

Appendix. 4. French Version of :

Weiskopf, S. R., J. A. Cushing, T. Morelli, and B. J. E. Myers. 2021. Climate change risks and adaptation options for Madagascar. *Ecology and Society* 26(4):36. <https://doi.org/10.5751/ES-12816-260436>



Les risques liés aux changements climatiques et les options d'adaptation pour Madagascar

ABSTRACT. Le changement climatique présente une menace croissante pour atteindre les objectifs de développement et est souvent pris en considération dans les plans de développement et les conceptions de projet. Toutefois, certains défis sont survenus dans la mise en oeuvre effective de ces plans, en particulier dans l'engagement durable des communautés à adopter des mesures d'adaptation, mais aussi en raison d'un manque d'information scientifique pour étayer les décisions de la direction. Malgré sa richesse en ressources naturelles et en biodiversité, Madagascar est un pays accablé par une grande pauvreté, l'insécurité alimentaire, une forte croissance démographique et l'exploitation de ses ressources naturelles. Le pays fait face à des défis en termes de développement et d'environnement qui pourraient être intensifiés par le changement climatique. Ce document a pour but de présenter une synthèse des meilleures informations disponibles concernant les impacts du changement climatique sur les intérêts sectoriels à Madagascar. Pour ce faire, nous avons réalisé une analyse des articles récemment publiés et organisé des entretiens formels avec des agences de développement, des organisations non-gouvernementales (ONG) et d'autres parties prenantes. Les risques climatiques à Madagascar comprennent une hausse des températures, des précipitations plus rares et plus variables, des sécheresses plus fréquentes, des cyclones plus intenses et l'élévation du niveau des océans. Nous avons synthétisé les impacts observés et prévus du changement climatique sur les ressources en eau, l'agriculture, la santé humaine, les écosystèmes côtiers, les pêcheries et les écosystèmes terrestres ainsi que sur les services des écosystèmes, et nous évoquons l'adaptation continue au climat et les mesures d'atténuation. Dans la mesure où les défis et les opportunités sectoriels sont liés, une bonne coordination entre les organismes de développement serait bénéfique, car elle permettrait de nouvelles adaptations au climat et des initiatives d'atténuation.

INTRODUCTION

Les impacts du changement climatique sur les îles à l'échelle mondiale sont importants et exacerbés par leurs caractéristiques géophysiques uniques (Nurse et al. 2014). Dans les îles, les secteurs d'activité majeurs, notamment l'agriculture, l'approvisionnement en eau, les pêcheries, les transports, la santé, la biodiversité et le niveau de vie sont interconnectés et extrêmement vulnérables aux menaces liées à la hausse des températures, à l'élévation du niveau de la mer, aux fluctuations des précipitations et aux variations de gravité et de fréquence des événements extrêmes (Nurse et al. 2014, Veron et al. 2019). Certaines îles, comme Madagascar, sont isolées du continent depuis si longtemps qu'elles abritent un grand nombre d'espèces endémiques, ce qui en fait des contributeurs majeurs de la biodiversité locale et mondiale (Myers et al. 2000, Kier et al. 2009). La fragmentation de l'habitat et la déforestation ont influencé la résilience naturelle des écosystèmes insulaires face aux impacts du changement climatique (Hannah et al. 2008). L'intégration de l'adaptation climatique aux plans de développement est nécessaire pour réduire les multiples effets interconnectés du changement climatique entre les secteurs (Nurse et al. 2014). Madagascar est un parfait exemple de la vulnérabilité des îles au changement climatique. Les impacts sur le climat se font ressentir dans de nombreux secteurs très variés. Madagascar est un pays particulièrement riche en ressources naturelles, compte tenu de sa biodiversité endémique à 90 % (Rakotondravony et al. 2018). L'île de Madagascar a perdu une grande partie de son habitat forestier, ce qui augmente la vulnérabilité des populations, de la biodiversité et des services d'écosystème au changement climatique (Hannah et al. 2008). Chesney and Moran et al. (2016) ont développé un modèle de sécurité climatique pour cartographier la vulnérabilité au

changement et les préoccupations en termes de sécurité. Les résultats suggèrent que Madagascar possède des capacités de gouvernance modérées à faibles pour faire face aux défis liés au climat et qu'il s'agit globalement de l'un des pays d'Afrique les plus vulnérables aux effets du changement climatique.

Sur le plan démographique, la population de Madagascar connaît une croissance rapide, estimée à 2,39 % par an (CIA 2020). La population est essentiellement rurale (61 %) et le produit national brut (PNB) par habitant en 2017 était estimé à 1 600 USD (PNUD 2015, CIA 2020). Au niveau économique, trois quarts environ de la population de Madagascar vit sous le seuil national de pauvreté et le pays est confronté à une baisse annuelle de 9 à 10 % du PNB en raison de la dégradation de l'environnement (OMS 2016, Rakotondravony et al. 2018). L'agriculture représente 25 % du PNB et 80 % des emplois (CPGU et BNCCC 2017). Il règne une très forte insécurité alimentaire en raison d'une faible productivité agricole et d'une baisse des revenus, des chocs climatiques récurrents, de l'instabilité politique et de la pauvreté des foyers (Harvey et al. 2014, Rakotondravony et al. 2018). Les éléments de stress agricoles varient d'une région à l'autre en raison des conditions climatiques variables à travers l'île. Par exemple, la sécheresse est un problème majeur au sud de Madagascar, alors que les inondations sont plus préoccupantes dans l'est de l'île (entretiens avec les Services du Secours catholique (SSC) et l'Agence de Développement et de Secours Adventiste (ADRA)). Les événements météorologiques extrêmes sont un responsable majeur de la pauvreté persistante, en particulier dans les zones rurales (CPGU et BNCCC 2017).

En 2010, Madagascar a adopté une politique nationale de lutte contre le changement climatique qui vise à renforcer la résilience

nationale au changement climatique, à réduire la vulnérabilité nationale et à développer des approches en vue de réduire les émissions de carbone (Cochrane et al. 2019). Un plan d'adaptation national (PAN) est en cours de préparation (CPGU et BNCCC 2017, Cochrane et al. 2019). Pour soutenir le développement et la mise en œuvre du PAN, il est nécessaire de baser les décisions de conservation et d'adaptation sur les impacts du changement climatique sur les secteurs liés à la santé humaine et à la biodiversité (Hannah et al. 2008). Un groupe de travail précédent avait évalué les impacts potentiels du changement climatique sur les écosystèmes et le bien-être humain à Madagascar et fait des recommandations portant notamment sur la protection et la restauration de l'environnement, la gestion intégrée des zones côtières et l'intensification et la diversification agricoles (Conservation International et WWF 2008). Il est temps de procéder à une nouvelle évaluation de la littérature pour que les plans d'adaptation reflètent l'état actuel de la science du changement climatique. Pour répondre à ce besoin, l'objectif principal de ce travail est de fournir une synthèse mise à jour des meilleures informations disponibles concernant les tendances documentées et projetées et les impacts du changement climatique sur des secteurs spécifiques à Madagascar et pour fournir des options d'adaptation potentielles. Nous nous concentrons spécifiquement sur l'adaptation (c'est-à-dire la gestion des effets du changement climatique) plutôt que sur l'atténuation (c'est-à-dire la réduction des émissions), même si certaines actions (telles que la réduction de la déforestation) sont importantes à la fois en termes d'adaptation et d'atténuation. Nous examinons la littérature et rapportons sur les discussions en personne et par téléphone avec des parties prenantes clés du gouvernement malgache, de grandes agences internationales de développement et des ONG locales et internationales. L'examen et les entretiens ont porté sur les impacts du changement climatique au niveau national, ainsi que sur ses effets sur six secteurs essentiels : les ressources en eau, l'agriculture, la santé humaine, les écosystèmes côtiers, les pêcheries et les écosystèmes terrestres, ainsi que les services d'écosystèmes.

MÉTHODES

Révision de la littérature Une révision de la littérature a été entreprise en janvier 2020 en utilisant Publish or Perish (Harzing 2007) pour initier des recherches dans Google Scholar. Les années considérées étaient de 2014 à 2020 pour capturer la littérature la plus récente. Les chaînes de recherche suivantes ont été saisies dans le champ « mots clés » et ont retourné le nombre suivant d'articles révisés par des pairs :

- Agriculture : « Madagascar » ET « agriculture » ET (« changement climatique » OU « réchauffement planétaire ») ET (« température » OU « précipitations » OU « sécheresse » OU « élévation du niveau des mers » OU « cyclones » OU « événements météorologiques majeurs »).
- 996 résultats
- Biodiversité : « Madagascar » ET « écosystème » OU (« biodiversité » OU « forêt ») ET (« changement climatique » OU « réchauffement planétaire ») ET (« température » OU « précipitations » OU « sécheresse » OU « élévation du niveau des mers » OU « cyclones » OU « événements météorologiques extrêmes »).
- 550 résultats

- Santé humaine : « Madagascar » ET (« santé » OU (« maladie ») ET (« changement climatique » OU « réchauffement planétaire ») ET (« température » OU « précipitations » OU « sécheresse » OU « élévation du niveau des mers » OU « cyclones » OU « événements météorologiques majeurs »).
- 986 résultats
- Côtes : « Madagascar » ET (« côtes » OU « élévation du niveau des mers » OU « tempête ») ET (« changement climatique » OU « réchauffement planétaire »). 940 résultats
- Ressources en eau : « Madagascar » ET (« Ressources en eau » OU « disponibilité de l'eau » OU « approvisionnement en eau ») ET (« changement climatique » OU « réchauffement planétaire » OU « sécheresse »).
- 999 résultats
- Pêcheries : « Madagascar » ET (« poissons » OU « pêcheries » OU « aquaculture ») ET (« changement climatique » OU « réchauffement planétaire ») ET (« température » OU « précipitations » OU « sécheresse » OU « élévation du niveau des mers » OU « cyclones » OU « événements météorologiques extrêmes »).
- 1000 résultats

Nous avons procédé à une analyse systématique des 100 articles les plus pertinents et des 50 articles les plus cités. Nous avons d'abord lu les titres et des extraits des articles, en excluant les articles qui n'étaient pas liés aux impacts du changement climatique ou aux stratégies de gestion dans la région. Nous avons réalisé des analyses de texte complètes de tous les articles dont le titre et les extraits étaient pertinents (106 articles).

