. Plus on se dirige vers le nord, plus les précipitations baissent, leur quantité annuelle totale atteignant à peine 20 mm.

Au sud du Mali, le climat est plus tropical : la température annuelle moyenne tourne autour de 27 °C, avec des précipitations annuelles d'environ 1 100 mm, ce qui en fait une région plus propice à la production agricole.

Il n'y a qu'une seule saison des pluies (régime de précipitation unimodal) au Mali, qui reçoit la majeure partie de ses précipitations annuelles entre mai et octobre.

Figure 1: Carte topographique du Mali avec zones agro-écologiques et régimes de précipitations existants.[3]

[2] Il existe plusieurs classifications des ZAE au Mali. Celle que nous avons utilisée est couramment utilisée et comporte six zones.
[3] Les diagrammes sur le climat présentent les valeurs de température et de précipitation dont la moyenne est calculée sur une zone d'environ 50 km × 50 km. Le climat indiqué sur cette grille peut varier, particulièrement dans les zones présentant des différences d'élévation importantes.

Changements climatiques prévus

Comment lire les graphiques linéaires

- historique
- RCP2.6
- RCP6.0
- meilleure estimation
- fourchette probable
- fourchette très probable

Les lignes et les zones grisées montrent les valeurs moyennes des centiles d'un ensemble multi-modèles sur 31 années successives en vertu du RCP2.6 (bleu) et du RCP6.0 (rouge). Les lignes représentent la meilleure estimation (médiane de l'ensemble multi-modèles) et les zones grisées la fourchette probable (66 % de l'intervalle central) et la fourchette très probable (90 % de l'intervalle central) de toute les projections des modèles.

Comment lire les cartes

Les couleurs représentent les valeurs médianes d'un ensemble multi-modèles de valeurs moyennes sur 31 ans en vertu du RCP2.6 (rangée supérieure) et du RCP6.0 (rangée inférieure) pour différentes périodes de 31 ans (année centrale indiquée en haut de chaque colonne). Les couleurs de la colonne la plus à gauche montrent ces valeurs pour la période de référence (barre de couleur à gauche). Les couleurs des autres colonnes indiquent les différences par rapport à cette période de référence (barre de couleur à droite). La présence (absence) de point dans les autres colonnes indique qu'au moins (moins de) 75 % de tous les modèles concordent sur la différence en question. Pour en savoir plus sur les figures et analyses présentées dans ce profil, veuillez vous reporter aux informations complémentaires sur la lecture du profil de risque climatique.

Température

En réaction à la hausse des concentrations en gaz à effet de serre (GES), l**a température de l'air au Mali devrait augmenter de 2,0 °C à 4,6 °C (fourchette très probable) d'ici à 2080** par rapport à l'année 1876, en fonction des différents scénarios d'émissions de GES (figure 2). Par rapport aux niveaux pré-industriels, la médiane des hausses de température des modèles climatiques au Mali atteint environ 2,2 °C en 2030, 2,6 °C en 2050 et 2,7 °C en 2080 en vertu du scénario de réduction des émissions RCP2.6. Pour le scénario d'émissions moyennes à élevées (RCP6.0), la médiane des hausses de température des modèles climatiques s'élève à 2,2 °C en 2030, à 2,8 °C en 2050 et à 4,0 °C en 2080.

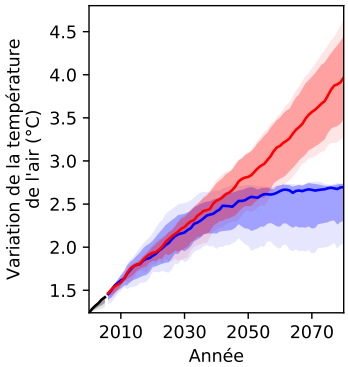

Figure 2: Projections de température de l'air au Mali pour différents scénarios d'émission de GES.[4]

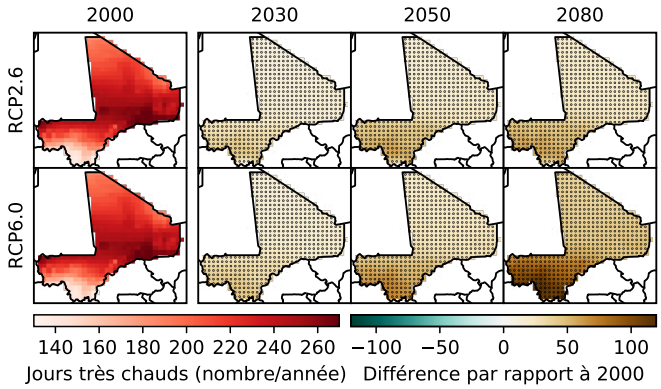

Figure 3: Projections du nombre annuel de journées très chaudes (température maximale quotidienne supérieure à 35 °C) au Mali pour différents scénarios d'émissions de GES.

Journées très chaudes

Parallèlement à la hausse des températures annuelles moyennes, le nombre de journées très chaudes par an (journées durant lesquelles **la température maximale dépasse 35 °C)** devrait augmenter fortement et avec un degré de certitude élevé dans l'ensemble du Mali (figure 3). En vertu du scénario des émissions moyennes à élevées RCP6.0, la médiane de l'ensemble multi-modèles (moyenne sur l'ensemble du pays) prévoit **23 journées très chaudes supplémentaires par an en 2030 par rapport à 2000, 34 en 2050 et 59 en 2080**. Dans certaines parties du pays, particulièrement au centre du Mali, ceci équivaut à environ 300 journées très chaudes par an d'ici à 2080.

[4] Les changements sont exprimés par rapport aux niveaux de l'année 1876 et utilisent l'évolution de la température médiane sur l'ensemble multi-modèles entre 1876 et 2000 comme mesure de substitution pour le réchauffement historique observé au cours de cette période.

