

Dynamique de l'occupation du sol dans le bassin versant d'Ankavia, Antalaha, Nord-Est de Madagascar

Lucianot Mananjara

Faculté des Sciences, Université d'Antsiranana, Madagascar

Zonirina Ramahaimandimby

Earth and Life Institute, UCLouvain, Belgique

Martial Venance Be

Faculté des Sciences, Université d'Antsiranana, Madagascar

Tsiafindra Joseph Bemarozara

Institut Universitaire des Sciences de l'Environnement et de Société (IUSES), Université d'Antsiranana, Madagascar

Boulevin Benaivo

Unité de Formation et de Recherche en Sciences Sociales (UFRSS)

Moussaina Jao

Jeanneney Rabearivony

Faculté des Sciences, Université d'Antsiranana, Madagascar

Ecole Doctorale Sciences de la Vie et de l'Environnement,

Université d'Antananarivo, Madagascar

[Doi:10.19044/esj.2026.v22n17p180](https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n17p180)

Submitted: 01 August 2025

Accepted: 11 June 2026

Published: 30 June 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Mananjara, L., Ramahaimandimby, Z., Be, M.V., Bemarozara, T.J., Benaivo, B., Jao, M., & Rabearivony, J. (2026). *Dynamique de l'occupation du sol dans le bassin versant d'Ankavia, Antalaha, Nord-Est de Madagascar*. European Scientific Journal, ESJ, 22 (17), 180. <https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n17p180>

Résumé

Un diagnostic environnemental en vue d'une gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin versant d'Ankavia, District d'Antalaha, Région SAVA a été mené de janvier à juin 2019 afin de : (1) suivre l'évolution temporelle d'occupation de trois sous-bassins versants, Ankaviabe, Sahafihitry et Antsahovy entre 1992-2015, (2) déterminer les causes et les conséquences des pressions (et des menaces) qui pèsent sur ces trois sous-bassins et (3) évaluer les forces, les faiblesses et les opportunités pour réduire les effets de ces pressions (menaces). La descente sur le terrain combinée aux

enquêtes semi-structurées auprès des ménages, des communautés et des autorités locales dans les sous-bassins ainsi que des acteurs institutionnels dans les Services Déconcentrés dans la ville d'Antalaha ont permis d'arriver à ces résultats. La réduction de la surface forestière à partir des années 2000-2005 a donné place aux paysages plus anthropogéniques comme Mosaïque de culture et la Mosaïque arborée. L'extension des superficies destinées à la riziculture pluviale (*tavy*), dans un contexte de croissance démographique effrénée, constitue le moteur principal de la perte forestière. La répétition des cyclones violents accentue cette dynamique en déstabilisant à la fois les moyens de subsistance des populations et la capacité de résilience des écosystèmes forestiers. La proximité du massif forestier Makira qui humidifie le climat dans le bassin versant et la présence d'un projet de recherche et de développement GIRE-SAVA (Gestion Intégrée des Ressources en Eau de la Région SAVA) constituent des forces et d'opportunités permettant de pallier les faiblesses liées à l'insuffisance des données socio-économiques sur la qualité et la quantité de l'eau ainsi qu'à l'insuffisance d'infrastructure d'assainissement et d'hygiène dans ce bassin. Cette analyse de forces/faiblesses/opportunités est essentielle afin d'arriver à une gestion intégrée de ce bassin versant. La présente étude montre l'importance de la protection de la couverture forestière à Ankaviabe non seulement pour préserver la biodiversité, mais aussi pour atténuer les risques d'inondation en aval. Plus dégradés par rapport à Ankaviabe, à Sahafihitry et Antsahovy, les stratégies de gestion incluant la restauration des bandes riveraines, l'agroforesterie et la foresterie durable, le reboisement et la lutte antiérosive à l'aide de la construction des haies et des diguettes antiérosives doivent être mises en place. En vue de rationaliser ces stratégies dans l'ensemble de ces trois sous-bassins versants, la collaboration entre les gouvernements, les communautés locales et les organisations environnementales est nécessaire pour promouvoir la santé et la vitalité des forêts d'une part, et améliorer la durabilité de l'eau d'autre part.