Notre recherche initiale sur la littérature a été menée en anglais, ce qui a pu nous faire manquer certaines recherches pertinentes publiées en français, en malgache ou dans une autre langue. Toutefois, outre notre recherche formelle dans la littérature, nous avons aussi examiné les rapports et les documents de présentation du projet qui nous avaient été envoyés de manière opportune par des groupes de parties prenantes, y compris une analyse en français de la littérature récente sur le changement climatique à Madagascar (Rakotondravony et al. 2018). Cela a abouti à l'inclusion de 19 documents supplémentaires dans la révision.

Discussions avec les parties prenantes

Outre la recherche sur la littérature, l'équipe du projet a passé trois semaines à Madagascar en février-mars 2020, à réaliser des discussions formelles avec les parties prenantes (voir l'Annexe 1 pour la liste des personnes interrogées). Au cours de ces réunions, nous avons abordé les impacts du changement climatique sur les secteurs d'intérêt, les activités actuelles d'adaptation au changement climatique et les lacunes en termes d'informations. L'Annexe 2 contient une liste de questions qui ont été envoyées aux parties prenantes à l'avance afin de guider la discussion. L'équipe a également organisé plusieurs visites de sites de projets d'adaptation en cours.

Synthèse

Nous avons synthétisé de manière qualitative les informations sur les impacts du changement climatique à Madagascar obtenues lors de l'examen de la littérature. Nous discutons des tendances générales et fournissons des exemples pertinents, en notant les domaines d'incertitude dans lesquels des observations et des

projections manquent de clarté ou ne concordent pas. Lorsque cela était pertinent, nous avons utilisé des informations issues des discussions avec les parties prenantes pour compléter notre examen de la littérature, principalement pour fournir des exemples d'activités d'adaptation ou des défis en cours. Dans l'ensemble du texte, nous citons des observations obtenues lors des entretiens comme « (entretien avec nom de l'organisation). »

RÉSULTATS

Climat actuel et changement climatique à Madagascar

Le climat de Madagascar varie dans l'ensemble de l'île (Tadross et al. 2008, Rakotoarison et al. 2018, Raholijao et al. 2019). Sur la côte est, le climat est chaud et humide et les précipitations varient de 1 100 à 3 700 mm par an. La plupart des précipitations surviennent de janvier à avril et la température moyenne annuelle se situe entre 23 et 26 °C. Sur la côte ouest, le climat est tropical et avec des étés chauds et secs. Les précipitations annuelles varient de 1 500 à 400 mm par an du nord au sud le long de la côte ouest. La saison sèche se situe d'avril à octobre, et la température moyenne annuelle varie entre 24 et 27 °C. Le sud-ouest de l'île est semi-aride, avec 500 à 700 mm de précipitations par an. Sur les hauts plateaux centraux, les variations en cours d'année sont importantes en termes de température (16 à 22 °C) et de précipitations (900 à 1 500 mm) ; Rakotondravony et al. 2018). La région du nord et du nord-ouest possède un climat tropical avec une mousson qui augmente les précipitations en été (Rakotoarison et al. 2018, Raholijao et al. 2019).

Tendances en termes de température

Les températures de l'air et des eaux côtières observées ont augmenté à Madagascar (Niang et al. 2015, Cochrane et al. 2019, Raholijao et al. 2019). Les températures maximales de l'air ont augmenté à raison de 0,23 °C par décennie et les températures de la surface de la mer dans l'ouest de l'océan Indien ont augmenté de 0,60 °C entre 1950 et 2009 (Raholijao et al. 2019). Les températures moyennes, maximales et annuelles projetées devraient augmenter dans tous les scénarios d'émission de gaz à effet de serre (Rakotondravony et al. 2018). Dans un scénario d'émissions élevées (parcours de concentration représentatifs, c'est-à-dire RCP 8,5), la température annuelle moyenne devrait augmenter de 4,1 °C d'ici à 2100 (OMS 2016), un chiffre supérieur à celui des estimations précédentes (Tadross et al. 2008). Dans un scénario dans lequel les émissions seraient nettement réduites, voire inversées (RCP 2.6), le réchauffement pourrait être limité à 1,1 °C (OMS 2016).

La tendance au réchauffement de l'océan dure au moins depuis 2005 (IPCC 2019). D'ici 2100, l'océan devrait très probablement se réchauffer de deux à quatre fois plus dans le scénario RCP 2.6 et de cinq à sept fois plus dans le scénario RCP 8.5 par rapport aux changements précédents observés depuis 1970 (IPCC 2019).

Tendances en termes de précipitations

Les pluies annuelles ont diminué sur la plupart des stations météorologiques à Madagascar, même si cette tendance est faible par rapport à la variabilité en cours d'année (Raholijao et al. 2019). Dans la partie ouest de l'île, les précipitations sont devenues plus intenses (Rakotondravony et al. 2018) et des précipitations plus extrêmes sont attendues dans certaines parties de l'île (Chesney et Moran 2016). On prévoit également plus de jours de sécheresse. Dans un scénario de fortes émissions, les périodes de sécheresse les plus longues devraient augmenter d'environ 20 jours

en moyenne d'ici à 2100 (OMS 2016). Les tendances météorologiques locales peuvent aussi être affectées par la déforestation et le changement d'utilisation des terres (Ghulam 2014).

Élévation du niveau des mers

L'élévation du niveau des mers à Madagascar a atteint 1,57 mm par an entre 1993 et 2017 (Raholijao et al. 2019). L'élévation mondiale du niveau des mers devrait être plus importante d'ici la fin de ce siècle dans tous les scénarios, y compris ceux qui sont compatibles avec la réalisation de l'objectif à long terme pour la température défini dans le cadre des Accords de Paris (IPCC 2019). Les prévisions avec un degré de confiance moyen indiquent que le niveau moyen des mers dans le monde augmentera de 0,43 m (0,29 à 0,59 m ; RCP 2.6) à 0,84 m (0,61 à 1,10 m ; RCP 8.5) d'ici 2100 par rapport à la période 1986-2005. L'élévation relative du niveau des mers dépend d'un certain nombre de facteurs. Les variations par rapport à la moyenne mondiale peuvent être supérieures à $\pm 30\%$ dans les régions de déplacement terrestres verticaux rapides, notamment ceux qui sont provoqués par les facteurs anthropogéniques locaux comme l'extraction des eaux souterraines. Le niveau mondial moyen des mers, associé aux marées, aux ondes de tempête et aux vagues extrêmes, a un impact sur les communautés côtières. Ces événements extrêmes deviendront probablement plus fréquents à l'avenir (Oppenheimer et al. 2019).

Cyclones et sécheresse

Madagascar est le pays d'Afrique le plus exposé aux cyclones ; il subit actuellement trois à quatre cyclones par an entre novembre et avril (Rakotoarison et al. 2018). Les régions est, nord-est et ouest sont les plus affectées par les cyclones (Mavume et al. 2010). Comme l'indiquaient déjà les résultats antérieurs (Tadross et al. 2008), l'intensité des cyclones devrait augmenter à l'avenir (Delille 2011, CPGU et BNCCC 2017, Rakotoarison et al. 2018), alors que la fréquence des cyclones tropicaux qui touchent Madagascar devrait augmenter dans les scénarios de hausse des températures de 1 °, 2 ° et 3 °C (Malherbe et al. 2013, Muthige et al. 2018). On a également noté un déplacement vers le sud de la localisation du passage des cyclones, qui devrait se poursuivre (Fitchett and Grab 2014, Cattiaux et al. 2020). Les prévisions au sujet d'une saison des cyclones plus violente et plus imprévisible pourraient rendre l'adaptation des populations locales plus difficile et augmenter les risques de destruction des emplois et des vies (Shultz et al. 2005, Hsiang and Jina 2014). Les sécheresses les plus courantes touchent le sud de Madagascar, mais peuvent aussi se produire sur les hauts plateaux du centre et dans la région de l'est (CPGU et BNCCC 2017, Rakotoarison et al. 2018). Les sécheresses sont devenues plus fréquentes dans la partie sud de l'île (OMS 2016) et ont légèrement augmenté dans les régions nord de Madagascar de 1951 à 2010 (Spinoni et al. 2014). L'évapotranspiration a nettement augmenté sur certaines stations météorologiques entre 1980 et 2010, ce qui, associé à la réduction des pluies, pourrait engendrer une augmentation des conditions de sécheresse (Djaman et al. 2018). La déforestation et la mauvaise utilisation des terres ont exacerbé les dommages causés par les inondations (Rakotondravony et al. 2018).

Impacts du changement climatique sur les zones d'intérêt de l'Agence de développement à Madagascar

Nous fournissons un aperçu des effets du changement climatique sur les ressources en eau, l'agriculture, la santé humaine, les

écosystèmes côtiers, les pêcheries et les écosystèmes terrestres à Madagascar. Pour chaque secteur, nous examinons les effets observés et projetés du changement climatique et discutons des options d'adaptation en cours ou potentielles. Des exemples spécifiques des six secteurs sont présentés dans la Figure 1.