Précipitations

Les projections de précipitations sont moins certaines en raison de la variabilité naturelle élevée d'une année à l'autre (figure 4). Parmi les quatre modèles climatiques sur lesquels s'appuie cette analyse, un modèle prévoit une tendance à la hausse des précipitations annuelles moyennes au Mali, un modèle ne prévoit aucun changement, tandis que les deux autres prévoient une baisse en vertu de RCP6.0. La médiane des projections des modèles pour RCP2.6 montre une **légère baisse de 2 mm des précipitations d'ici à 2080**, tandis que la médiane des projections des modèles pour RCP6.0 montre **une plus forte baisse des précipitations de 10 mm d'ici à 2080** par rapport à l'année 2000.

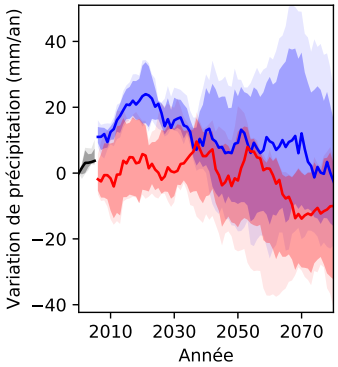

Figure 4: Moyenne annuelle des projections de précipitations au Mali pour différents scénarios d'émissions de GES, par rapport à l'année 2000.

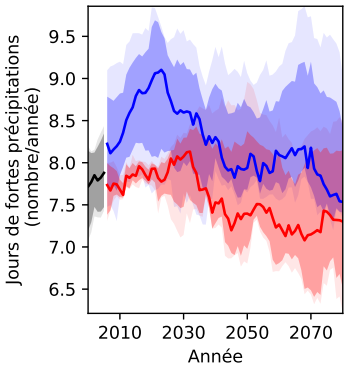

Figure 5: Projections du nombre de journées de fortes précipitations au Mali pour différents scénarios d'émissions de GES, par rapport à l'année 2000.

Fortes précipitations

En réaction au réchauffement climatique, **les épisodes de fortes précipitations devraient s'intensifier** dans de nombreuses parties du monde sachant que, lorsque l'atmosphère est plus chaude, sa capacité de rétention de vapeur d'eau augmente. Le nombre de journées de fortes précipitations devrait également augmenter. Cette tendance n'apparaît toutefois pas dans les projections climatiques du Mali : deux modèles prévoient une baisse, un modèle ne prévoit aucun changement, et seulement un modèle prévoit une augmentation des fortes précipitations. La médiane des projections des modèles climatiques montre **une légère baisse dans le nombre de jours de fortes précipitations** de 7,7 en 2000 à 7,5 (RCP2.6) et 7,3 (RCP6.0) d'ici à 2080 (figure 5).

© Erich Ludwig / flickr

Humidité du sol

L'humidité du sol est un indicateur important de sécheresse. Outre les paramètres du sol, cet indicateur dépend à la fois des précipitations et de l'évapotranspiration et donc aussi de la température, puisque la hausse des températures entraîne une augmentation de l'évapotranspiration potentielle. **La moyenne annuelle des projections d'humidité du sol sur 1 mètre pour le Mali ne montre aucun changement en cas de RCP2.6 et une baisse de 3,7 % en cas de RCP6.0 d'ici à 2080** par rapport à l'année 2000 (figure 6). L'incertitude associée à la modélisation et à la variabilité géographique sont toutefois importantes, du fait que les modèles hydrologiques prévoient des évolutions différentes, ce qui rend difficile l'identification d'une tendance claire.

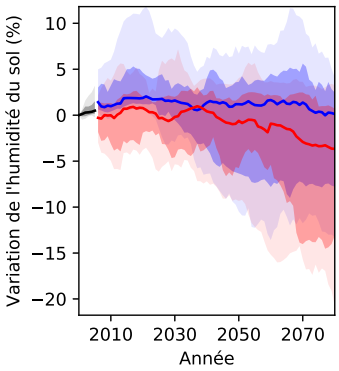

Figure 6: Projections d'humidité du sol au Mali pour différents scénarios d'émissions de GES, par rapport à l'année 2000.

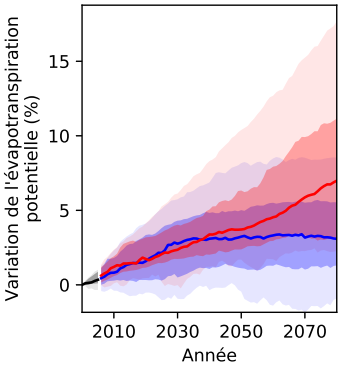

Figure 7: Projections d'évapotranspiration potentielle au Mali pour différents scénarios d'émissions de GES, par rapport à l'année 2000.

Évapotranspiration potentielle

L'évapotranspiration potentielle est la quantité d'eau qui s'évaporerait si les ressources en eaux de surface et en eaux souterraines étaient suffisantes. Sachant que l'air, lorsqu'il est plus chaud, contient davantage de vapeur d'eau, **le réchauffement climatique devrait entraîner une augmentation de l'évapotranspiration potentielle dans la plupart des régions du monde**. Conformément à ces prévisions, les projections hydrologiques du Mali prévoient une hausse plus forte de l'évapotranspiration potentielle en vertu du RCP6.0 qu'en vertu du RCP2.6 (figure 7). En vertu du RCP6.0, **l'évapotranspiration potentielle augmenterait de 2,4 % en 2030, de 3,7 % en 2050 et de 7 % en 2080** par rapport aux niveaux de 2000.

