



Profil de risque climatique : Madagascar

Résumé

| | | | |
|---|--|--|---|
|  | <p>Ce profil offre un aperçu des projections climatiques et des impacts associés sur différents secteurs à Madagascar 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.</p> |  | <p>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 baisse de la diversité des espèces presque partout à Madagascar, mais les projections concernant le couvert forestier restent incertaines.</p> |
|  | <p>L'agriculture, la biodiversité, la santé, les infrastructures et l'eau sont particulièrement vulnérables au changement climatique. Le besoin de mesures d'adaptation dans ces secteurs a été souligné au niveau des objectifs CND (contributions déterminées au niveau national) et du Plan national d'adaptation de Madagascar et devrait figurer dans le portefeuille de la coopération allemande au développement du pays.</p> |  | <p>La disponibilité de l'eau par habitant-e baissera d'ici à 2080, principalement en raison de la croissance démographique. Les projections montrent que les mesures d'économie d'eau vont devenir de plus en plus importantes dans tout Madagascar dès 2030.</p> |
|  | <p>Selon les scénarios, il est prévu que la température à Madagascar augmente de 1,5 °C à 3,2 °C d'ici à 2080 par rapport aux niveaux pré-industriels, avec des températures plus élevées et extrêmes dans l'ouest du pays.</p> |  | <p>La part de la population affectée par au moins une vague de chaleur par an devrait augmenter, passant de 0,2 % en 2000 à 4,8 % en 2080. Ce changement est lié à la recrudescence des journées très chaudes (24 supplémentaires par an). En conséquence, on estime que la mortalité liée à la chaleur sera multipliée par quatre d'ici à 2080.</p> |
|  | <p>Les tendances en matière de précipitations sont incertaines : les projections indiquent une diminution des précipitations annuelles de jusqu'à 114 mm d'ici à 2080. Les périodes sèches et humides devraient devenir plus extrêmes.</p> |  | |
|  | <p>En vertu du RCP6.0, le niveau de la mer devrait augmenter de 43 cm d'ici à 2080. Cette augmentation présente une menace pour les communautés côtières malgaches et pourrait entraîner l'intrusion d'eau salée dans les voies navigables côtières et les réservoirs d'eau souterraine.</p> | | |
|  | <p>Le changement climatique risque de provoquer des dégâts importants dans le secteur des infrastructures à Madagascar, notamment au niveau des routes et des ponts. Les routes étant essentielles au réseau des transports du pays, il faudra investir dans des routes et autres infrastructures résistantes au climat.</p> | | |
|  | <p>Les modèles prévoient une exposition accrue des terres cultivées à la sécheresse. Les rendements des cultures du manioc et du maïs devraient baisser, tandis que ceux du riz et de la canne à sucre pourraient bénéficier de la fertilisation par le CO₂. Les agriculteurs et agricultrices devront s'adapter à l'évolution des conditions.</p> | | |

Contexte

Madagascar est un **État insulaire d’Afrique de l’Est** situé dans l’Océan Indien qui présente plus de **4 800 km de côtes** [1]. Sa population devrait dépasser les **27 millions d’habitant-e-s** en 2020 selon un **taux de croissance démographique annuel de 2,7 %** [2]. La population se concentre surtout dans les Hautes Terres du centre autour de la capitale Antananarivo et le long de la côte orientale. Avec un PIB réel par habitant-e de 500 dollars US et un taux de croissance annuel du PIB de 2,1 %, Madagascar est **un des pays les moins avancés (PMA)** [2]. Son économie est dominée par le secteur des services (52,1 % du PIB, 2019), suivi par le secteur agricole (23,3 %) et par le secteur industriel (17,2 %) [3]. **La vanille est le principal produit d’exportation de Madagascar** (27,2 % de la valeur totale des exportations en 2018), suivi par les minéraux comme le nickel et le cobalt [4]. Parmi les autres exportations agricoles se trouvent les clous de girofle, la cannelle et le poivre [4]. En 2018, 41 % de la valeur totale des exportations de vanille partait aux États-Unis, suivi par la France et l’Allemagne [5]. **Environ 80 % de la population est employée dans le secteur agricole, dont elle dépend fortement** pour assurer sa sécurité alimentaire et ses moyens de subsistance [1]. 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 des changements des régimes de précipitations et autres épisodes météorologiques extrêmes tels que les sécheresses, les cyclones et les inondations. **La production agricole à Madagascar est essentiellement vivrière et pluviale. Le riz est de loin la culture de base dominante**, suivie par le manioc, la patate douce, le maïs et la canne à sucre [6]. Néanmoins, Madagascar **importe environ 360 000 tonnes de riz** (9 % de la quantité totale produite en 2018) par an pour répondre à sa demande, principalement en provenance d’Inde et du Pakistan [7], [8]. **La faible capacité d’adaptation du secteur agricole**, avec un accès limité aux éléments essentiels à l’agriculture, aux crédits institutionnels ou aux services de vulgarisation, **souligne la vulnérabilité du pays au changement climatique** [6]. Ainsi, les petit-e-s exploitant-e-s sont particulièrement touché-e-s par les impacts de la variabilité climatique qui accroît le risque de famine et de pauvreté.

Si la migration saisonnière interne était autrefois courante, les sécheresses récurrentes, en particulier au sud de Madagascar, encouragent une migration plus permanente des zones touchées vers d’autres régions du pays, en particulier vers les villes [10].

Indicateurs de qualité de vie [2], [11]–[13]

| Indice de développement humain (IDH) 2019 | Indice de vulnérabilité ND-GAIN 2018 | Coefficient de GINI 2012 | PIB réel par habitant 2019 | Taux de pauvreté 2012 | Prévalence de la malnutrition 2017–2019 |
|---|--|---|---------------------------------------|--|--|
| 0,528 164 sur 189 (0 = faible, 1 = élevé) | 35,3 164 sur 181 (0 = faible, 100 = élevé) | 42,6 (0–100 ; 100 = inégalité parfaite) | 500 USD (PIB constant 2010) | 77,4 % (à 1,9 USD par jour, PPA 2011) ¹ | 41,7 % (de la population totale) |



© Nok Lek / shutterstock

¹ Taux de pauvreté par habitant-e pour l’année 2012 ajusté aux niveaux de parité du pouvoir d’achat (PPA) de 2011. La PPA permet de comparer différentes devises en tenant compte des différences nationales concernant le coût de la vie et l’inflation.