Ressources en eau

Madagascar traverse actuellement l'une des pires crises d'approvisionnement en eau au monde, avec de nombreux défis associés à l'infrastructure de gestion de l'eau (Rakotondravony et al. 2018, Serele et al. 2019). Seuls 27 % des foyers disposent d'eau potable et 45 % des personnes boivent de l'eau non améliorée ou de surface (OMS et UNICEF 2017). 45 % des personnes environ pratiquent la défécation à l'air libre (OMS et UNICEF 2017). En 2018, on estime que 66 % des populations rurales et 49 % des populations urbaines étaient privées d'eau potable (Serele et al. 2019).

En général, les secteurs de l'eau et de l'assainissement se caractérisent par une gestion médiocre de l'eau. Il existe de nombreuses inadéquations en matière de réduction des risques d'inondation, d'exposition à la pollution, de comportement de la population générale, d'affectations budgétaires et d'application des règlements. Les installations d'assainissement sont limitées au périmètre des grandes villes ; bon nombre d'entre elles ont dépassé leur durée de vie prévue et nécessitent des réparations. De nombreux foyers ne disposent pas de l'infrastructure nécessaire pour éliminer les déchets, y compris les excréments ; des dizaines de milliers de mètres cubes de déchets sont déversés dans le réseau urbain sans traitement. Outre une mauvaise qualité de l'eau, cela provoque des maladies générées par l'eau qui sont les principales causes de maladie et de décès. D'autres pressions naturelles et anthropogéniques telles que la déforestation, l'érosion et l'intrusion d'eau de mer exacerbent ces problèmes (García-Ruiz et al. 2017, Rakotondravony et al. 2018). L'érosion et la sédimentation excessive qu'elle engendre peuvent endommager les ponts, les digues d'irrigation et les réservoirs, entraînant d'énormes coûts de maintenance de l'infrastructure (García-Ruiz et al. 2017).

Dans la mesure où la majorité de la population utilise principalement l'eau de surface, l'approvisionnement en eau dépend fortement des précipitations et est sensible à toute perturbation du climat, y compris les baisses prévues des pluies annuelles et l'augmentation de l'évapotranspiration. En outre, l'élévation du niveau des mers pourrait augmenter l'intrusion d'eau de mer dans les eaux souterraines le long de certaines régions côtières. Ces changements risquent d'aggraver le problème de disponibilité de l'eau (Rakotondravony et al. 2018).

Dans la région d'Antananarivo, l'eau de surface pourrait ne plus suffire à répondre aux besoins d'ici 2025, à plus forte raison en 2050 ou 2100 (Rakotondravony et al. 2018). Le sud de Madagascar en général connaît des précipitations irrégulières et un climat aride, avec un accès très médiocre à l'eau pour la consommation domestique et agricole, ce qui en fait l'une des régions du pays les plus exposées à des pressions liées à l'eau (Serele et al. 2019 ; Fig. 1). Pendant la saison sèche, les eaux souterraines (qui constituent la principale source d'eau au sud-ouest de Madagascar) deviennent encore plus limitées, ce qui aboutit à des pratiques d'hygiène extrêmement médiocres et à une

très forte pression sur les points d'eau opérationnels. Cinquante pour cent des habitants du sud de Madagascar, soit environ 1,5 million de personnes, ont eu besoin d'une assistance humanitaire en 2020 (PAM 2020). Le rechargement des nappes phréatiques est fortement influencé par les précipitations et, dans certains cas, dépend fortement des pluies liées à des événements extrêmes (c'est-à-dire les cyclones et les tempêtes tropicales ; Carrière et al. 2021).

Activités d'adaptation au climat sur le terrain et autres opportunités :

Les stratégies possibles d'adaptation au climat peuvent inclure l'organisation et la gestion durable de l'infrastructure d'eau, avec un accès amélioré à l'eau potable (Rakotondravony et al. 2018). Plusieurs organisations s'efforcent d'améliorer la récupération des eaux de pluie ou d'investir dans des points d'eau locaux pour fournir un accès au niveau des communautés. La fourniture d'eau au niveau local pourrait être plus efficace compte tenu des défis actuels pour la gouvernance associés à la gestion de conduites plus grosses (entretien avec l'ADRA). L'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID) s'efforce d'améliorer la gouvernance de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène (WASH), de développer des partenariats public-privé pour améliorer la disponibilité et l'assainissement de l'eau et de promouvoir les messages et la sensibilisation aux comportements clés en matière d'assainissement et d'hygiène (entretien USAID WASH). Le développement d'une gestion intégrée des ressources en eau pour les bassins hydrographiques, y compris l'approvisionnement en eau, les inondations et la sécheresse, serait également bienvenu, même si la gestion des besoins immédiats a pris le dessus (entretien USAID WASH).

Agriculture

62 % environ de la population de Madagascar vit en milieu rural et compte principalement sur l'agriculture pour sa sécurité alimentaire et les revenus des foyers (CIA 2020). La faible disponibilité des terres et une capacité d'investissement limitée ont conduit une bonne partie de ces habitants à conserver les pratiques agricoles traditionnelles de culture sur brûlis, avec une faible utilisation des ressources agricoles, des pratiques limitées de conservation des sols et une utilisation médiocre de l'infrastructure hydro-agricole (Delille 2011, Harvey et al. 2014, Desbureaux and Damania 2018, Llopis 2018, Rakotondravony et al. 2018). De nombreux agriculteurs exploitent des terres à faible productivité pour cultiver des récoltes alimentaires essentielles comme le riz, le manioc, le maïs et la patate douce (Rakotondravony et al. 2018), et la plupart d'entre eux ne produisent pas suffisamment de riz (une denrée alimentaire de base pour la plupart des Malgaches) pour nourrir leur famille pendant toute l'année (Harvey et al. 2014). Les pressions anthropogéniques sur l'agriculture, telles que la déforestation et l'ensablement, ont dégradé les ressources naturelles, notamment les sols, l'eau et la biodiversité (García-Ruiz et al. 2017, Rakotondravony et al. 2018). Les petits agriculteurs sont particulièrement vulnérables aux chocs climatiques en raison de leur dépendance vis-à-vis d'une agriculture pluviale, de surfaces de culture limitées, d'un niveau élevé de pauvreté, de l'insécurité alimentaire et du manque d'informations et de ressources pour se préparer à faire face aux événements extrêmes (Harvey et al. 2014, Rakotobe et al. 2016).

Les récoltes peuvent répondre de manière positive à des concentrations élevées de CO₂, mais le caractère de plus en plus variable des précipitations, les cyclones plus intenses et la hausse des températures peuvent réduire la production agricole (Lal et al. 2015). Des précipitations trop abondantes peuvent provoquer des maladies des récoltes, alors que des pluies insuffisantes peuvent générer une catastrophe pour les cultures pluviales (Amusan and Odimegwu 2015). Par exemple, on prévoit une diminution de la production de maïs dans de vastes régions de Madagascar en raison d'une baisse des précipitations (Shi and Tao 2014, Ngwakwe 2019). La réduction des précipitations et une saison sèche plus longue devraient diminuer la période de croissance de jusqu'à 50 jours d'ici 2100, en particulier au sud et à l'ouest de Madagascar (Chesney and Moran 2016, Rakotondravony et al. 2018). Dans certaines régions, les agriculteurs ont déjà signalé une réduction de la saison des pluies (Delille 2011). Les sécheresses peuvent également favoriser les invasions de criquets pèlerins qui peuvent s'abattre sur de vastes territoires et détruire des champs entiers, même si ce problème est également impacté par des mesures de contrôle des criquets (Gay-des-Combes et al. 2017). Madagascar devrait également devenir un territoire plus propice aux nuisibles du manioc (Niang et al. 2015).

Les cyclones peuvent détruire des cultures ; les inondations qu'ils génèrent, en particulier dans les zones à forte déforestation, peuvent laisser derrière elles une couche de sable qui rend les terres incultivables (Llopis 2018). Les fortes pluies, y compris celles qui sont associées aux cyclones, intensifient l'appauvrissement des sols en éléments nutritifs, en particulier si les agriculteurs n'utilisent pas de cultures de couverture (Gay-des-Combes et al. 2017).

Après l'agriculture, l'élevage est la deuxième activité la plus importante à Madagascar (Rakotondravony et al. 2018). Le bétail est utilisé pour l'alimentation et comme source d'épargne. Même si les impacts du changement climatique sur la production de bétail restent limités actuellement, les évolutions prévues en termes de température, de quantité et de répartition des précipitations, pourraient avoir des effets directs et indirects sur le bétail (Thornton et al. 2015). Au-dessus de 30 °C, les animaux tendent à moins se nourrir. Les variations des précipitations pourraient nuire à la qualité et à la quantité du fourrage et réduire la capacité d'élevage des exploitations. Les interactions avec d'autres éléments de stress tels que la dégradation des terres d'élevage, la variabilité de l'accès à l'eau et la fragmentation des zones de pâturages pourraient accentuer les effets générés par le climat (Niang et al. 2015).

Activités d'adaptation au climat sur le terrain et autres opportunités :

Diversification des modes de vie et des espèces :

Pour faire face aux conditions changeantes, les agriculteurs pourraient s'adapter en diversifiant leur mode de vie, soit en optant pour des récoltes secondaires, soit en se lançant dans d'autres activités comme la pêche, l'artisanat ou la manutention (Delille 2011). L'utilisation de cultivars de récoltes et de races de bétail résistantes à la sécheresse, aux nuisibles, aux mauvaises herbes et/ou aux inondations pourrait également constituer une approche efficace (Thornton et al. 2015, Zougmore et al. 2018).