© Dominic Chavez, World Bank / flickr

Évaluation des risques du changement climatique par secteur

a. Ressources en eau

Les projections actuelles relatives à la disponibilité de l'eau au Mali sont très incertaines, quel que soit le scénario d'émissions de GES considéré. En partant de l'hypothèse d'un niveau de population constant, la médiane des projections de l'ensemble multi-modèles suggère que la disponibilité de l'eau par habitant au Mali ne baisserait que légèrement d'ici à la fin du siècle quel que soit le scénario (figure 8A). En revanche, si l'on tient compte de la croissance démographique telle qu'elle est estimée dans les projections SSP2[5], **la disponibilité de l'eau par habitant au Mali devrait baisser de 77 % d'ici à 2080** par rapport à l'année 2000 en vertu des deux scénarios (figure 8B). Même si ce déclin est principalement dû à la croissance démographique et non au changement climatique, il souligne combien il est urgent d'investir dans des mesures et technologies d'économie d'eau pour la consommation future.

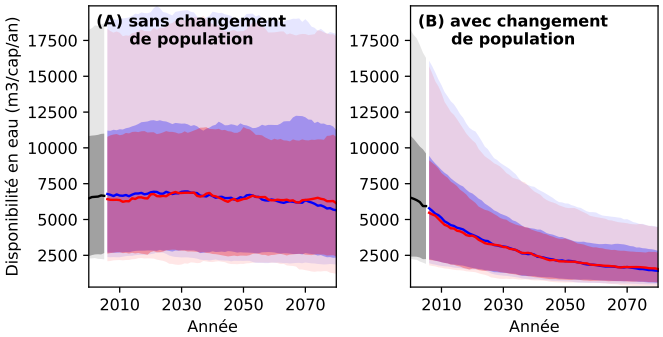

Figure 8: Projections de disponibilité de l'eau de pluie par habitant et par an, avec (A) une population nationale constante par rapport au niveau de l'année 2000 et (B) une évolution de la population conformément aux projections du SSP2, pour différents scénarios d'émissions de GES, par rapport à l'année 2000.

Les projections de disponibilité de l'eau de pluie varient en fonction de la région et du scénario (figure 9). Conformément aux projections relatives aux précipitations, **la disponibilité de l'eau devrait baisser de 20 % au sud-ouest du Mali d'ici à 2080** en vertu des deux RCP. Dans la moitié nord du pays, toutefois, la disponibilité de l'eau devrait augmenter de 15 % en vertu de RCP2.6. En vertu de RCP6.0, les modèles concordent peu concernant ces hausses vers la fin du siècle. Cette incertitude des modèles, associée à la forte variabilité naturelle des précipitations, est à l'origine des **incertitudes qui pèsent sur la disponibilité de l'eau à l'avenir**, en particulier dans le nord du Mali.

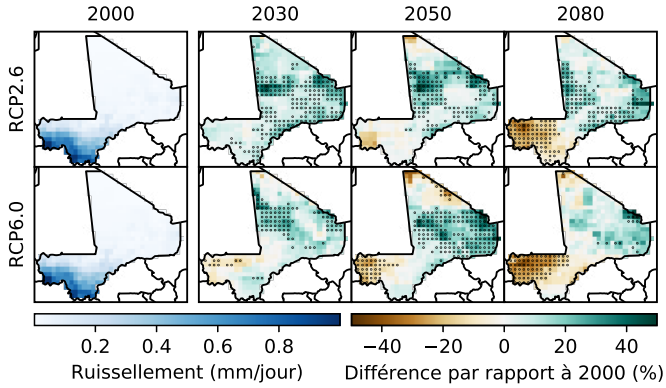

Figure 9: Projections de disponibilité de l'eau de pluie (ruissellement) au Mali pour différents scénarios d'émission de GES.

Depuis quelques dizaines d'années, le Mali est soumis à de fortes variations saisonnières et annuelles des précipitations, ce qui constitue un problème majeur pour la production agricole [16], [17]. Le Mali a subi de graves sécheresses entre 1970 et 2000 en raison d'une baisse des précipitations depuis le milieu des années 1950. Même si les niveaux de précipitations **se sont rétablis** vers l'an 2000, ils sont restés inférieurs à la moyenne nationale du siècle passé [18]. La sécheresse qui a frappé le Sahel en 2012 a touché **4,6 millions de personnes** au Mali [19]. Les sécheresses extrêmes peuvent avoir des répercussions en cascade : premièrement, le manque d'eau fait baisser les rendements des cultures, ce qui accroît le risque d'insécurité alimentaire pour les populations et pour leur bétail et limite donc leur capacité de résistance à d'éventuelles futures sécheresses. Alors que la transhumance était autrefois un moyen efficace de gérer les variations de précipitations et les sécheresses au Mali, la dépendance à l'égard de ce type de pastoralisme a été remise en cause par des régimes de précipitations de plus en plus imprévisibles.

Le **manque de bons pâturages et d'eau** a ainsi entraîné de la **rivalité dans l'accès à ces ressources naturelles limitées**, en particulier le long du fleuve Niger et dans le Delta intérieur du Niger. D'autres facteurs qui compliquent la transhumance sont la mauvaise gestion des ressources naturelles, la croissance démographique, les conflits entre agriculteurs et éleveurs et les activités terroristes qui perdurent dans la région, rendant ce mode de vie moins rentable et parfois même dangereux [20].

[5] Les Trajectoires socio-économiques communes (Shared Socio-economic Pathways – SSP) décrivent différents avenirs mondiaux potentiels, avec notamment des estimations de caractéristiques générales telles que la population du pays, le PIB ou le taux d'urbanisation. Cinq SSP différentes définissent des réalités futures basées sur une combinaison d'enjeux socio-économiques majeurs et mineurs pour l'atténuation et l'adaptation. Le SSP2 représente la trajectoire « intermédiaire ».

b. Agriculture

Les petits exploitants du Mali sont de plus en plus confrontés à l'incertitude et à la variabilité des conditions météorologiques qui résultent du changement climatique [16], [17]. Leurs cultures, **principalement pluviales**, dépendent de la disponibilité de l'eau de pluie et sont sujettes à la sécheresse. Or, la durée et l'intensité de la saison des pluies sont de plus en plus imprévisibles. En outre, malgré le potentiel considérable du Mali en matière d'irrigation, estimé à environ 566 000 ha (1,4% de l'ensemble des terres cultivées du pays), **seulement 30% est irrigué actuellement** [6], [21], [22]. Au centre et au nord du Mali en particulier, les sols sont sableux et pauvres en nutriments, ce qui complique l'irrigation et la production agricole.