Mots-clés : Ankavia, ARES, Bassin versant, GIRE-SAVA, Occupation du sol

Dynamics of Land Use and Land Cover in the Ankavia Watershed, Antalaha, Northeastern Madagascar

Lucianot Mananjara

Faculty of Science, University of Antsiranana, Madagascar

Zonirina Ramahaimandimby

Earth and Life Institute, UCLouvain, Belgique

Martial Venance Be

Faculty of Science, University of Antsiranana, Madagascar

Tsiafindra Joseph Bemarozara

University Institute of Environmental and Social Sciences (IUSES),

University of Antsiranana, Madagascar

Boulevin Benaivo

Social Sciences Teaching and Research Unit (UFRSS)

Moussaina Jao

Jeanneney Rabearivony

Faculty of Science, University of Antsiranana, Madagascar

Doctoral School of Life and Environmental Sciences,

University of Antananarivo, Madagascar

Abstract

An environmental assessment for integrated water resource management in the Ankavia watershed, Antalaha District, SAVA Region, was conducted from January to June 2019 in order to: (1) monitor the temporal changes in land use of three sub-watersheds, Ankaviabe, Sahafihitry, and Antsahovy between 1992 and 2015, (2) determine the causes and consequences of the pressures (and threats) affecting these three sub-watersheds, and (3) assess the strengths, weaknesses, and opportunities to address these pressures (and threats). Field survey combined with semi-structured interviews among households, local communities, and authorities in the sub-basins, as well as institutional actors in the Decentralized Services in the Antalaha city, enabled these objectives to be achieved. The reduction of forest area from 2000 to 2005 onward gave way to more anthropogenic landscapes, such as agricultural mosaics and tree mosaics. The expansion of areas for hill rice cultivation (tavy) associated with uncontrolled population growth is the main cause of this forest loss. The repetition of violent cyclones intensifies this dynamic by destabilizing both the livelihoods of the populations and the resilience capacity of forest ecosystems. The proximity of the Makira forest massif, which humidifies the climate in the watershed, and the presence of the GIRE-SAVA research and development project (Integrated Water Resource Management of the SAVA Region) constitute strengths and

opportunities allowing to compensate for weaknesses related to the lack of socio-economic data on the quality and quantity of water, as well as the insufficiency of sanitation and hygiene infrastructure in this catchment. This strengths/weaknesses/opportunities analysis is essential to achieving integrated management of this watershed. This study shows the importance of protecting the forest cover in Ankaviabe not only to preserve biodiversity but also to mitigate downstream flooding risks. More degraded compared to Ankaviabe, in Sahafihity and Antsahovy, management strategies, including the restoration of riparian buffers, agroforestry and sustainable forestry, reforestation, and anti-erosion measures through the construction of hedges and erosion control dikes, need to be implemented. In order to streamline these strategies across all three sub-watersheds, collaboration between governments, local communities, and environmental organizations is necessary to promote the health and vitality of the forests on the one hand, and to improve water sustainability on the other.

Keywords: Ankavia, ARES, Watershed, GIRE-SAVA, Land use

Introduction

L'évidence des impacts des activités humaines sur la biosphère n'est plus à démontrer (Crutzen & Stoermer, 2000), supportant ainsi l'assomption qu'environ 80 % de la surface terrestre est déjà modifiée par l'Homme (Williams et al., 2020 ; Ellis et al., 2021). Avec un rythme alarmant, ce processus ne cesse pas de s'accélérer (Farahbakhsh et al., 2022). Dans ce contexte, les grandes rivières figurent parmi les écosystèmes les plus soumis à des pressions croissantes, du fait de multiples usages et, plus encore, du manque de cohérence entre la gestion des milieux dulçaquicoles et celle des bassins versants adjacents (Evers & Nyberg, 2013).