Topographie et environnement

Madagascar présente une topographie très diversifiée. L'altitude monte doucement des plaines sèches au canal du Mozambique à l'ouest vers les Hautes Terres du centre pour atteindre le plus haut sommet, celui du **mont Maromokotro** (2 876 m) avant de redescendre plus abruptement vers la côte est [1]. Le pays présente un **climat semi-aride à aride au sud-ouest**, un **climat tropical le long de la côte est**, tandis que les Hautes Terres centrales connaissent des températures et des taux d'humidité modérés. Le climat aride du sud-ouest est dû aux **alizés** en provenance **de l'Océan Indien** qui perdent leur humidité sur la côte est et dans les Hautes Terres, laissant la partie occidentale dans ce qu'on appelle une ombre pluviométrique [14]. Madagascar peut être divisée en **cinq grandes zones agro-écologiques (ZAE)²** : aride, semi-aride/savane, savane tropicale, forêt humide et Hautes Terres (figure 1) [15]. Chacune de ces zones est caractérisée par une température et une humidité spécifiques et ainsi, par des schémas de production agricole et

d'activité pastorale différents. Les **principaux fleuves** de Madagascar (**Mangoky, Tsiribihina, Betsiboka et Onilahy**) descendent tous le versant occidental du plateau. Le versant oriental du plateau présente des fleuves plus courts, certains d'entre eux se déversent directement dans l'Océan Indien par le biais de cascades. Malgré leur abondance, les **ressources en eau** de Madagascar sont **inégalement distribuées sur le territoire** et menacées par la réduction des précipitations et l'augmentation des températures [16]. Les pratiques agricoles non durables comme la **culture sur brûlis** et le **surpâturage** ont entraîné des problèmes environnementaux majeurs comme la déforestation et l'érosion des sols [17]. Des événements climatiques extrêmes comme les cyclones, les fortes précipitations et les sécheresses graves 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 [18]

Le climat de Madagascar est très diversifié et fortement influencé par la situation géographique et le relief de l'île. Les températures annuelles moyennes vont de 18 °C à 26 °C, les valeurs les plus basses étant mesurées dans les Hautes Terres et les plus élevées à l'ouest du pays.

Les quantités annuelles totales des précipitations vont de 400 mm sur le littoral sud-ouest, qui présente un climat semi-aride à aride, à 3 300 mm sur le littoral est qui présente lui un climat tropical.

Il n'y a qu'une seule saison des pluies (régime de précipitation unimodal) à Madagascar de novembre à avril dans les régions du nord et de l'est du pays, avec un déclin de la durée et de la quantité des précipitations vers le sud-ouest.

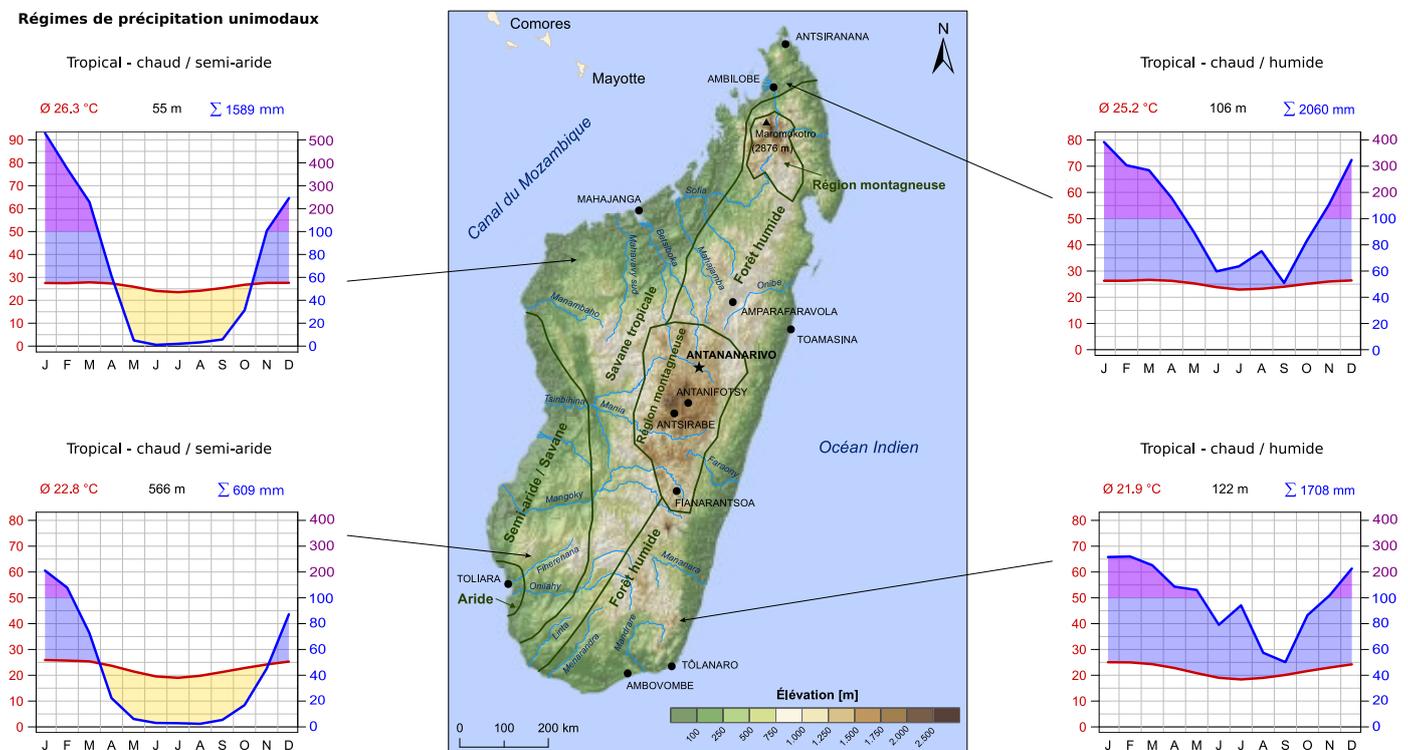


Figure 1 : Carte topographique de Madagascar avec zones agro-écologiques et régimes de précipitations existants.³

² Il existe plusieurs classifications des ZAE à Madagascar. Celle que nous avons utilisée est couramment utilisée et comporte cinq zones.

³ Les diagrammes sur le climat présentent les valeurs de températures et de précipitations 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
- meilleure estimation
- RCP2.6
- RCP6.0
- 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), **la température de l'air à Madagascar devrait augmenter de 1,5 °C à 3,2 °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 à Madagascar atteint environ 1,6 °C en 2030 et 1,8 °C en 2050 et 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 1,5 °C en 2030, à 2,0 °C en 2050 et à 2,8 °C en 2080.