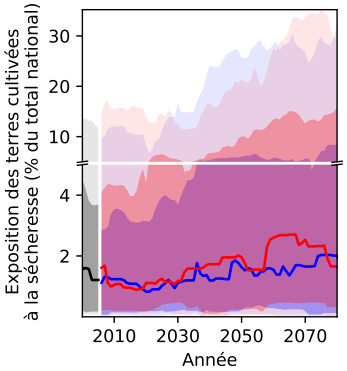

Figure 10: Projections de superficie de terres cultivables exposée à la sécheresse au moins une fois par an au Mali pour différents scénarios d'émissions de GES.

Actuellement, le degré élevé d'incertitude associé aux projections de disponibilité de l'eau (figure 9) se traduit par un degré d'incertitude élevé pour les projections de sécheresse (figure 10). La médiane de tous les modèles utilisés pour cette analyse indique que **la superficie de terres cultivables exposée à au moins une sécheresse par an ne changera pratiquement pas en réaction au réchauffement climatique**. Toutefois, certains **modèles prévoient une forte hausse de l'exposition à la sécheresse**. En vertu du RCP6.0, la fourchette de probabilité d'exposition annuelle à la sécheresse des terres cultivables s'élargit, passant de 0,2–4,5 % en 2000 à 0,03–15,0 % en 2080. La fourchette de forte probabilité s'élargit également, passant de 0,1–13,6 % en 2000 à 0,02–29,4 % en 2080. Cela signifie que **certains modèles multiplient par trois le risque d'exposition à la sécheresse sur cette période, tandis que d'autres ne prévoient aucun changement**.

En ce qui concerne les projections d'évolution des rendements, les résultats des modèles indiquent une **tendance négative pour le maïs, le millet, le sorgho et les arachides** (figure 11). Si le maïs est sensible aux températures supérieures à 35 °C, le millet, le sorgho et les arachides tolèrent mieux les températures élevées et les périodes de sécheresse [23]. Par rapport à l'année 2000, les rendements devraient baisser de 13 % pour le maïs, de 12 % pour le millet et le sorgho, et de 7 % pour les arachides d'ici à 2080 en vertu du RCP6.0. En vertu du RCP2.6, les rendements devraient baisser de 8 % pour le maïs, le millet et le sorgho, et de 14 % pour les arachides. **En revanche, les rendements du riz pourraient tirer profit du changement climatique.** En vertu du RCP6.0, les projections montrent une augmentation des rendements de 29 % d'ici à 2080 par rapport à l'année 2000. Les résultats positifs en vertu du RCP6.0 peuvent notamment s'expliquer par le fait que le riz est une plante dite C3, dont le processus métabolique est différent de celui du maïs, du millet et du sorgho (plantes C4), et qui tire davantage profit de la fertilisation par le CO_2 lorsque la concentration augmente. **Le rendement du niébé devrait baisser en vertu du RCP2.6 et rester inchangé dans le cas du RCP6.0.** De manière générale, des stratégies d'adaptation, telles que l'utilisation de variétés améliorées pour les cultures sensibles au changement climatique, doivent être envisagées mais soigneusement évaluées au regard de leurs répercussions néfastes, comme par exemple le déclin de l'agro-biodiversité ou la perte de certaines cultures locales.