Par exemple, les variétés récentes de riz ou de maïs résistantes à la sécheresse et à cycle de récolte court ont permis à certains agriculteurs de bénéficier d'une saison de récolte supplémentaire (Delille 2011). Malgré la promesse de développement de nouvelles variétés de récoltes, des défis inattendus pourraient entraver leur mise en œuvre, notamment l'utilisation imprévue des graines, par ex. la consommation directe des graines (entretien avec le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD)).

Modification des pratiques et des infrastructures agricoles :

Le changement des calendriers d'ensemencement peut permettre d'augmenter les récoltes et les agriculteurs de Madagascar ont déjà déclaré gérer leur calendrier d'ensemencement pour éviter les saisons à risque (Delille 2011, Dawson 2016, Kruger 2016). Dans certaines régions, le changement de date d'ensemencement pourrait ne pas être efficace, car les précipitations sont plus irrégulières et des sécheresses peuvent survenir en milieu de saison (entretien avec le Groupement Semis Direct Madagascar (GSDM)). La mise en place de systèmes d'avertissement précoce qui fournissent des informations sur la date, la durée et la quantité de précipitations serait utile pour aider les agriculteurs à déterminer leur calendrier d'ensemencement et les récoltes à choisir (Asafu-Adjaye 2014). L'agence allemande pour le développement, Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) a ouvert une ligne d'assistance qui fournit un calendrier des plantations agricoles concernant les arachides, les oignons, le riz, le maïs et le gingembre en fonction de la situation géographique de la personne qui appelle (entretien avec le GIZ).

L'amélioration de l'infrastructure d'eau et la promotion de l'irrigation à petite échelle ou à échelle moyenne pourraient aider les agriculteurs à gérer les précipitations variables (Asafu-Adjaye 2014). L'amélioration des stratégies de conservation des sols et des eaux pourrait aussi constituer une approche efficace (Dawson 2016, Desbureaux and Damania 2018, Zougmore et al. 2018). La modernisation de l'infrastructure de production, l'intensification de la production et la fourniture de formations et d'assistance technique pour promouvoir l'adoption de nouvelles techniques ou technologies pourraient aussi aider les agriculteurs à s'adapter (Asafu-Adjaye 2014, Rakotondravony et al. 2018).

L'utilisation de méthodes de fertilisation qui augmentent la teneur des sols en matières organiques, la protection contre l'érosion (par exemple par la reforestation ou les plantations de couverture) ou l'utilisation de paillis ou de compost pourraient être utiles en ce qui concerne la réduction des éléments nutritifs dans les sols (Delille 2011, Gay-des-Combes et al. 2017). Les autres options d'adaptation comprennent l'utilisation de l'agroforesterie et la mise en œuvre d'assurances agricoles pour atténuer les chocs liés au climat (Zougmore et al. 2018).

Agriculture intelligente :

Deux pratiques majeures d'agriculture intelligente adaptée au climat, qui pourraient être efficaces lorsque les récoltes sont principalement limitées par l'humidité des sols, sont l'agriculture de conservation et le système d'intensification du riz (SRI; Corbeels et al. 2014, Lima 2014, Penot et al. 2018). L'agriculture de conservation consiste à maintenir la couverture des sols et à pratiquer la rotation des récoltes. Dans certains cas, elle implique aussi les semis directs ; cela a permis d'améliorer la qualité des

sols et d'augmenter la résistance aux événements climatiques, y compris les précipitations erratiques (entretien dans le village de Kirindy). La préservation des résidus des récoltes grâce à l'agriculture de conservation pourrait aussi être une technique d'adaptation efficace pour le bétail (Thornton et al. 2015). Le système d'intensification du riz utilise des techniques d'amélioration des conditions des sols, de l'eau et des nutriments afin d'augmenter le volume des récoltes sans hausse des coûts (Lima 2014). Le système d'intensification du riz peut augmenter la production de riz de 25 à 100 % et réduire la consommation d'eau de 25 à 50 %. Les agriculteurs déclarent que les récoltes utilisant le système d'intensification du riz sont plus résilientes face aux contraintes liées à l'eau et à la température et supportent mieux les vents forts et les pluies abondantes de tempête (Andrea Mboyerwa 2018).

Accès aux marchés :

Les agriculteurs ont parfois du mal à trouver des acheteurs pour leurs produits, notamment en raison d'intermédiaires qui paient parfois les récoltes à bas prix (entretien dans le village de Kirindy). L'identification et l'élimination des obstacles non-climatiques pour permettre aux agriculteurs d'accéder au marché pourrait faciliter leur adaptation (entretien avec le GIZ). Plusieurs organisations (telles que le GIZ, Conservation International (CI), l'USAID et Prosperer) préconisent les chaînes de valeur des récoltes et l'accès au marché. Par exemple, le programme Prosperer, sous la direction du ministère malgache de l'agriculture, du bétail et des pêcheries, soutient les micro-entreprises afin de créer des liens entre les producteurs ruraux et les opérateurs du secteur privé (entretien avec Prosperer).

Santé humaine

Le manque de soins de santé adéquats et de prévention des maladies, la malnutrition et la pauvreté accroissent la vulnérabilité de nombreux habitants de Madagascar aux effets du changement climatique. La plus grande partie de la population ne dispose pas d'un accès à des services de santé adéquats ; par exemple, 40 % de la population rurale se trouve à plus de cinq kilomètres d'un établissement de santé et ne dispose d'aucun moyen de transport, et les mauvaises conditions météorologiques peuvent compliquer encore l'administration des soins de santé dans les régions isolées. Si les routes deviennent infranchissables à la suite d'intempéries, la fourniture de soins médicaux dans les centres de santé peut être limitée (entretien avec le Centre de Santé de Base (CSB2) de Morondava). De nombreux établissements de santé manquent également de ressources humaines et d'équipements, voire d'électricité et d'eau dans certains cas (entretien avec le CSB2 à Morondava). Les catastrophes naturelles peuvent provoquer des dommages considérables dans le secteur de la santé chaque année et leurs effets se font ressentir longtemps après l'événement. D'une manière générale, le pays manque de ressources pour se préparer correctement, répondre et récupérer après les dommages causés par des événements extrêmes (Rakotoarison et al. 2018).

Les maladies sont la principale cause de morbidité et de mortalité à Madagascar ; bon nombre d'entre elles sont sensibles aux conditions climatiques (Rakotoarison et al. 2018). L'accès aux équipements d'assainissement et à l'approvisionnement en eau est faible, de même que la connaissance des populations rurales concernant les risques liés aux maladies contagieuses,

diarrhéiques et respiratoires aigus. Les épidémies de maladies contagieuses se produisent souvent à la suite d'événements climatiques extrêmes et les maladies liées à l'eau deviennent plus fréquentes lorsque les voies d'eau sont contaminées à la suite d'inondations plus fréquentes et intenses (CPGU et BNCCC 2017, Rakotondravony et al. 2018).

Le changement climatique peut affecter directement la santé à Madagascar. L'augmentation d'événements extrêmes peut réduire la qualité de vie, en particulier pour les habitants qui ne disposent pas d'un habitat adéquat (Davis-Reddy et Vincent 2017). La hausse des températures et les canicules pourraient augmenter la mortalité liée à la chaleur, en particulier parmi les personnes âgées, les jeunes enfants, les malades chroniques et les personnes pauvres. Dans un scénario d'émissions élevées, les décès dus à la chaleur parmi les personnes de 65 ans et plus pourraient augmenter jusqu'à 50 morts/100 000 habitants d'ici 2080, contre la moyenne de 1 mort/100 000 habitants entre 1961 et 1990 (OMS 2016). En outre, les températures élevées peuvent réduire l'efficacité de certains médicaments et vaccins, comme la vitamine A et les tests de la malaria, s'ils ne sont pas stockés dans des réfrigérateurs, ce qui peut représenter un défi pour les centres de santé privés d'électricité (entretien avec le CSB2 de Morondava). Les températures élevées et la sécheresse peuvent aussi provoquer des pénuries d'eau.

La hausse du niveau des océans et les inondations sont des préoccupations supplémentaires. Actuellement, 27 % des habitants vivent dans des zones situées à moins de 100 m d'altitude (Davis-Reddy et Vincent 2017). Faute d'investissements majeurs dans des mesures d'adaptation, plus de 570 000 personnes devraient être touchées par la hausse du niveau des mers entre 2070 et 2100 dans un scénario d'émissions élevées (OMS 2016). Les risques d'inondation dans les terres provoqués par les rivières devraient également augmenter (OMS 2016).

Maladie :

La baisse de la productivité agricole et les événements extrêmes pourraient augmenter l'insécurité alimentaire. Par exemple, les événements extrêmes peuvent réduire la production agricole et interrompre les chaînes d'approvisionnement alimentaires (Rakotoarison et al. 2018). Sans des efforts majeurs d'adaptation, le risque de famine et de malnutrition pourrait augmenter de 20 % d'ici 2050 (OMS 2016) ; cette malnutrition peut entraîner des conséquences à vie sur le développement et la santé (Davis-Reddy et Vincent 2017). De plus, les personnes mal nourries sont plus susceptibles de tomber malades (visite du site de Morondava).

La température, les précipitations et l'humidité peuvent influencer la propagation des maladies en modifiant le cycle de vie et la portée des vecteurs de maladie et en affectant la transmission des maladies communiquées par l'eau et l'alimentation (OMS 2016). La hausse prévue des températures à Madagascar devrait augmenter la transmission des maladies portées par des vecteurs sensibles au climat comme la malaria, la dengue, le chikungunya et la fièvre jaune dans de nombreuses régions (Rakotoarison et al. 2018 ; Fig. 1). La répartition des moustiques vecteurs du virus du Nil occidental et de la filariose lymphatique devrait également augmenter (Samy et al. 2016). Les infections respiratoires aigües, les maladies diarrhéiques, la malnutrition et la malaria (toutes figurant parmi les 10 principales causes de morbidité dans les

cliniques ambulatoires des centres de santé de base) devraient augmenter dans de nombreuses régions.