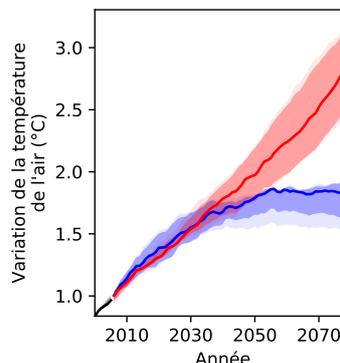


Figure 2 : Projections de température de l'air à Madagascar pour différents scénarios d'émission de GES.⁴

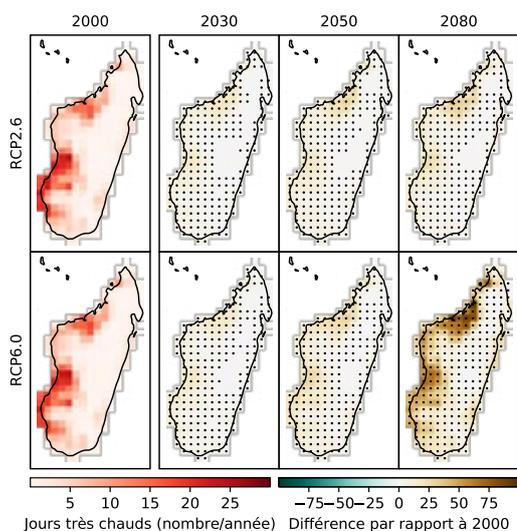


Figure 3 : Projections du nombre annuel de journées très chaudes (température maximale quotidienne supérieure à 35 °C) à Madagascar pour différents scénarios d'émission de GES.

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 en particulier dans la partie ouest de Madagascar (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 **5 journées très chaudes supplémentaires par an en 2030 par rapport à 2000, 8 en 2050 et 24 en 2080**. Dans certaines parties du pays, particulièrement sur la côte ouest de Madagascar, ceci équivaut à environ 90 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.

Élévation du niveau des mers

En réaction à la hausse mondiale des températures, le niveau des mers qui bordent l'île de Madagascar devrait s'élever (figure 3). Les deux scénarios d'émission prévoient des niveaux similaires d'ici à 2050. En vertu du RCP6.0 et par rapport aux niveaux de l'année 2000, le modèle climatique médian prévoit **une élévation du niveau de la mer de 11 cm en 2030, 22 cm en 2050 et 43 cm en 2080**. Cette évolution menace les communautés côtières de Madagascar et pourrait provoquer une intrusion d'eau salée dans les cours d'eau côtiers et dans les nappes phréatiques.

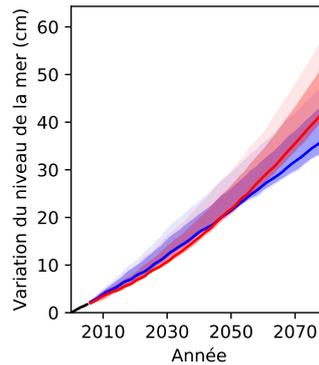


Figure 4 : Projections de l'élévation du niveau de la mer sur Madagascar pour différents scénarios d'émissions de GES, par rapport à l'année 2000.

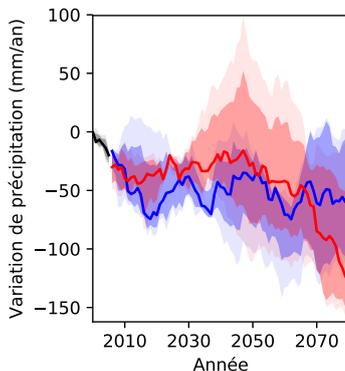


Figure 5 : Moyenne annuelle des projections de précipitations à Madagascar pour différents scénarios d'émissions de GES, par rapport à l'année 2000.

Précipitations

Les projections des précipitations sont moins certaines que les projections des températures en raison de la variabilité naturelle élevée d'une année à l'autre (figure 5). Parmi les quatre modèles climatiques sur lesquels s'appuie cette analyse, deux modèles prévoient une baisse des précipitations annuelles moyennes à Madagascar, et deux modèles prévoient peu de changement. La médiane des projections des modèles pour RCP6.0 montre **une baisse des précipitations de 114 mm par an d'ici à 2080**, tandis que la médiane des projections des modèles pour RCP2.6 indique une baisse des précipitations au début du siècle stabilisée à **47 mm par an d'ici à 2080** par rapport à l'année 2000. La hausse des émissions de gaz à effet de serre suggère un avenir plus sec pour Madagascar.

Fortes précipitations

En réaction au réchauffement climatique, **les épisodes de fortes précipitations devraient redoubler d'intensité** 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 se retrouve également dans les projections climatiques pour Madagascar (figure 6), les modèles climatiques prévoyant une **légère augmentation du nombre de jours de fortes précipitations**, de 7,0 jours par an en 2000 à 7,5 et 7,2 jours par an en 2080 respectivement en vertu du RCP2.6 et du RCP6.0.

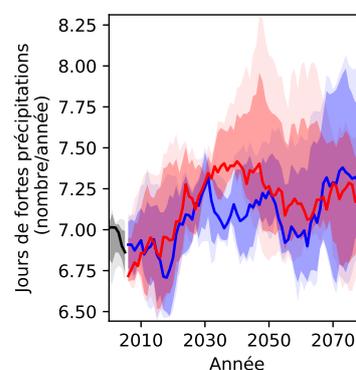


Figure 6 : Projections du nombre de journées de fortes précipitations à Madagascar pour différents scénarios d'émissions de GES, par rapport à l'année 2000.

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 la température puisque la hausse des températures entraîne une augmentation de l'évapotranspiration potentielle. **Les valeurs annuelles moyennes des projections d'humidité du sol sur 1 mètre de profondeur indiquent une légère baisse en vertu du RCP2.6 et une baisse plus forte de 5 % en vertu du RCP6.0 d'ici à 2080 par rapport à l'année 2000 (figure 7).** Cependant, si l'on observe les différents modèles sur lesquels s'appuie cette analyse, on note une variabilité élevée d'une année à l'autre et une incertitude de modélisation, certains modèles prévoyant une bien plus forte baisse de l'humidité du sol.

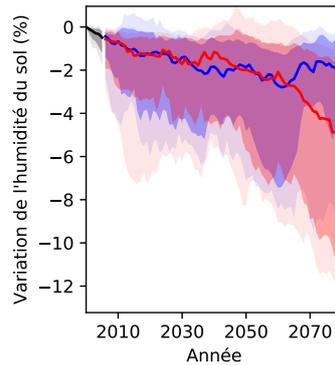


Figure 7 : Projections d'humidité du sol à Madagascar pour différents scénarios d'émissions de GES, par rapport à l'année 2000.