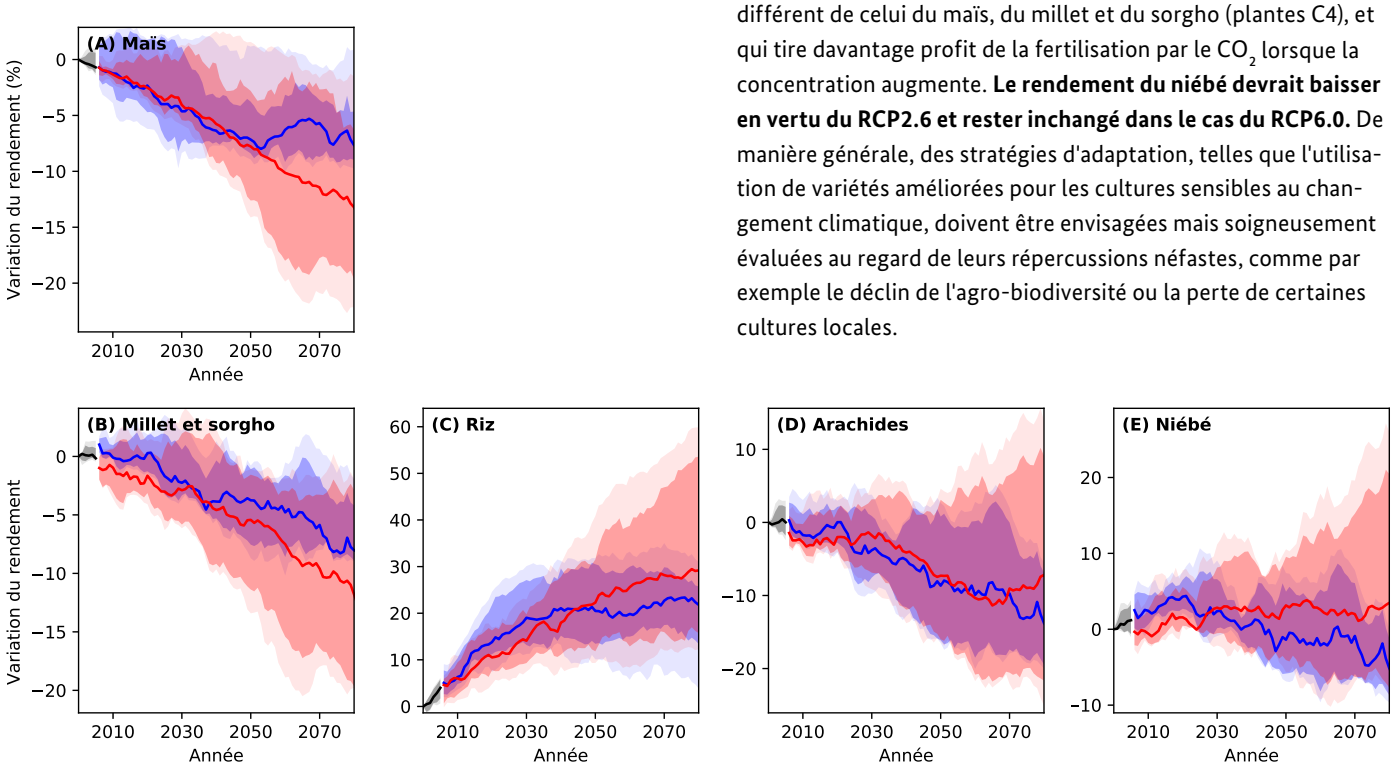

Figure 11: Projections d'évolution des rendements agricoles pour les principales cultures de base au Mali pour différents scénarios d'émissions de GES, basées sur l'hypothèse d'une absence de modification dans l'utilisation des terres et dans la gestion agricole.

c. Infrastructures

Le changement climatique devrait avoir un impact significatif sur les infrastructures du Mali à cause de la multiplication d'événements climatiques extrêmes tels que les inondations et les sécheresses (figure 12). La hausse des précipitations peut entraîner **l'inondation de routes**, tandis que la hausse des températures peut provoquer des **fissures et des dégradations plus rapides sur les routes, les ponts et les structures de protection**. Les infrastructures de transport, essentielles aux moyens de subsistance sur le plan socio-économique et agricole, sont particulièrement vulnérables aux événements météorologiques extrêmes. **L'absence de voies ferrées, la navigabilité saisonnièrement limitée du fleuve Niger et le faible nombre d'installations aéroportuaires** renforcent la dépendance du Mali à l'égard du transport routier. Or, le Mali présente **l'une des plus faibles densités routières d'Afrique**, avec une moyenne de 38 km / 1 000 km² [24]. Il faudra donc **investir dans des réseaux routiers résistants au climat**.

Les épisodes météorologiques extrêmes auront également des **effets dévastateurs sur les lieux d'implantation humaine et sur les sites de production économique**, particulièrement dans les zones urbaines à forte densité de population comme Bamako ou Sikasso. **Les lieux d'implantation humaine informels sont particulièrement vulnérables aux événements météorologiques extrêmes :** les habitations de fortune sont souvent bâties dans des lieux géographiques instables, comme les berges des fleuves, où les inondations peuvent entraîner la destruction des habitations, la contamination de l'eau, des blessures ou des décès. Leurs habitants ont généralement une faible capacité d'adaptation à de tels événements en raison de leur niveau de pauvreté important et du manque d'infrastructures permettant de réduire le risque. **En juillet et en août 2018**, par exemple, **des pluies torrentielles** se sont abattues sur différentes régions du Mali, **137 000 personnes ont été touchées**, **6 350 maisons ont été détruites et 2 680 têtes de bétail tuées** [25]. Les inondations et les épisodes de sécheresse pèseront également sur la production d'hydroélectricité : le Mali tire 60 % de son énergie de centrales hydroélectriques, avec une capacité installée totale de 528 MW en 2014 [26]. Cependant, la variabilité des précipitations et des **conditions climatiques pourrait gravement perturber la production d'hydroélectricité**.

Les projections de crue des fleuves sont sujettes à un niveau d'incertitude important, largement lié à l'incertitude qui entoure les projections de précipitations et leur distribution spatiale, et donc les épisodes d'inondations (voir également la figure 4). Dans le cas du Mali, les projections, que ce soit en vertu du RCP2.6 ou du RCP6.0, ne montrent **pratiquement aucun changement dans l'exposition des routes principales aux inondations**. En 2000, 1,7 % des grandes routes étaient exposées à des inondations au moins une fois par an, tandis qu'en 2080, cette valeur devrait passer à 1,9 % en vertu du RCP2.6 et à 2% en vertu du RCP6.0.

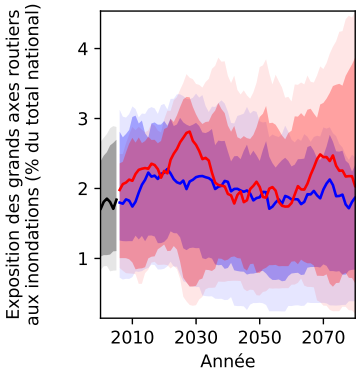

Figure 12: Projections d'exposition des grandes routes à des inondations au moins une fois par an au Mali pour différents scénarios d'émissions de GES.

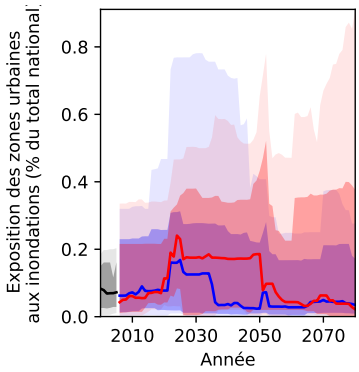

Figure 13: Projections d'exposition des terrains urbains à des inondations au moins une fois par an au Mali pour différents scénarios d'émissions de GES.