Le nombre de cas de malaria et de décès liés à cette maladie à Madagascar a augmenté ces dernières années, en raison notamment d'une réduction du budget affecté au contrôle de la malaria et de la détérioration générale de la santé à la suite du coup d'état de 2009. Les changements climatiques à venir pourraient faciliter à la fois l'expansion des moustiques vecteurs de la malaria dans des régions où ils ne sont pas présents actuellement et créer des conditions de températures plus favorables à la transmission sur les hauts plateaux (Caminade et al. 2014, Ryan et al. 2015, Rakotoarison et al. 2018). Dans un scénario de réchauffement à fortes émissions, on estime que 46 millions de personnes à Madagascar seraient exposées au risque de la malaria d'ici 2070. Même si cette hausse est due en partie à la croissance démographique, un scénario à faibles émissions réduit le nombre de personnes à risque d'environ 5 millions (OMS 2016).

Peste :

Madagascar abrite un tiers des cas de peste signalés à travers le monde ; elle survient principalement dans les régions situées à plus de 800 m d'altitude (Kreppel et al. 2014, 2016) La peste est provoquée par la bactérie *Yersinia pestis*, qui est principalement transmise entre des hôtes rongeurs invasifs par les puces. Les êtres humains peuvent être infectés lorsqu'ils entrent en contact avec les puces ou avec des tissus animaux infectés (Kreppel et al. 2014). La plupart des cas de peste surviennent au cours de la saison chaude et humide, de septembre à mars. Les températures plus élevées peuvent influencer le taux de développement à la fois des bactéries et des puces, et les températures plus chaudes alliées à de fortes précipitations ont été associées à une hausse des cas de peste à Madagascar (Kreppel et al. 2014). Toutefois, comme la peste se manifeste principalement dans les régions fraîches d'altitude et est absente dans les zones chaudes et basses, le changement climatique pourrait réduire l'incidence de la peste à mesure que ces zones deviendront trop chaudes (Kreppel et al. 2016).

Activités d'adaptation au climat sur le terrain et autres opportunités :

Quatre régions (Atsimo-Atsinanana, Androy, Anosy et Analanjirofo) se sont avérées fortement vulnérables aux impacts du changement climatique sur la santé (Rakotoarison et al. 2018 ; Fig. 1). Les mesures d'adaptation pourraient inclure l'intégration de la gestion des risques aux activités du système de santé (par ex. l'augmentation de la capacité de réponse aux catastrophes) et le renforcement de la résilience des populations (notamment par une augmentation de la capacité des services de santé de base). Par exemple, les ONG Impact, Mahefa Miaraka et Access s'efforcent d'améliorer l'accès aux services de santé de base comme le traitement de la malaria, le planning familial et la santé de la mère et de l'enfant à Menabe (entretien CSB2 au Centre de santé de Morondava). Dans la mesure où certains villages sont éloignés des centres de santé, des agents de la communauté peuvent fournir les soins de base aux populations et sont formés à traiter la diarrhée, la malaria, les maladies respiratoires et le planning familial (visite du site de Morondava). La réduction de la vulnérabilité au niveau des foyers, y compris l'amélioration du

niveau de vie, l'accès à l'infrastructure de soins de santé et l'amélioration de l'éducation/l'alphabétisation, constitue une mesure d'adaptation importante (Rakotoarison et al. 2018). En ce qui concerne les maladies telles que la malaria, l'augmentation des efforts de contrôle et de la sensibilisation à la maladie pourrait être efficace (Rakotondravony et al. 2018).

Écosystèmes côtiers

Madagascar possède l'un des plus hauts niveaux de biodiversité corallienne de l'océan Indien, abrite la quatrième plus vaste superficie de mangrove d'Afrique et 8 des 60 variétés d'algues marines au monde s'y développent. De nombreux facteurs de stress non liés au climat réduisent la résilience de ces systèmes au changement climatique. Le changement climatique aura aussi des effets indirects sur cet écosystème ; par exemple, les populations de mammifères marins migrateurs depuis l'océan Indien devraient être affectés par le changement climatique pendant leur saison d'alimentation dans les régions polaires (Rakotondravony et al. 2018). Nematchoua et al. (2018) a signalé des observations d'espèces marines en déclin (mollusques, crustacés) lors des activités saisonnières et de la migration. Ces effets, ajoutés aux autres facteurs comme le manque de surveillance et de protection maritime et côtière ; l'accrétion côtière ; l'urbanisation ; la croissance démographique ; la pauvreté ; les structures de gouvernance médiocres ; l'instabilité politique ; et le manque de mesures économiques incitatives en faveur de l'écologie, aboutissent à une vulnérabilité élevée de l'écosystème côtier et marin proche du littoral (Rakotondravony et al. 2018, Cochrane et al. 2019). En outre, l'élévation du niveau des océans aura probablement des impacts redoutables ; une partie des zones littorales de Morondava et Mahajanga, au nord-est de Madagascar, pourrait être submergée d'ici 2100 en raison de la montée du niveau des mers (Rakotondravony et al. 2018).

Mangroves :

Les mangroves fournissent des services importants à l'écosystème, notamment la protection contre les catastrophes naturelles, y compris l'atténuation des vagues pendant les tempêtes et la fourniture de bois de chauffe et de matériaux de construction. L'importance des écosystèmes de mangrove pour la population entraîne une dégradation et une déforestation croissantes et étendues dans l'ensemble de Madagascar, avec une perte nette estimée de 21 % entre 1990 et 2010 (Rakotondrazafy et al. 2014, Benson et al. 2017, García-Ruiz et al. 2017, Rakotondravony et al. 2018). Les études indiquent que d'ici 2100, les dangers climatiques à eux seuls pourraient réduire la couverture de mangrove de 15 %. Les cyclones de forte intensité peuvent détruire complètement les mangroves et affecter les zones environnantes qui ne sont plus en mesure de conserver des populations viables de crevettes et de crabes, ce qui oblige les pêcheurs à s'éloigner davantage vers le large pour pêcher (Rakotondravony et al. 2018). Lors des entretiens organisés dans les villages de pêcheurs, Lemahieu et al. (2018) a signalé une diminution observée des ressources marines et de la mangrove au cours d'une période de 20 ans.

L'exposition des mangroves de Madagascar varie selon la probabilité d'inondations futures à cet endroit, et la sensibilité des espèces individuelles à une augmentation de la salinité, aux inondations, à la sécheresse et à l'envasement est variable. Les régions de mangrove fortement exposées à la montée du niveau

des mers et/ou à l'envasement provenant des terres d'altitude, ainsi qu'aux faibles taux de régénération, sont plus vulnérables que celles dont l'exposition est faible et modérée et où les taux de régénération sont élevés (Clausen et al. 2010). Les mangroves saines, comme celles d'Andranomavo, sont moins vulnérables en raison de la disponibilité de zones de migration potentielles et du taux de régénération élevé. Toutefois, les mangroves dégradées, comme celles de Vahilava, sont particulièrement vulnérables au changement climatique et leur capacité d'adaptation est moindre, avec un taux de régénération quasiment nul (Fig. 1). 70 % environ des mangroves du delta de Tsiribihina présentent une vulnérabilité modérée à élevée, alors que 20 % seulement environ des mangroves du delta de Manambolo possèdent une vulnérabilité modérée à élevée (Clausen et al. 2010).

Les récifs coralliens sont très vulnérables en raison de la pression de la pêche et de la croissance démographique, sans oublier l'augmentation de la pollution et une sédimentation excessive en provenance des terres d'altitude (Rakotondrazafy et al. 2014, García-Ruiz et al. 2017, Rakotondravony et al. 2018). Outre ces facteurs de stress indépendants du climat, les récifs coralliens sont fortement vulnérables au changement climatique en raison de l'acidification et du réchauffement des océans ; une combinaison de ces facteurs provoque un blanchissement dans la région de Madagascar (IPCC 2019). L'érosion du littoral et la destruction des récifs coralliens en raison d'une augmentation de l'activité cyclonique représentent des menaces majeures pour les activités de subsistance de nombreuses communautés de pêcheurs (Rakotondravony et al. 2018). Selon l'IPCC (2019), la plupart des récifs coralliens subiront une dégradation, même si le réchauffement planétaire reste inférieur à 2 °C et les autres communautés de récifs coralliens de faible profondeur présenteront des variations en termes de composition et de diversité des espèces par rapport aux récifs actuels. Les épisodes de blanchissement devraient se multiplier, avec un risque de disparition complète des coraux dans l'océan Indien d'ici 20 à 50 ans. Les effets en cascade de la dégradation des récifs coralliens comprennent le déclin des populations de poissons et l'érosion des plages. La dégradation des plages affectera les populations de tortues marines, lesquelles sont déjà menacées par la hausse des températures en raison de l'influence des températures sur le sexe des tortues pendant l'incubation des œufs (Rakotondravony et al. 2018). Le déclin de la santé des récifs coralliens diminuera considérablement les services qu'ils fournissent à la société, tels que la fourniture de nourriture, la protection du littoral et le tourisme (IPCC 2019)

Algues de mer :

Les cyclones peuvent affecter considérablement les lits d'algues de mer (Côté-Laurin et al. 2017). Le cyclone Haruna a détruit la couverture totale d'algues marines de 15,3 % à 36,3 % en moyenne, en raison du déracinement, de la rupture et de l'étouffement lié à l'ensevelissement et à une réduction de la pénétration de lumière à cause des sédiments en suspension. Cela dit, la réduction de la couverture d'algues de mer qui fournissent nourriture, abri et protection aux poissons n'a pas semblé affecter considérablement les assemblages de poissons à court terme. La résilience des espèces d'algues de mer vis-à-vis des cyclones a été variable. Les populations de trois espèces d'Antsaragnaso (Cymodoceae rotundata, Halophila ovalis et Halodule uninervis) ont

légèrement augmenté après le cyclone. *C. rotundata* et *Thalassodendron ciliatum* ont fait preuve d'une résilience et d'une tolérance élevées (Côté-Laurin et al. 2017).