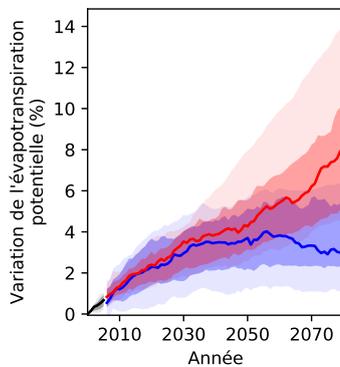


Figure 8 : Projections d'évapotranspiration potentielle à Madagascar pour différents scénarios d'émissions de GES, par rapport à l'année 2000.

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 de Madagascar prévoient une hausse plus forte de l'évapotranspiration potentielle en vertu du RCP6.0 qu'en vertu du RCP2.6 (figure 8). En vertu du RCP6.0, **l'évapotranspiration potentielle augmenterait de 3 % en 2030, de 4 % en 2050 et de 8 % en 2080** par rapport aux niveaux de 2000.



© Shirley Sekarajasingham / flickr

Évaluation des risques du changement climatique par secteur

a. Ressources en eau

Les projections actuelles de disponibilité en eau à Madagascar présentent de fortes incertitudes dans les deux scénarios d'émissions de GES. 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-e baisserait de 13 % (RCP2.6) et de 15 % (RCP6.0) d'ici à la fin du siècle (figure 9A). En revanche, si l'on tient compte de la croissance démographique telle qu'elle est estimée dans les projections⁵ SSP2, **la disponibilité de l'eau par habitant-e à Madagascar devrait baisser plus fortement de 78 % d'ici à 2080** par rapport à l'année 2000 en vertu des deux scénarios (figure 9B). 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 au-delà de 2030.

Les projections de disponibilité de l'eau de pluie varient en fonction de la région et du scénario (figure 10). Conformément aux projections relatives aux précipitations, **la disponibilité de l'eau devrait baisser de 25 % au nord et à l'est de Madagascar** en vertu du RCP6.0. En vertu du RCP2.6, les modèles prévoient une baisse de jusqu'à 20 % pour le nord-est et une hausse simultanée de jusqu'à 40 % dans le sud-ouest très sec du pays. L'augmentation partielle de la disponibilité de l'eau prévue en vertu du RCP2.6 est basée sur l'hypothèse d'un niveau de population constant. Ainsi, **les mesures d'économie d'eau vont devenir de plus en plus importantes** pour la population de Madagascar qui connaît une croissance rapide.

Madagascar est connue pour ses ressources d'eau abondantes issues des précipitations. Mais ces ressources en eau sont **distribuées de manière inégale dans le pays**. Si certaines parties de la côte est de Madagascar reçoivent plus de 3 300 mm de précipitations par an, le sud-ouest n'en reçoit que 400 mm et se caractérise par un climat semi-aride à aride [18]. Par exemple, à la saison des pluies 2019/2020, l'extrémité sud-ouest du pays, en particulier au nord d'Amboasary et dans des parties d'Ambovombe, de Tsihombe et de Bekily, a enregistré des **niveaux de précipitations inférieurs à la moyenne, menaçant les cultures agricoles** tout juste semées ou en pleine floraison [8]. En revanche, le nord de Madagascar a connu des **niveaux de précipitations supérieurs à la moyenne** qui ont entraîné des **inondations dans plusieurs régions**, notamment celles d'Alaotra Mangoro, d'Analamanga, de Betsiboka, de Boeny, de Melaky, et de Sofia [19]. Les précipitations

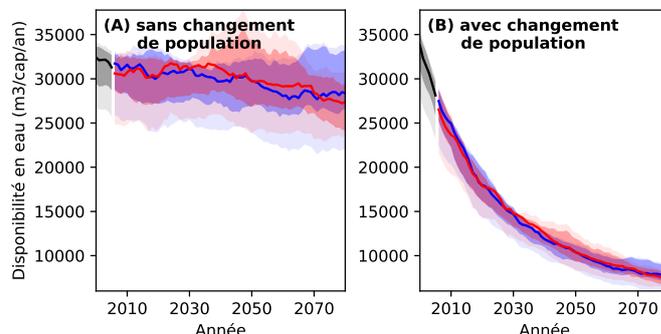


Figure 9 : Projctions de disponibilité de l'eau de pluie par habitant-e et par an, avec (A) une population nationale constante par rapport au niveau de l'année 2000 et (B) une évolution de la population conformément aux projections du SSP2, pour différents scénarios d'émissions de GES, par rapport à l'année 2000.

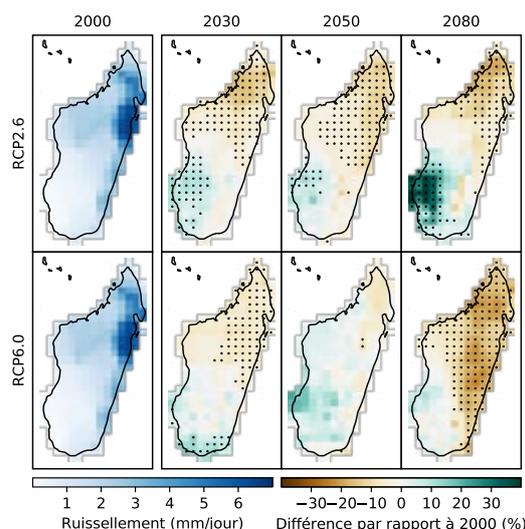


Figure 10 : Projctions de disponibilité de l'eau de pluie (ruissellement) à Madagascar pour différents scénarios d'émission de GES.

plus fortes et les cyclones ont déjà eu des effets dévastateurs pour les petit-e-s exploitant-e-s. Dans une étude menée auprès des petit-e-s exploitant-e-s après la survenue **du cyclone Giovanna en 2012**, 81 % d'entre eux ont signalé des pertes de récoltes et 71 % ont fait part des dommages subis par les stocks de céréales qui ont entraîné un manque de nourriture pour la consommation domestique sur une période prolongée [20].