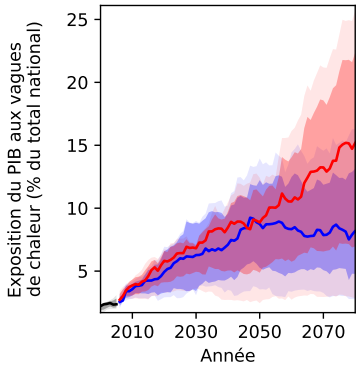

Figure 14: Exposition du PIB du Mali à des vagues de chaleur pour différents scénarios d'émissions de GES.

De même, **l'exposition des zones urbanisées aux inondations ne devrait quasiment pas changer quel que soit le RCP considéré** (figure 13).

La médiane des projections pour le RCP2.6 indique que l'exposition devrait passer de 2,2 % en 2000 à 8,7 % en 2080. En vertu du RCP6.0, elle devrait atteindre 15,2 % à la même échéance (figure 14). Il est recommandé aux planificateurs des politiques publiques de commencer à identifier les activités et les sites de production économique sensibles à la chaleur et à intégrer des stratégies d'adaptation au changement climatique, par exemple, des systèmes de refroidissement fonctionnant à l'énergie solaire améliorés, des matériaux d'isolation « toit froid » ou le passage au travail de nuit [27].

d. Écosystèmes

Le changement climatique devrait avoir une influence significative sur l'écologie et sur la distribution des écosystèmes tropicaux, même si l'ampleur, le niveau et l'orientation de ces changements sont incertains [28]. Avec la hausse des températures et l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses, les zones humides et les réseaux fluviaux risquent de plus en plus de se transformer en d'autres écosystèmes, les plantes étant remplacées par d'autres et les animaux perdant leurs habitats. La hausse des températures et la recrudescence des épisodes de sécheresse pourraient également influencer le renouvellement des systèmes forestiers tout en augmentant le risque d'implantation d'espèces invasives, le tout au détriment des écosystèmes.

Les projections en matière de diversité des espèces (amphibiens, oiseaux et mammifères) et de couvert forestier au Mali sont présentées aux figures 15 et 16 respectivement. En vertu du RCP6.0, celles-ci montrent une baisse de la diversité des espèces de 10 % dans la moitié sud du Mali d'ici à 2080 par rapport à l'année 2000. En revanche, au centre, le nombre d'espèces devrait connaître une hausse de jusqu'à 30 % (figure 15). Tous les modèles s'accordent sur cette tendance. Pour ce qui est du couvert forestier, les modèles s'accordent moins : en vertu du RCP6.0, le couvert forestier devrait augmenter de 1,5 % dans certaines parties du sud du Mali (figure 16). En vertu du RCP2.6, les projections concernant la diversité des espèces et le couvert forestier sont soumises à une incertitude de modélisation élevée.

Même si ces résultats décrivent une vision globalement positive des impacts du changement climatique sur le couvert forestier, il est important de garder à l'esprit que les **projections des modèles excluent les impacts sur la biodiversité des activités humaines telles que l'utilisation des terres**, qui ont déjà causé des pertes de biodiversité significatives au niveau mondial et qui devraient en rester les principales responsables à l'avenir [29]. L'augmentation rapide de la production agricole et de l'exploitation forestière par exemple ont entraîné de forts **taux de déforestation** : le Mali a perdu 330 000 ha de couverture forestière entre 2001 et 2018, ce qui équivaut à une baisse de 13 % depuis 2000 [30]. Étant donnée **la croissance démographique rapide** du Mali, cette tendance devrait se poursuivre et avoir des répercussions sur la biodiversité animale et végétale.

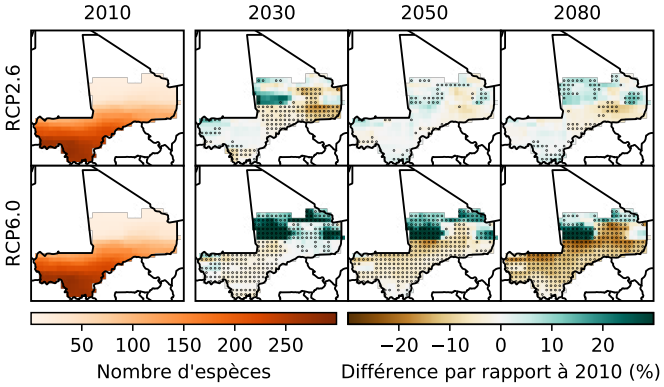

Figure 15: Projections du nombre agrégé d'espèces d'amphibiens, d'oiseaux et de mammifères au Mali pour différents scénarios d'émissions de GES.

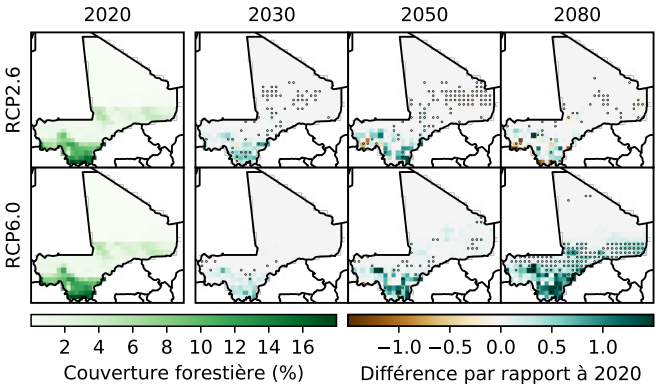

Figure 16: Projections de couvert forestier au Mali pour différents scénarios d'émission de GES.

e. Santé humaine

Le changement climatique menace le secteur de la santé et de l'assainissement en raison de la fréquence accrue des vagues de chaleur, des inondations, des sécheresses et des tempêtes. Les principaux enjeux sanitaires du Mali sont la morbidité et la mortalité résultant des maladies à vecteur telles que le paludisme (ou malaria), des maladies d'origine hydrique liées à des événements météorologiques extrêmes (inondations, etc.) telles que la diarrhée, des maladies respiratoires, ainsi que la malnutrition, le SIDA, la méningite, des blessures et des décès dus aux événements météorologiques extrêmes [31]. Le changement climatique peut avoir des **répercussions sur l'approvisionnement en nourriture et en eau, ce qui risque d'accroître le risque de malnutrition, de faim et de décès liés à la famine**. Des études scientifiques ont mis en lumière un lien étroit entre les événements météorologiques extrêmes et les courbes de mortalité au Mali : les épisodes de fortes précipitations de plus de 10 mm par jour ont eu un impact négatif sur la survie des enfants de moins de cinq ans, tandis que les températures plus froides étaient associées à des taux de mortalité plus faibles dans l'ensemble de la population [32], [33].