Activités d'adaptation au climat sur le terrain et autres opportunités :

Les mesures d'adaptation possibles au changement climatique comprennent l'acquisition de terres côtières par les autorités locales, la réhabilitation des secteurs dégradés par la déflexion, le reprofilage de la côte et l'installation de coupe-vent (Rakotondravony et al. 2018). Par exemple, les plantations coupe-vent, comme celle du Filaos résistant à la sécheresse, peuvent contribuer à stabiliser les dunes. L'éducation et la sensibilisation peuvent aussi améliorer le succès des activités de conservation (D'agata et al. 2020). Une certaine adaptation se produit déjà. La zone de protection marine de Nosy Hara est la première région protégée du pays à intégrer le changement climatique à sa gestion, y compris la création de capacité, ce qui aboutit à une évaluation de la vulnérabilité et à la hiérarchisation des mesures de gestion (Rakotondrazafy et al. 2014).

Mangroves :

La restauration des mangroves pourrait être une stratégie d'adaptation efficace. Par exemple, Community Centered Conservation (C3) travaille à la restauration des mangroves, y compris par la création de capacités de soutien de la restauration des mangroves et les activités de gestion. Community Centered Conservation forme également des « ambassadeurs de la conservation » dans la communauté et produit des programmes d'éducation à l'environnement dans les collèges et les lycées (entretien avec C3). Récemment, C3 a commencé à utiliser trois serres au lieu de réaliser des plantations directes, afin que les arbres soient suffisamment grands pour supporter les fortes tempêtes au moment où ils sont plantés. Toutefois, d'autres informations sont nécessaires au sujet des conditions et du moment idéal pour les activités de restauration. L'identification d'espèces de mangrove tolérantes au sel qui sont plus susceptibles de survivre à la hausse du niveau des océans et à la salinisation de l'eau pourrait aussi être une approche efficace (entretien avec l'United States Forestry Service (USFS)).

Récifs coralliens :

Le déclin répandu des coraux des eaux tropicales a donné naissance à des approches de restauration alternatives pour renforcer la résilience climatique, comme le « jardinage des récifs coralliens » et la recherche sur l'évolution assistée, la colonisation et le chimérisme pour la restauration des récifs (IPCC 2019). L'évolution assistée a recours à la manipulation génétique pour renforcer la résilience au changement climatique et à d'autres impacts humains, alors que la colonisation assistée implique le déplacement des espèces loin de leur habitat historique afin d'atténuer la perte de biodiversité ou pour anticiper les changements de l'habitat induits par le climat. Le chimérisme corallien se produit lorsque le corail possède des cellules provenant d'au moins deux individus nés sexuellement de la même espèce. Il s'agit d'une transplantation ou d'une fusion naturelle des tissus (Rinkevich 2019). Toutefois, l'efficacité de ces approches pour augmenter la résilience aux facteurs de stress climatiques est incertaine compte tenu de la tendance actuelle en matière d'émissions de gaz à effet de serre (IPCC 2019).

Pêcheries

Les pêcheries d'eau de mer et d'eau douce fournissent des services précieux aux communautés de Madagascar (Benstead et al. 2003, Cochrane et al. 2019). Les pêcheries marines, y compris la pêche aux crevettes, aux poulpes et aux poissons de récifs coralliens, renforcent les communautés côtières en permettant la subsistance des populations grâce à la nutrition et à la génération de revenus (Cochrane et al. 2019). Par exemple, les pêcheries marines de la région d'Atsinanana constituent une source majeure de protéines et de revenus pour la population côtière et les pêcheurs traditionnels et génèrent environ 125,7 millions d'euros par an (Rakotondravony et al. 2018). Les pêcheries d'eau douce sont également importantes dans certaines régions de Madagascar. Le lac Alaotra abrite la plus grande pêcherie intérieure de Madagascar, et les pêcheries intérieures constituent l'une des deux principales sources de revenus (Lammers et al. 2015). En outre, bon nombre des populations de poissons d'eau douce du pays sont hautement endémiques à Madagascar et contribuent à en faire un lieu à forte biodiversité d'eau douce (Benstead et al. 2003). Les poissons d'eau douce de Madagascar comprennent de nombreux taxons primitifs, très importants pour la conservation car certains fournissent la seule preuve d'évolution dans des groupes apparentés (Benstead et al. 2003).

Les risques climatiques pour les pêcheries d'eau de mer et d'eau douce comprennent l'acidification des océans, les changements des événements cycloniques, l'élévation du niveau des océans, la hausse des températures, l'intensification des vents, l'occurrence croissante d'événements météorologiques extrêmes et la propagation facilitée d'espèces exotiques (Rakotondravony et al. 2018, Cochrane et al. 2019). Les pêcheries pourraient aussi être confrontées à d'autres menaces indirectes liées au changement climatique ; par exemple, les variations des précipitations pourraient provoquer une baisse des récoltes, aboutissant à une augmentation des activités de pêche et à une surpêche entretenue avec le World Wide Fund for Nature (WWF)). Ces menaces affectent la production des pêcheries, la biodiversité marine et d'eau douce, la croissance, la reproduction et la survie des poissons et la conservation des espèces endémiques (Bamford et al. 2017, IPCC 2019). Si l'on ajoute à cela d'autres facteurs de stress anthropogénique (tels que l'introduction d'espèces exotiques, la destruction des zones humides, le défrichement des marécages, la déforestation, la surpêche et l'envasement résultant de l'érosion des sols), les pêcheries et les habitats marins et d'eau douce sont vulnérables et ont besoin d'une attention de conservation et de gestion (Benstead et al. 2003, Bamford et al. 2017).

Les impacts du climat sur les récifs coralliens de Madagascar entraînent des effets en cascade sur les populations des pêcheries marines et sur la production du secteur des pêcheries marines (Cinner et al. 2012). Toutefois, certaines pêcheries marines, comme celle du poulpe, peuvent être résilientes aux impacts du changement climatique (Cochrane et al. 2019). La production des pêcheries intérieures dans les zones humides, le caractère endémique des poissons d'eau douce natifs et l'importance taxonomique sont les principales préoccupations en termes de gestion et de conservation pour le secteur des pêcheries d'eau douce de Madagascar dans un climat changeant (Benstead et al. 2003, Lammers et al. 2015). Les variations des précipitations et de la couverture forestière affectent l'habitat des poissons et

déterminent si le flux sera disponible toute l'année ou s'asséchera pendant certaines saisons (Benstead et al. 2003). L'évolution des tendances d'El Niño, des précipitations et des événements de sécheresse extrême et de cyclones résultant du changement climatique entraîne des conséquences sur le flux des rivières dans les régions insulaires, qui se répercutent sur les pêcheries d'eau douce.

Dans les pêcheries maritimes et côtières, les interactions socio-économiques jouent un rôle important dans l'impact possible du changement climatique sur les communautés de pêcheurs. Les événements météorologiques extrêmes ou imprévisibles réduisent les activités de pêche à la crevette et au crabe, car les pêcheurs limitent leurs activités dans les conditions dangereuses ou peuvent passer de la pêche à la crevette à la capture des crabes, en fonction des conditions (Cochrane et al. 2019). Certains pêcheurs n'ont pas de radio ni de moyen d'être avertis des événements météorologiques extrêmes à l'avance, ce qui constitue un risque pour la sécurité humaine (entretien avec le PNUD). Les vents plus intenses et les vents dominants persistants pourraient modifier les capacités de pêche et entraîner une augmentation de la pêche sur les récifs coralliens et dans les canaux de mangrove et par conséquent, une surpêche et une destruction de l'habitat (entretien avec le WWF). À Ambodivahibe, les pêcheurs ont indiqué que la durée de la saison de pêche a été réduite de trois mois en raison de conditions de vent trop fortes (entretien avec CI ; Fig. 1). Les villageois de Lovobe ont également rapporté que certaines espèces sont désormais introuvables, que les rendements de la pêche ont décliné et qu'ils doivent se déplacer plus loin pour trouver des poissons, mais il est difficile de savoir si cela est dû à la surpêche, à la perte des mangroves ou au changement climatique (entretien à Lovobe).

Activités d'adaptation au climat sur le terrain et autres opportunités :

Les activités décrites dans la section consacrée au littoral, comme la restauration de la mangrove et du récif côtier, sont des stratégies d'adaptation importantes pour les pêcheries. D'autres solutions consisteraient à promouvoir des modes de subsistance alternatifs et à établir des chaînes de valeur. L'accès aux marchés, la présence d'intermédiaires dans les villages et des niveaux d'éducation plus élevés pourraient augmenter la capacité d'adaptation des communautés de pêcheurs (D'agata et al. 2020). À Ambodivahibe, Conservation International assure la promotion de modes de vie alternatifs comme l'élevage des chèvres et l'apiculture. Cet organisme travaille aussi à la restauration des mangroves et à la plantation d'arbres à proximité des villages afin de les protéger des cyclones (entretien avec CI). Dans le sud, le PNUD s'efforce d'établir des chaînes de valeur en mettant les pêcheurs en relation avec des acheteurs (entretien avec le PNUD).