⁵ Les Trajectoires socio-économiques communes (Shared Socio-economic Pathways – SSP) décrivent différents futurs 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 petite-s exploitant-e-s de Madagascar sont de plus en plus confrontés à l'incertitude et à la variabilité des conditions météorologiques qui résultent du changement climatique [21]. Comme les **cultures sont principalement pluviales**, leurs rendements dépendent beaucoup de la disponibilité en eau de pluie, et elles sont sujettes à la sécheresse. La durée et l'intensité de la saison des pluies sont de plus en plus imprévisibles, et la disponibilité et l'utilisation d'équipements d'irrigation restent limitées : en 2013, seulement 60 % du potentiel d'irrigation de 1,5 millions d'hectares (42 % de l'ensemble des terres cultivées du pays) était équipé de systèmes d'irrigation [9]. Les obstacles à la mise en œuvre des stratégies d'adaptation sont souvent l'accès limité aux équipements techniques nécessaires, aux crédits institutionnels et aux services de vulgarisation [21]. La **principale culture irriguée est le riz**, mais alors que la hausse des températures pourrait être avantageuse du fait que les basses températures sont un frein à la croissance du riz, des périodes prolongées de températures élevées combinées à de forts vents pourraient aussi avoir des effets dévastateurs sur les rendements du riz [22], [23]. **De plus fortes sécheresses facilitent également la propagation d'espèces invasives** comme le légionnaire d'automne, qui a entraîné une perte de rendement de 47 % pour le maïs à Madagascar en 2018 [8].

Actuellement, le degré d'incertitude élevé associé aux projections de disponibilité de l'eau (figure 10) se traduit par le même degré d'incertitude élevé pour les projections de sécheresse (figure 11). 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 augmentera de 0,4 % en 2000 à 1,4 % en vertu du RCP2.6 et à 2,6 % en vertu du RCP6.0 en 2080**. En vertu du RCP6.0, la fourchette de probabilité d'exposition annuelle à la sécheresse des terres cultivables s'élargit, passant de 0,04–0,8 % en 2000 à 0,9–6,5 % en 2080. La fourchette de forte probabilité s'élargit également, passant de 0–1,4 % en 2000 à 0,4–9 % en 2080. Cela signifie que **certains modèles multiplient par dix le risque d'exposition à la sécheresse sur cette période**.

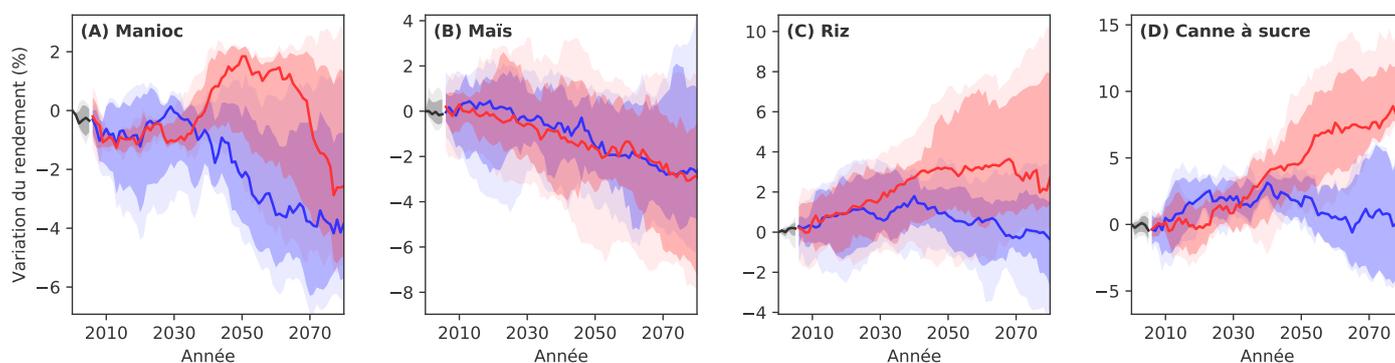


Figure 12 : Projections d'évolution des rendements agricoles pour les principales cultures de base à Madagascar pour différents scénarios d'émissions de GES, basées sur l'hypothèse d'une absence de modification dans l'utilisation des terres et dans la gestion agricole.

⁶ Les données de modélisation ne sont disponibles que pour certaines cultures, ce qui explique que les cultures mentionnées à la page 2 peuvent différer.

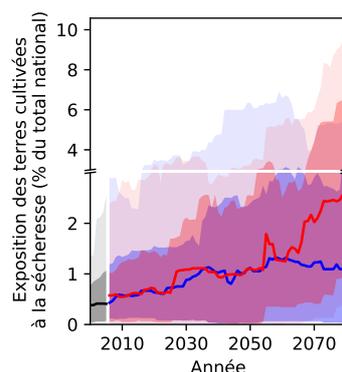


Figure 11 : Projections de superficie de terres cultivables exposées à la sécheresse au moins une fois par an à Madagascar pour différents scénarios d'émissions de GES.

En ce qui concerne les projections d'évolution des rendements, les résultats des modèles indiquent **une tendance négative pour le manioc et le maïs** en vertu des deux RCP (figure 12)⁶. D'ici à 2080, par rapport à l'année 2000, les rendements du manioc et du maïs devraient baisser de 3,8 % et de 2,7 % en vertu du RCP2.6 et de 2,6 % et 2,8 % en vertu du RCP6.0. En revanche, **les rendements du riz et de la canne à sucre devraient augmenter** de 2,7 % et 9,7 % en vertu du RCP6.0 et rester inchangés en vertu du RCP2.6. Les résultats positifs en vertu du RCP6.0 peuvent notamment s'expliquer par le fait que le riz, la canne à sucre et le manioc sont des plantes dites C3, dont le processus métabolique est différent de celui du maïs (plante C4), et qui tirent davantage profit de la fertilisation par le CO₂ lorsque la concentration augmente. La baisse ultérieure pour le manioc peut s'expliquer par une baisse des précipitations après 2050 en vertu du RCP6.0 (voir figure 5). Même si les variations de rendements semblent faibles au niveau national, elles risquent d'augmenter plus fortement dans certaines régions et, à l'inverse, de diminuer plus fortement dans d'autres à cause des effets du changement climatique.

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, par exemple le déclin de l'agro-biodiversité ou la perte de certaines cultures locales.

c. Infrastructure

Le changement climatique devrait avoir un impact significatif sur les infrastructures de Madagascar à cause de la multiplication d'événements climatiques extrêmes. La hausse des précipitations entraînerait l'**inondation de routes**, tandis que la hausse des températures provoquerait des **fissures et des dégradations plus rapides sur les routes, les ponts et les infrastructures côtières**. Cela nécessitera des réparations précoces et impliquera des **frais d'entretien et de réparations plus élevés**. Le réseau ferroviaire faiblement développé et le transport par les voies de navigation intérieures limité renforcent la dépendance de Madagascar à l'égard des transports routiers [24]. Cependant, ses routes sont en piteux état, la majorité d'entre elles sont non pavées et difficiles d'accès, en particulier durant la saison des pluies. Avec son réseau routier d'environ 31 640 km, Madagascar présente **l'une des plus faibles densités routières** au monde [24]. Il faudra donc investir dans des réseaux routiers résistants au climat.