En outre, **le changement climatique devrait rallonger les périodes de transmission et modifier la portée géographique des maladies** telles que la malaria ou la méningite. La malaria continue d'être la principale cause de morbidité et de mortalité au Mali, en particulier pour les enfants de moins de 5 ans [34]. Dans certaines régions, il est vraisemblable que le risque de malaria augmente en raison d'une fréquence plus élevée des inondations, mais le risque général devrait baisser en raison de la hausse des températures [35], [36]. L'augmentation des températures pourrait entraîner une plus grande fréquence des épidémies de méningite [37]. Le Mali fait partie de ce que l'on appelle la ceinture de méningite, qui coïncide largement avec la région du Sahel où se déclarent la majorité des cas de méningite. **Au Mali, l'accès aux soins de santé reste limité et entravé par le conflit armé**: d'après Médecins Sans Frontières (MSF), de nombreuses organisations sanitaires et humanitaires ont dû limiter ou même fermer leurs opérations à cause de conflits armés [38].

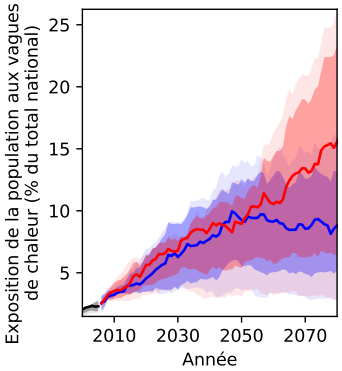

Figure 17: Projections d'exposition de la population à des vagues de chaleur au moins une fois par an au Mali pour différents scénarios d'émissions de GES.

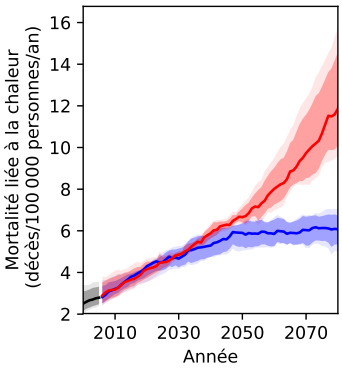

Figure 18: Projections de mortalité liée à la chaleur au Mali pour différents scénarios d'émissions de GES en l'absence de toute mesure d'adaptation à la chaleur accrue.

La hausse des températures entraînera une **fréquence accrue des vagues de chaleur** au Mali et donc une **recrudescence de la mortalité associée à la chaleur**. En vertu du RCP6.0, la part de la population affectée par au moins une vague de chaleur par an devrait augmenter, passant de 2 % en 2000 à 16 % en 2080 (figure 17). En outre, la **mortalité liée à la chaleur risque** d'être multipliée par plus de cinq, passant **de 2,5 à environ 12 décès par an pour 100 000 habitants** vers la fin du siècle par rapport aux niveaux de 2000, si aucune mesure d'adaptation aux conditions plus chaudes n'est prise (figure 18). En vertu du RCP2.6, la mortalité liée à la chaleur atteindra environ 6 décès par an pour 100 000 habitants en 2080.

Références bibliographiques

[1] World Bank, “World Bank Open Data,” 2019. Disponibles en ligne : https://data.worldbank.org [Accès le : 31-Jan-2020].

[2] CIA World Factbook, “Mali,” 2020. Disponibles en ligne : https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ml.html [Accès le : 21-Feb-2020].

[3] World Bank, “World Development Indicators,” 2018. Disponibles en ligne : https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators [Accès le : 09-Apr-2020].

[4] FAOSTAT, “Crops in Mali (by Area Harvested),” 2017. Disponibles en ligne : http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC [Accès le : 21-Feb-2020].

[5] Observatory of Economic Complexity, “Mali,” 2017. Disponibles en ligne : https://oec.world/en/profile/country/mli [Accès le : 21-Feb-2020].

[6] FAO, “Country Fact Sheet on Food and Agriculture Policy Trends: Mali,” Rome, Italy, 2017.

[7] UNDESA, “Trends in International Migrant Stock: Migrants by Destination and Origin,” New York, 2017.

[8] European Asylum Support Office, “EASO Country of Origin Information Report: Mali Country Focus,” Valletta, Malta, 2018.

[9] UNDP, “Human Development Index,” 2018. Disponibles en ligne : http://hdr.undp.org/en/indicators/137506 [Accès le : 08-Oct-2019].

[10] Notre Dame Global Adaptation Initiative, “Mali,” 2017. Disponibles en ligne : https://gain.nd.edu/our-work/country-index [Accès le : 21-Feb-2020].

[11] FAO, IFAD, UNICEF, WFP, and WHO, “Food Security and Nutrition in the World 2019,” Rome, Italy, 2019.

[12] Encyclopedia Britannica, “Mali,” 2020. Disponibles en ligne : https://www.britannica.com/place/Mali [Accès le : 21-Feb-2020].

[13] Laboratoire Sol-Eau-Plante and Institut d’Economie Rurale, “Carte des Zones Agro-Ecologiques du Mali,” n.p., 2000.

[14] S. Lange, “EartH2Observe, WFDEI and ERA-Interim Data Merged and Bias-Corrected for ISIMIP (EWEMBI).” GFZ Data Service, Potsdam, Germany, 2016.