Écosystèmes terrestres et services d'écosystème

90 % environ des espèces de Madagascar sont endémiques, et bon nombre d'entre elles sont menacées d'extinction en raison de la perte et de la fragmentation de leur habitat, de l'expansion agricole, de l'arrivée d'espèces invasives, de la surexploitation et du changement climatique (Ganzhorn et al. 2001, Vieites et al. 2009, IUCN 2018). Depuis plus d'un siècle, la déforestation constitue une menace majeure pour la biodiversité ; 44 % de la forêt naturelle a été perdue entre 1953 et 2014 (Rakotondravony

et al. 2018, Vieilledent et al. 2018), principalement en raison de l'agriculture sur brûlis pour la subsistance et la production de charbon de bois, ainsi que l'élimination illégale d'arbres de valeur comme le palissandre (Waeber et al. 2015). À ce rythme, la perte de l'habitat menacera la persistance de nombreuses espèces endémiques (Morelli et al. 2020).

Malgré le quadruplement impressionnant de la taille des zones protégées à Madagascar depuis 2003 (Kremen et al. 2008), des problèmes majeurs persistent et dans certains cas augmentent, notamment le manque de gestion efficace, de mesures incitant les communautés à participer à la gestion, de financement stable, d'application de la loi et de gestion scientifique des ressources (Gardner et al. 2018).

Les études ont démontré que plus de 100 espèces malgaches sont vulnérables au changement climatique (Pacifi et al. 2015). Busch et al. (2012) a prédit que de nombreuses espèces se déplaceraient vers le sud ou vers des régions d'altitude afin de suivre les conditions climatiques ou d'échapper à la réduction des zones de nourriture. La taille des forêts humides de l'est devrait diminuer d'ici 2080, alors que les forêts sèches de l'ouest pourraient se déplacer vers l'est (Rakotondravony et al. 2018). Dans le massif de Tsaratanana, point culminant de Madagascar, les reptiles et les amphibiens montent vers les zones plus élevées (Niang et al. 2015). Une étude récente a projeté les futures distributions spatiales de 57 espèces à Madagascar, et a projeté que 27 espèces auraient des distributions de moins de 50 % de leur aire de répartition actuelle ; 14 espèces auraient des distributions inférieures à 20 % de leur aire de répartition ; et 6 espèces auraient des distributions inférieures à 1 % de leur aire de répartition actuelle. La disparition de 3 espèces est projetée (Brown et Yoder 2015). Il est important de noter que la plupart de ces espèces manquent d'habitat convenable pour relier leur habitat actuel à un futur habitat convenable (Brown et Yoder 2015).

L'évolution des températures et des précipitations peut aussi modifier la phénologie ; les plantes habitant les plateaux et les forêts sèches pourraient être particulièrement vulnérables à la variabilité croissante des précipitations (Rakotondravony et al. 2018). Une préoccupation supplémentaire concerne les incohérences phénologiques provoquées par les espèces qui s'adaptent différemment au changement climatique affecteront les communautés et les fonctions écologiques (Morellato et al. 2016). La reproduction de nombreuses espèces de lémuriens a évolué pour suivre la disponibilité des ressources alimentaires ; si les plantes des forêts sèches modifient leur phénologie en réponse au déficit en eau et que le lémur à queue annelée (*Lemur catta*) et le sifaka de Verreaux (*Propithecus verreauxi*) ne le font pas, la population de ces espèces pourraient connaître un déclin (Rakotondravony et al. 2018).

Une augmentation du nombre, de l'intensité ou de la durée des événements extrêmes pourrait affecter la biodiversité de Madagascar. Par exemple, la sécheresse peut réduire la survie des espèces végétales et ainsi, la productivité (Rakotondravony et al. 2018). Il est aussi possible que la productivité des plantes augmente grâce à la fertilisation apportée par le CO₂ (Lawal et al. 2019). Les événements extrêmes peuvent également affecter indirectement les écosystèmes. Par exemple, les populations pourraient être en mesure d'utiliser de nouvelles ouvertures dans la forêt pour atteindre de nouvelles zones forestières qui étaient

auparavant inaccessibles (Waeber et al. 2015). La destruction de l'habitat à la suite d'événements extrêmes peut aussi accélérer la propagation des espèces invasives (Rakotondravony et al. 2018).

Le changement climatique devrait exacerber d'autres menaces anthropogéniques pour les écosystèmes terrestres de Madagascar. La déforestation est aggravée par les événements climatiques extrêmes ; par exemple, la région de Menabe a perdu plus de 60 % de sa couverture forestière au cours des 10 dernières années, tandis que les habitants immigraient pour échapper à la sécheresse du sud (entretien USAID Mikajy/Hay Tao, entretien avec le WWF). Une étude récente projetait que l'habitat adéquat pour deux espèces de varis (*Varecia variegata* et *V. rubra*) déclinera de 62 % dans un scénario sans nouvelle déforestation dans les zones protégées, et de 81 % si la déforestation des zones protégées se poursuit (Morelli et al. 2020). Le changement climatique pourrait aussi affecter indirectement les populations de lémuriens ; si le changement climatique aggrave l'insécurité alimentaire, les populations pourraient recourir davantage à la chasse d'animaux sauvages tels que les lémurs (Borgerson et al. 2016)

Activités d'adaptation au climat sur le terrain et autres opportunités :

Les écosystèmes qui sont déjà dégradés par des facteurs de stress non liés au climat sont moins résilients au changement climatique. En conséquence, l'application renforcée des règles du respect des zones protégées, la préservation de l'intégrité des forêts, la promotion de la restauration de nouveaux habitats et la gestion des causes sous-jacentes de la déforestation sont des stratégies d'adaptation essentielles pour Madagascar (Busch et al. 2012, Morelli et al. 2020). La prévention de la perte et de la dégradation des forêts est moins coûteuse et plus efficace que la restauration des forêts une fois qu'elles ont été détruites, même si une reforestation sera sans doute nécessaire pour préserver certaines espèces (Busch et al. 2012). La protection de couloirs pour permettre aux espèces de changer leur répartition en fonction du changement climatique sera particulièrement importante (Kremen et al. 2008, Busch et al. 2012).

Plusieurs organisations travaillent à la reforestation. Le fait que de nombreuses organisations plantent des espèces invasives plutôt que des arbres locaux constituent un sujet de préoccupation. Même si les arbres comme l'eucalyptus et le pin poussent rapidement et apportent des bénéfices rapides en termes de carburant et de stabilisation des sols, ils peuvent avoir des conséquences écologiques négatives (Baohanta et al. 2012, Ferreira et al. 2019). En conséquence, dans la mesure du possible, des graines récoltées de manière durables sur des arbres endémiques locaux devraient être utilisées dans les efforts de reforestation. L'acacia est une option utilisée par certains projets de reforestation, (par ex. entretien avec le PNUD, entretien de Tany Meva). Ny Tanantsika travaille avec des communautés pour collecter et planter des graines d'espèces d'arbres natives (entretien avec Ny Tanantsika). Conservation International plante des variétés locales dans des zones protégées essentielles, mais collabore avec les communautés sur l'agroforesterie dans les zones tampon (entretien CI). Toutefois, le changement des comportements et des préférences en termes d'espèces dans les communautés peut être difficile et empêcher l'adoption de ces règles (visite de la commune d'Ambalavao). En conséquence, d'autres efforts seront nécessaires pour faire comprendre les avantages des espèces natives aux populations locales.

Bon nombre d'organisations travaillent aussi à la promotion de la création de capacités et de modes de subsistance durables, tels que des pratiques agricoles plus durables, l'agroforesterie/// et les chaînes de valeur sous-jacentes (par ex. Tany Meva, Wildlife Conservation Society (WCS), USAID Mikajy) ou le planning familial (par ex. WCS) afin de réduire la pression sur la déforestation. L'acquisition de terres est une autre stratégie qui pourrait réduire l'envahissement des zones protégées, car cela pourrait inciter les agriculteurs à investir dans leurs terres au lieu de se tourner vers la forêt (entretien avec USAID Strengthening Entrepreneurship and Enterprise Development (SEED)).

DISCUSSION

Le changement climatique affectera de plus en plus certains secteurs importants à Madagascar, notamment les ressources en eau, l'agriculture, les écosystèmes littoraux et terrestres, les pêcheries et la santé humaine. Nous avons documenté des effets du changement climatique observés et potentiels et des mesures d'adaptation potentielles (Tableau 1).

Tous les secteurs inclus dans cette analyse sont connectés ; les changements ne se produisent pas de façon isolée (Fig. 2). Par exemple, le manque d'infrastructure de distribution d'eau peut exacerber les impacts sur la sécheresse. Les sécheresses et le déclin agricole qu'elles entraînent peut augmenter l'insécurité alimentaire et finalement, aboutir à la malnutrition et à une baisse générale de la santé (Rakotoarison et al. 2018). Le déclin de l'agriculture peut aussi provoquer une augmentation de la déforestation, tandis que les agriculteurs développent leurs zones de cultures pour compenser le rendement faible des récoltes (Desbureaux et Damania 2018). De même, une production agricole réduite pourrait augmenter les activités de pêche et aboutir à une surpêche (entretien avec le WWF). Une analyse préliminaire indique une hausse significative des admissions dans les centres de santé un an après une sécheresse sévère, ce qui illustre la complexité de la relation entre la production d'eau et de nourriture et la santé humaine (Carrière et al. 2021). La fréquence croissante des épisodes de sécheresse au sud de Madagascar constitue un défi pour les programmes de développement. Dans le passé, les organisations savaient quand l'aide alimentaire serait la plus nécessaire, mais les changements récents dans la fréquence des sécheresses rendent désormais cette prévision difficile (entretien CRS). Les appels à l'assistance étrangère contre les catastrophes pourraient être plus fréquents à l'avenir. Continuer à fournir une assistance humanitaire sans réduire les causes sous-jacentes de la vulnérabilité ne sera pas une stratégie efficace dans le futur (entretien CRS/ADRA).