Les épisodes météorologiques extrêmes ont 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 Antananarivo, Toamasina ou Antsirabe. **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 pentes abruptes ou les berges des fleuves, où les vents violents et 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 les risques. Par exemple, le **cyclone tropical Belna** a frappé le littoral nord-ouest de Madagascar en décembre 2019, **touchant 128 000 personnes** [8]. Le district de Soalala en particulier a été durement touché : les routes, les poteaux électriques et les puits ont été endommagés [25]. Les inondations et les épisodes de sécheresse pèseront également sur la production d'hydroélectricité : **Madagascar tire 29 % de son énergie de centrales hydroélectriques**, avec une capacité installée totale de 162 MW en 2014 [26]. Cependant, la variabilité des précipitations et des **conditions climatiques pourrait gravement perturber la production d'hydroélectricité**.

Malgré la hausse probable du risque de détérioration des infrastructures associé au changement climatique, il est difficile de prévoir avec précision le lieu exact et l'ampleur de l'exposition à de tels phénomènes. Par exemple, 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). Pour Madagascar, la médiane des projections montre **peu de changement en ce qui concerne l'exposition des routes nationales aux crues des fleuves**

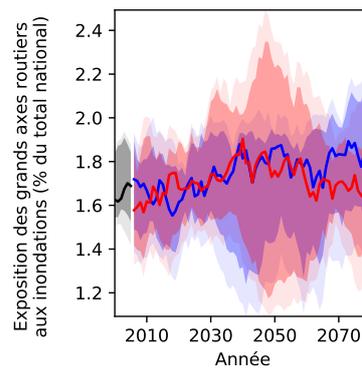


Figure 13 : Projections d'exposition des grandes routes à des inondations au moins une fois par an à Madagascar pour différents scénarios d'émissions de GES.

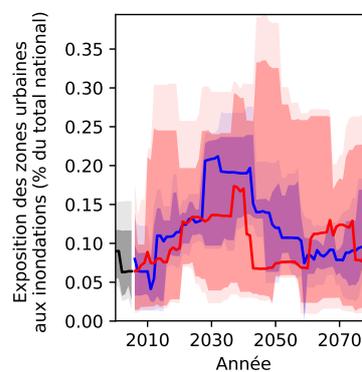


Figure 14 : Projections d'exposition des terrains urbains à des inondations au moins une fois par an à Madagascar pour différents scénarios d'émissions de GES.

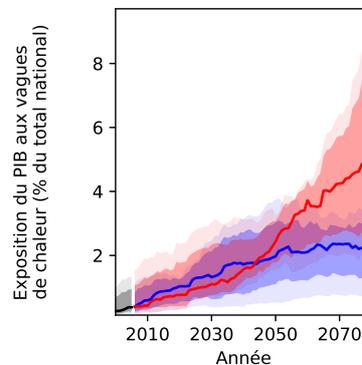


Figure 15 : Exposition du PIB de Madagascar à des vagues de chaleur pour différents scénarios d'émissions de GES.

(figure 13). En 2000, 1,6 % des grandes routes étaient exposées à des inondations au moins une fois par an. D'ici à 2080, cette valeur ne devrait pas évoluer en vertu du RCP6.0, mais elle s'élèverait à 2 % en vertu du RCP2.6. Cette différence est conforme aux projections relatives aux précipitations pour Madagascar. **L'exposition des zones urbanisées aux inondations ne devrait quasiment pas changer** quel que soit le RCP considéré (figure 14). Face à l'augmentation de l'exposition du PIB aux vagues de chaleur d'environ 0,3 % en 2000 à 2,4 % (RCP2.6) et 4,8 % (RCP6.0) d'ici à 2080 (figure 15), 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 solaires améliorés, des matériaux d'isolation « toit froid » ou le passage au travail de nuit [27].

d. Ecosystèmes

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 d'être déstabilisés et modifiés**, avec des changements structurels au niveau de la faune et de la flore. 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. Outre ces facteurs climatiques, la faible productivité agricole et la croissance démographique risquent de motiver des pratiques agricoles non durables qui se traduiront par l'augmentation de la déforestation, des incendies et de l'érosion des sols. À son tour, l'érosion des sols, accompagnée de fortes précipitations et de tempêtes, aggravera la fréquence des glissements de terrain mettant en péril les populations, les infrastructures et les ressources naturelles [29].

Les projections en matière de diversité des espèces (amphibiens, oiseaux et mammifères) et de couvert forestier à Madagascar sont présentées respectivement aux figures 16 et 17. Les modèles utilisés pour cette analyse s'accordent nettement sur le développement de la diversité des espèces : en vertu du RCP6.0, **la diversité des espèces devrait diminuer dans presque tout Madagascar**, une baisse pouvant atteindre même 50 % dans certaines régions (figure 16). En vertu du RCP2.6, les modèles sont bien plus incertains et prévoient de légères augmentations sur des petites parties de territoires à Madagascar. **En ce qui concerne le couvert forestier, les résultats des modèles sont très incertains**, seuls quelques changements limités sont prévus quel que soit le RCP considéré (figure 17). Une tendance claire pour le couvert forestier n'a donc pas pu être clairement identifiée.

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 [30]. Au cours des dernières années, la végétation de Madagascar a subi de nombreuses perturbations dues à la pression démographique et à la hausse de la **demande en bois de feu** et en terres agricoles, qui ont mené à la multiplication des activités de brûlis qui sont l'un des principaux facteurs contribuant à la déforestation [17]. Le pays a **perdu 3,89 millions d'hectares de couvert forestier entre 2001 et 2019**, ce qui correspond à une réduction de 23 % de l'espace forestier national [31].

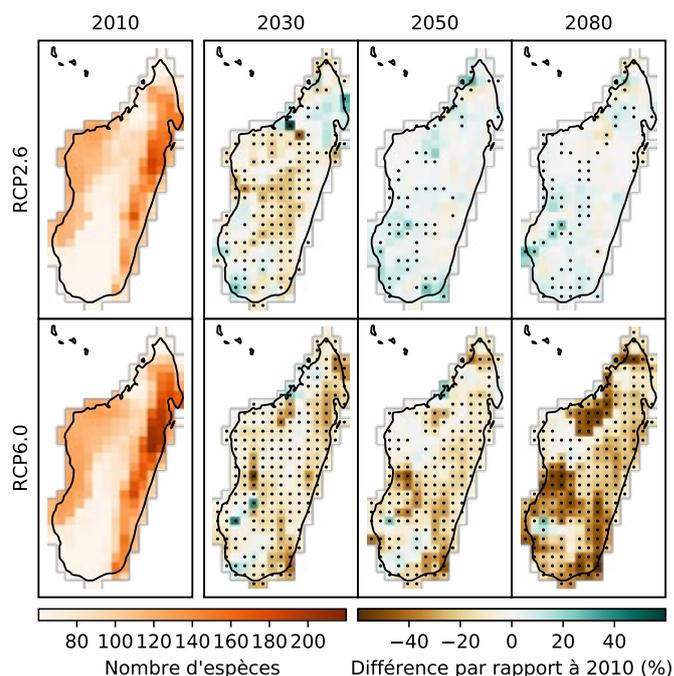


Figure 16 : Projections du nombre agrégé d'espèces d'amphibiens, d'oiseaux et de mammifères à Madagascar pour différents scénarios d'émissions de GES.