[15] S. Liersch, S. Fournet, H. Koch, A. G. Djibo, J. Reinhardt, J. Kortlandt, F. Van Weert, O. Seidou, E. Klop, C. Baker, and Fred. F. Hattermann, “Water Resources Planning in the Upper Niger River Basin: Are There Gaps Between Water Demand and Supply?,” J. Hydrol. Reg. Stud., vol. 21, pp. 176–194, 2019.

[16] B. Traore, M. Corbeels, M. T. van Wijk, M. C. Rufino, and K. E. Giller, “Effects of Climate Variability and Climate Change on Crop Production in Southern Mali,” Eur. J. Agron., vol. 49, pp. 115–125, 2013.

[17] B. Sultan, P. Roudier, P. Quirion, A. Alhassane, B. Muller, M. Dingkuhn, P. Ciais, M. Guimberteau, S. Traore, and C. Baron, “Assessing Climate Change Impacts on Sorghum and Millet Yields in the Sudanian and Sahelian Savannas of West Africa,” Environ. Res. Lett., vol. 8, pp. 1–9, 2013.

[18] USAID, “A Climate Trend Analysis of Mali,” Washington, D.C., 2012.

[19] World Bank, “Sahel Drought Situation Report No. 9: Burkina Faso, Chad, Mali, Mauritania, Niger, Nigeria, Senegal,” Washington, D.C., 2012.

[20] UNOWAS, “Pastoralism and Security in West Africa and the Sahel,” n.p., 2018.

[21] AQUASTAT, “Irrigation and drainage development.” Disponibles en ligne : http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html [Accès le : 06-Jul-2020].

[22] FAO, “Mali Country Profile,” 2016. Disponibles en ligne : http://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?iso3=MLI [Accès le : 21-Feb-2020].

[23] USAID, “Climate Risk in Food for Peace Geographies: Kenya,” Washington, D.C., 2019.

[24] C. Briceño-Garmendia, C. Dominguez, and N. Pushak, “Mali’s Infrastructure: A Continental Perspective,” Washington, D.C., 2011.

[25] OCHA, “Humanitarian Bulletin Mali (July-August 2018),” Bamako, Mali, 2018.

[26] UNIDO and ICSHP, “World Small Hydropower Development Report 2016,” Vienna, Austria and Hangzhou, China, 2016.

[27] M. Dabaieh, O. Wanas, M. A. Hegazy, and E. Johansson, “Reducing Cooling Demands in a Hot Dry Climate: A Simulation Study for Non-Insulated Passive Cool Roof Thermal Performance in Residential Buildings,” Energy Build., vol. 89, pp. 142–152, 2015.

[28] T. M. Shanahan, K. A. Hughen, N. P. McKay, J. T. Overpeck, C. A. Scholz, W. D. Gosling, D. William, C. S. Miller, J. A. Peck, J. W. King, and C. W. Heil, “CO_2 and Fire Influence Tropical Ecosystem Stability in Response to Climate Change,” Nat. Publ. Gr., no. July, pp. 1–8, 2016.

[29] IPBES, “Report of the Plenary of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on the Work of Its Seventh Session,” n.p., 2019.

[30] Global Forest Watch, “Mali.” Disponibles en ligne : https://www.globalforestwatch.org [Accès le : 25-Feb-2020].

[31] Centers for Disease Control and Prevention, “CDC in Mali,” Atlanta, Georgia, 2018.

[32] P. Han and J. Foltz, “The Impacts of Climate Shocks on Child Mortality in Mali,” Madison, WI, 2013.

[33] B. Bakshi, R. J. Nawrotzki, J. R. Donato, and L. S. Lelis, “Exploring the Link Between Climate Variability and Mortality in Sub-Saharan Africa,” Int. J. Environ. Sustain. Dev., vol. 18, no. 2, pp. 206–237, 2019.

[34] U.S. President’s Malaria Initiative, “Mali Country Profile,” Washington, D.C., 2017.

[35] R. Boyce, R. Reyes, M. Matte, M. Ntaro, E. Mulogo, J. P. Metlay, L. Band, and M. J. Siedner, “Severe Flooding and Malaria Transmission in the Western Ugandan Highlands: Implications for Disease Control in an Era of Global Climate Change,” J. Infect. Dis., vol. 214, pp. 1403–1410, 2016.

[36] C. Caminade, A. E. Jones, R. Ross, and G. Macdonald, “Malaria in a Warmer West Africa,” Nat. Clim. Chang., vol. 6, no. November, pp. 984–985, 2016.

[37] A. M. Molesworth, L. E. Cuevas, S. J. Connor, A. P. Morse, and M. C. Thomson, “Environmental Risk and Meningitis Epidemics in Africa,” Emerg. Infect. Dis., vol. 9, no. 10, pp. 1287–1293, 2003.

[38] Médecins Sans Frontières, “Violence in Central Mali Has Reached Unprecedented Levels,” 2019. Disponibles en ligne : https://www.msf.org/mali-conflict-curfew-and-floods-put-healthcare-out-reach [Accès le : 24-Feb-2020].

Ce profil de risque climatique a été diligenté et est conduit 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 œuvre.

Le profil de risque est basé sur les données et les analyses générées par le projet ISIMIP (Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project), dont l’aide a été grandement appréciée. Des informations contextuelles sur les figures et les analyses présentées dans ce profil sont disponibles dans le Profil de risque climatique – Informations complémentaires.

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 :
Julia Tomalka (PIK),
Stefan Lange (PIK),
Felicitas Röhrig (PIK),
Christoph Gornott (PIK)

Contributeurs :
Paula Aschenbrenner (PIK),
Abel Chemura (PIK),
Ylva Hauf (PIK),
Lisa Murken (PIK),
Enrico Grams (GIZ),
Sibylla Neer (GIZ),
Rebecca Hadank-Rauch (GIZ),
Josef Haider (KfW)

Publié et mis en œuvre par :
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

En coopération avec :
KfW Development Bank