La protection des écosystèmes de Madagascar demeure une stratégie importante pour promouvoir la capacité d'adaptation et le bien-être humain (CI et WWF, 2008). La crise de la biodiversité à Madagascar affecte plus que la flore et la faune du pays. Les forêts offrent des services d'écosystème essentiels pour près de 90 % des Malgaches qui subsistent grâce aux produits naturels, tels que le charbon de bois, les fruits, les pâturages pour le bétail et les plantes médicinales (Waeber et al. 2015, Dave et al. 2017, Neudert et al. 2017, GIZ 2020). La déforestation peut également augmenter les inondations et l'envasement associés aux cyclones, ce qui entraîne des conséquences pour le rendement agricole et la sécurité alimentaire (Llopis 2018). Par exemple, en 2012, le cyclone Giovanna a provoqué une perte majeure de

récoltes qui a augmenté l'insécurité alimentaire pour les fermiers (Rakotobe et al. 2016). En outre, la perte des écosystèmes et de la biodiversité de Madagascar peut diminuer les bénéfices économiques liés au tourisme et aux activités connexes, même si dans certains cas, les bénéfices de l'écotourisme ne compensent pas les coûts de la protection des forêts aux niveaux local et régional (Busch et al. 2012, Neudert et al. 2017).

La restauration des écosystèmes dégradés est plus coûteuse et moins efficace que la protection des écosystèmes intacts (Busch et al. 2012). L'investissement dans des réchauds plus efficaces ou des sources d'énergie alternatives pourrait réduire la dépendance vis-à-vis du charbon de bois, réduisant ainsi la déforestation tout en augmentant les opportunités économiques (GIZ 2020). Par exemple, le WWF a mis en œuvre un projet d'énergies renouvelables, dans le cadre duquel il a formé des femmes dans les régions rurales à l'installation et à l'entretien de systèmes d'énergie solaire dans leurs villages (entretien avec le WWF). L'installation de panneaux solaires dans les zones rurales pourrait aussi améliorer les services de santé dans les établissements qui manquent d'électricité (Visite du centre de santé de Marofandilia CSB2).

Même si le travail direct sur la biodiversité et la conservation des forêts est indispensable, la plupart des organisations que nous avons interrogées se sont écartées des activités de conservation directe pour mettre en œuvre des projets qui renforcent les communautés locales (entretien avec le WWF, entretien avec l'USAID). Par exemple, de nombreuses entreprises travaillent à l'amélioration des pratiques agricoles, dans l'espoir que cela réduira l'empiètement sur les zones protégées. Toutefois, l'adoption et l'utilisation durable de nouvelles pratiques est un défi, en particulier lorsqu'elles impliquent l'investissement dans des outils ou des équipements agricoles. Ainsi, même si les bénéfices de l'agriculture de conservation s'accumulent au fil du temps, les réponses initiales des récoltes peuvent être légères ou extrêmement variables et les agriculteurs peuvent ne pas en tirer de bénéfices immédiats (Corbeels et al. 2014). Il s'agit d'une contrainte importante pour les fermiers pauvres en ressources, et même lorsque les agriculteurs adoptent ces techniques, ils risquent de ne pas les poursuivre une fois que le financement à court terme du projet aura pris fin (Lima, 2014). En conséquence, il est nécessaire de nouer des partenariats à plus long terme avec les agriculteurs (Penot et al. 2018). Une enquête récente auprès des fermiers de la région du lac Alaotra a révélé que même si les agriculteurs signalaient des rendements en hausse et plus stables avec l'utilisation de l'agriculture de conservation, 39 % d'entre eux avaient cessé d'utiliser cette technique, en citant un certain nombre de facteurs sociaux, économiques et techniques (Penot et al. 2018). Le Groupement Semis Direct Madagascar a constaté que les techniques qui produisent des résultats positifs pour les fermiers, telles que le compostage, sont plus susceptibles d'être utilisées au-delà de la fin du projet (entretien avec le GSDM).

À long terme, le traitement des aspects clés de la vulnérabilité, comme l'amélioration de l'éducation et de la santé et la réduction de la pauvreté, aidera les populations à s'adapter au changement climatique (Asafu-Adjaye 2014). La formation et le renforcement de la sensibilisation est une stratégie générale qui est importante pour promouvoir la capacité d'adaptation à Madagascar (D'agata et al. 2020). De nombreuses entreprises s'efforcent

d'améliorer les connaissances de la communauté en matière de santé (par ex. assainissement, vaccins, hygiène), de pratiques agricoles efficaces et de bénéfices de la préservation de l'environnement. Il est possible d'exploiter l'infrastructure éducative existante pour soutenir de nombreux objectifs de développement simultanément. Par exemple, les agents de santé communautaires et les centres de santé qui travaillent déjà avec les populations pour promouvoir les comportements sains pourraient aussi fournir des informations au sujet des avantages de la durabilité environnementale.

Les organisations de développement sont confrontées à un défi : elles ne peuvent travailler qu'avec un sous-ensemble de communautés et les ressources du gouvernement sont limitées lorsqu'il s'agit de faire respecter l'intégrité des forêts, ce qui complique le contrôle de la déforestation. En outre, aucune des organisations que nous avons interrogées n'a évalué le succès de ces informations jusqu'à présent. En fait, nous manquons de preuves indiquant que la gestion des ressources d'extraction au niveau des communautés favorise la conservation de la biodiversité dans le contexte mondial du développement terrestre, et ce succès dépend du contexte (Sayer et al. 2017, Gardner et al. 2018). Le développement de la capacité des organismes gouvernementaux et des autorités locales à gérer de façon durable les zones protégées et de développer un système de surveillance pour suivre les progrès pourrait améliorer l'efficacité des projets (entretien avec le WWF).

Même si notre compréhension du changement climatique à Madagascar s'est améliorée depuis quelques années, il subsiste des incertitudes et des lacunes de connaissances qui compliquent la tâche des organisations de développement qui s'efforcent d'intégrer la résilience climatique aux projets de développement (Annexe 3). Dans certaines régions, nous manquons de données de base concernant le climat et la météorologie, ce qui rend difficile l'élaboration de projections affinées concernant les zones à risque d'inondation, de sécheresse, d'élévation du niveau des mers et de cyclones. Même lorsque ces données existent, nous avons besoin d'une meilleure traduction et communication des informations et de leurs utilisations. Outre les informations de base sur le climat, il y a un manque de modélisation des impacts du changement climatique à l'échelle locale. Par exemple, quel sera l'impact du changement climatique sur le rendement agricole des récoltes importantes dans différentes régions de l'île ? Au niveau écologique, il reste quelques incertitudes concernant la manière dont les espèces et les écosystèmes spécifiques réagiront au changement climatique. L'une de ces incertitudes tient au fait que même si on s'attend généralement à ce que les espèces changent de territoire en fonction de leurs préférences en termes de température et de précipitations, il est difficile de prédire quelles espèces se déplaceront les premières et dans quelle mesure. De plus, les espèces peuvent réagir différemment au changement climatique, ce qui pourrait impacter les interactions entre les espèces et d'autres fonctions de l'écosystème. Enfin, un travail supplémentaire est nécessaire concernant la manière dont les impacts du changement climatique pourraient affecter les communautés humaines. À ce titre, la cartographie de la vulnérabilité socio-économique au changement climatique pourrait favoriser la planification des espaces. Des informations concernant les impacts et les changements économiques sur le mode de vie seraient également utiles, en particulier en ce qui

concerne les activités de subsistance qui pourraient être les plus résilientes au changement climatique dans différents sites. Les outils tels que la planification de scénarios (Cobb et Thompson 2012) et la prise de décision structurée (Gregory et al. 2012) pourraient aider les organisations à développer des plans de projets tenant compte de cette incertitude.

Bien que les liens entre les secteurs soient complexes et que des incertitudes subsistent, il existe une opportunité pour le gouvernement de Madagascar, les organismes de développement, les ONG et le secteur privé de lever des fonds et de travailler entre secteurs pour relever les défis (Fig. 2). Par exemple, la réduction de la déforestation limiterait l'érosion, ce qui pourrait augmenter la productivité agricole et la santé humaine et réduirait aussi l'envasement qui dégrade les écosystèmes littoraux. Ces avantages fourniraient aux populations des opportunités économiques accrues, ce qui augmenterait la résilience des communautés aux chocs climatiques.

CONCLUSIONS

Le changement climatique affecte déjà et continuera à affecter des secteurs d'activité importants à Madagascar. Des facteurs de stress climatiques et non-climatiques interagissent et peuvent exacerber les conséquences négatives, de sorte que le fait de traiter les vulnérabilités sous-jacentes telles que le taux de pauvreté élevé, l'insécurité alimentaire et la croissance démographique pourrait réduire les impacts négatifs. Alors que les organisations de développement conçoivent de nouveaux projets, l'exploitation de l'expertise, des fonds et des activités dans d'autres secteurs serait bénéfique car les défis et les opportunités sectoriels sont liés. En outre, une coordination accrue entre le gouvernement de Madagascar, les organismes de développement, les ONG et le secteur privé pour promouvoir des activités d'adaptation plus durables et adaptées au climat aidera Madagascar à se préparer et à répondre à ce défi émergent.