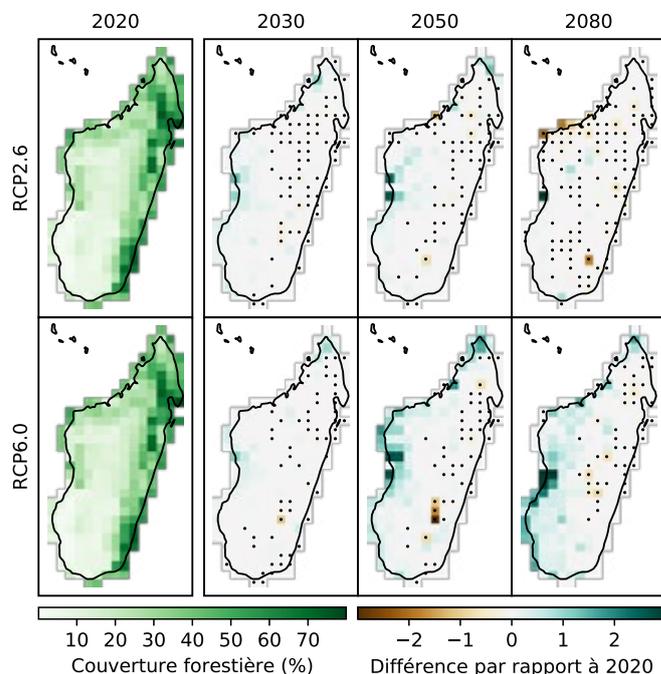


Figure 17 : Projections de couvert forestier à Madagascar pour différents scénarios d'émission de GES.

e. Santé humaine

Le changement climatique menace les secteurs de la santé et de l'assainissement en raison de la fréquence accrue des vagues de chaleur, des inondations, des sécheresses et des tempêtes, de même que des cyclones. Les principaux enjeux sanitaires de Madagascar sont la morbidité et la mortalité résultant des maladies à vecteur telles que le paludisme, des maladies d'origine hydrique liées à des événements météorologiques extrêmes (inondations, etc.) telles que la diarrhée, des maladies respiratoires, la tuberculose et le SIDA [32]. **Le changement climatique a des répercussions sur l'approvisionnement en nourriture et en eau, qui risquent d'accroître le risque de malnutrition, de famine et des décès en résultant.** Beaucoup de ces problèmes risquent de s'aggraver sous l'effet du changement climatique. D'après l'OMS, on estime à 2,2 millions le nombre de cas de paludisme, dont 5 350 décès, enregistrés par Madagascar en 2018 [33]. **Le changement climatique devrait avoir un impact sur la portée géographique des maladies à vecteur** : à Madagascar, le paludisme ne survient généralement pas au-delà d'une altitude de 1 500 m [34]. Cependant, les hausses de température pourraient entraîner son développement dans des zones d'altitude plus élevée. C'est déjà le cas à Antananarivo qui, auparavant plutôt exempt de paludisme, voit le nombre de cas augmenter sur place [35]. Le paludisme risque également d'augmenter dans de nombreuses régions de Madagascar à cause des crues et des eaux stagnantes qui sont propices aux moustiques [35].

Le changement climatique menace également la sécurité alimentaire, entraînant un risque de malnutrition, en particulier pour les agriculteurs et agricultrices de subsistance. **La malnutrition chronique est généralement élevée (42 %)** et pourrait augmenter à cause des conséquences liées à la pandémie de COVID-19 [36]. En outre, l'accès aux soins est souvent difficile à Madagascar. **40 % de la population vit dans des régions éloignées des centres de santé** et doit faire des trajets de plusieurs heures pour recevoir un traitement médical [35]. L'accès à ces services est d'autant plus difficile à la saison des pluies. De nombreuses zones rurales se retrouvent isolées, car les routes sont impraticables.

La hausse des températures entraînera une **fréquence accrue des vagues de chaleur** à Madagascar 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 0,2 % en 2000 à 4,8 % en 2080 (figure 18). En outre, en vertu du RCP6.0, **la mortalité associée à la chaleur devrait augmenter de 1,3 à 5,4 morts pour 100 000 personnes par an d'ici à 2080**. Cela signifie que cette mortalité risque d'être multipliée par plus de quatre vers la fin du siècle par rapport aux niveaux de 2000 si aucune mesure d'adaptation aux conditions plus chaudes n'est prise (figure 19). En vertu du RCP2.6, la mortalité associée à la chaleur devrait s'élever à 2,9 morts pour 100 000 personnes par an d'ici à 2080.

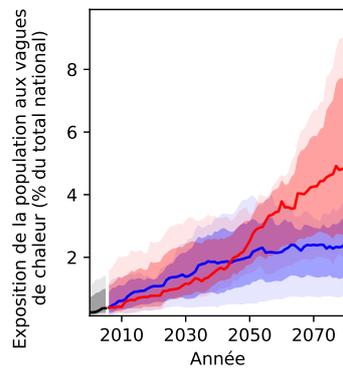


Figure 18 : Projections d'exposition de la population à des vagues de chaleur au moins une fois par an à Madagascar pour différents scénarios d'émissions de GES.

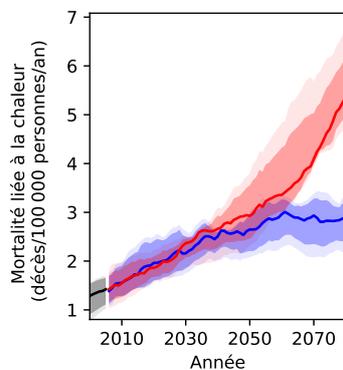


Figure 19 : Projections de mortalité liée à la chaleur à Madagascar pour différents scénarios d'émissions de GES en l'absence de toute mesure d'adaptation à la chaleur accrue.



© Mohamad Al-Arief / The World Bank / flickr

Références bibliographiques

- [1] CIA World Factbook, “Madagascar,” 2020. Disponible en ligne : <https://www.cia.gov/library/publications/the-worldfactbook/geos/ma.html> [Accès le : 22-Sep-2020].
- [2] World Bank, “World Bank Open Data,” 2019. Disponible en ligne : <https://data.worldbank.org> [Accès le : 31-Jan-2020].
- [3] World Bank, “World Bank Development Indicators,” 2019. Disponible en ligne : <https://databank.worldbank.org/source/worlddevelopment-indicators> [Accès le : 22-Sep-2020].
- [4] Observatory of Economic Complexity, “Madagascar,” 2018. Disponible en ligne : <https://oec.world/en/profile/country/mdg> [Accès le : 22-Sep-2020].
- [5] Observatory of Economic Complexity, “Vanilla in Madagascar,” 2018. Disponible en ligne : <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/20905/reporter/mdg> [Accès le : 02-Oct-2020].
- [6] FAO, “FAOSTAT Database.” Disponible en ligne : <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> [Accès le : 07-Dec-2020].
- [7] FAOSTAT, “Major Staple Crops in Madagascar,” 2018. Disponible en ligne : <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> [Accès le : 20-Sep-2020].
- [8] FEWS NET, “Madagascar Food Security Outlook: February to September 2020,” n.p., 2020.
- [9] FAO, “AQUASTAT Main Database: Irrigation and Drainage Development.” Disponible en ligne : <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en> [Accès le : 07-Dec-2020].
- [10] IOM Madagascar, “IOM Madagascar Annual Report 2019,” Antananarivo, Madagascar, 2020.
- [11] UNDP, “Human Development Index,” 2018. Disponible en ligne : <http://hdr.undp.org/en/indicators/137506> [Accès le : 08-Oct-2019].
- [12] Notre Dame Global Adaptation Initiative, “ND-Gain Ranking Since 1995 Madagascar,” 2018. Disponible en ligne : <https://gain-new.crc.nd.edu/country/madagascar> [Accès le : 02-Oct-2020].
- [13] FAO, IFAD, UNICEF, WFP, and WHO, “The State of Food Security and Nutrition in the World,” Rome, Italy, 2020.
- [14] Encyclopedia Britannica, “Madagascar,” 2020. Disponible en ligne : <https://www.britannica.com/place/Madagascar#ref23457> [Accès le : 22-Sept-2020].
- [15] Adapted from: International Institute of Tropical Agriculture, “Agroecological Zones.” Disponible en ligne : <http://csi.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=7539d22a-b46147ce9888589aea4b1a11> [Accès le : 07-Jul-2020].
- [16] USAID, “Climate Change Risk Profile Madagascar,” 2016.
- [17] J. Busch et al., “Climate Change and the Cost of Conserving Species in Madagascar,” *Conserv. Biol.*, vol. 26, no. 3, pp. 408–419, 2012, doi: 10.1111/j.1523-1739.2012.01838.x.
- [18] S. Lange, “Earth2Observe, WFDEI and ERA-Interim Data Merged and Bias-Corrected for ISIMIP (EWEMBI).” GFZ Data Service, Potsdam, Germany, 2016, doi: 10.5880/pik.2016.004.
- [19] NASA Earth Observatory, “Flood Waters Overwhelm Northern Madagascar,” 2020. Disponible en ligne : <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146225/flood-waters-overwhelm-northern-madagascar> [Accès le : 28-Sept-2020].
- [20] Z. L. Rakotobe et al., “Strategies of Smallholder Farmers for Coping with the Impacts of Cyclones: A Case Study from Madagascar,” *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 17, pp. 114–122, 2016, doi: 10.1016/j.ijdrr.2016.04.013.
- [21] C. A. Harvey et al., “Extreme Vulnerability of Smallholder Farmers to Agricultural Risks and Climate Change in Madagascar,” *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 369, no. 1639, 2014, doi: 10.1098/rstb.2013.0089.
- [22] E. Gerardeaux, M. Giner, A. Ramanantsoanirina, and J. Dusserre, “Positive Effects of Climate Change on Rice in Madagascar,” *Agron. Sustain. Dev.*, vol. 32, no. 3, pp. 619–627, 2012, doi: 10.1007/s13593-011-0049-6.
- [23] AQUASTAT, *Irrigation in Africa in Figures*. Rome, Italy: FAO, 2005.
- [24] Logistics Cluster and WFP, “Madagascar Logistics Infrastructure.” Disponible en ligne : <https://dlca.logcluster.org/display/public/DLCA/2+Madagascar+Logistics+Infrastructure> [Accès le : 30-Sept-2020].
- [25] OCHA, “Southern Africa: Cyclone Belna (Flash Update No. 5),” New York, 2019.
- [26] World Bank, “Small Hydropower Resource Mapping in Madagascar: Hydropower Atlas,” Washington, D.C., 2017.
- [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, doi: 10.1016/j.enbuild.2014.12.034.
- [28] T. M. Shanahan et al., “CO₂ and Fire Influence Tropical Ecosystem Stability in Response to Climate Change,” *Nat. Publ. Gr.*, no. July, pp. 1–8, 2016, doi: 10.1038/srep29587.
- [29] V. J. Ramasiarino, L. Andrianaivo, and E. Rasolomanana, “Landslides and Associated Mass Movements Events in the Eastern Part of Madagascar: Risk Assessment, Land-Use Planning, Mitigation Measures and Further Strategies,” *Madamines*, vol. 4, pp. 28–41, 2012.
- [30] 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.
- [31] Global Forest Watch, “Madagascar,” 2019. Disponible en ligne : www.globalforestwatch.org [Accès le : 28-Sep-2020].
- [32] Ministère de la Santé Publique Madagascar, “Politique nationale de santé,” Antananarivo, Madagascar, 2016.
- [33] WHO, “World Malaria Report 2019,” Rome, Italy, 2019.
- [34] U.S. President’s Malaria Initiative, “Madagascar: Malaria Operational Plan FY 2017,” Washington, D.C., 2017.
- [35] S. Barmania, “Madagascar’s Health Challenges,” *Lancet*, vol. 386, pp. 729–730, 2015.
- [36] WFP, “Madagascar Country Brief August 2020,” Rome, Italy, 2020.

Le 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 auteur·e·s :
Julia Tomalka (PIK),
Stefan Lange (PIK),
Felicita Röhrig (PIK),
Christoph Gornott (PIK)

Contributeurs et contributrices :
Paula Aschenbrenner (PIK),
Abel Chemura (PIK),
Lisa Murken (PIK),
Yiva Hauf (PIK),
Clarissa Kees (GIZ),
Enrico Grams (GIZ),
Sibylla Neer (GIZ),
Josef Haider (KfW)

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

En coopération avec :
KfW Development Bank