Dans les processus de planification de l'occupation du sol, l'eau et le bassin versant sont souvent considérés comme deux problématiques distinctes, ce qui rend leur gestion intégrée difficile à mettre en œuvre. Cette dissociation est particulièrement manifeste dans les rivières de basse altitude, où les activités humaines, principalement agricoles, sont à la fois variées et intenses (Tockner & Stanford, 2002 ; Posthumus et al., 2010 ; Rouquette et al., 2011). Cette dynamique se fait malheureusement au détriment des espèces aquatiques et terrestres, ainsi que des services écosystémiques qu'elles assurent (Krause et al., 2011 ; Blakey et al., 2017).

A Madagascar, la Région SAVA (Sambava, Antalaha, Vohémar et Andapa) est l'une des zones les plus productives de la Grande Île (CREAM, 2013). Avec son climat pluvieux, par exemple, la Région est connue comme étant la capitale mondiale de la vanille, produisant dans ses vallées forestières environ 80 % de la production mondiale de ce type d'Orchidées (Filippi,

2018). Sa forêt sempervirente abrite une biodiversité exceptionnelle, allant de plantes vasculaires (Schatz et al., 1998), d'amphibiens et de reptiles (Glaw et al., 2011 ; Stanley & Raxworthy, 2016 ; Scherz et al., 2019), d'oiseaux (Romain, 2023) jusqu'aux mammifères (Borgerson, 2013 ; Patel, 2014). En termes d'hydrographie, nombreuses grandes rivières prennent leurs sources dans cette Région pour se déverser vers l'Océan Indien, entre autres Androranga, Ankavanana, Ankavia, Bemarivo, Fanambana et Lokoho (CREAM, 2013). Dans ces rivières, à l'instar de ce qui se passe dans le monde entier (Tockner & Stanford, 2002 ; Erwin, 2009), leurs bassins versants ne sont pas épargnés des modifications anthropiques sous diverses formes (au profit de diverses cultures). Pourtant, malgré ces potentialités hydrologiques, les investigations scientifiques réalisées dans la Région SAVA sont généralement orientées à la préservation de la diversité biologique et, malheureusement, avec peu d'attention à la ressource en eau, source de toute vie sur terre (Mananjara, 2021).

La présente étude a pour but de faire un diagnostic environnemental en vue d'une gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin versant d'Ankavia, District d'Antalaha, Région SAVA. Les objectifs spécifiques sont de (1) suivre l'évolution temporelle d'occupation de trois sous-bassins versants tels qu'Ankaviabe, Sahafihity et Antsahovy entre 1992-2015, (2) déterminer les causes et les conséquences des pressions (et des menaces) qui pèsent sur ces trois sous-bassins et (3) évaluer les forces, les faiblesses et les opportunités pour pouvoir faire face à ces pressions (menaces).

Site d'étude, outils et Méthodes

Site d'étude

Le bassin versant d'Ankavia se localise géographiquement dans le district d'Antalaha, Nord-Est de Madagascar. Comme dans d'autres districts le long de la côte Est de Madagascar, le climat est de type tropical chaud et humide. Les données climatiques recueillies pendant 55 ans (1961-2016) dans la station météorologique d'Antalaha montrent que la pluviométrie mensuelle moyenne est de 2241 mm, avec les mois de Janvier-Février qui sont les plus pluvieux et Septembre-Octobre qui sont les plus secs (Mananjara, 2021). Une diminution d'environ 25 % des précipitations a été observée au fil du temps, passant de 2 376 mm pour la période 1961-1990 à 2 070 mm entre 1990 et 2016. Les températures varient généralement entre 19 °C et 31 °C ; toutefois, une hausse moyenne d'environ 1 °C a été enregistrée depuis 1990, avec des valeurs maximales atteignant désormais 32 °C.

D'une longueur d'environ 53 km et d'une superficie totale de 1 162 km² (Mananjara, 2021), le bassin versant de l'Ankavia a été subdivisé, dans le cadre de la présente étude, en trois sous-bassins : Antsahovy, Sahafihity et Ankaviabe (Figure 1). L'altitude y varie entre 284 m et 683 m. Les bas-fonds

y occupent une superficie très limitée, largement dominée par un relief de collines. Sur l'ensemble du bassin, l'agriculture constitue l'activité principale des populations riveraines.

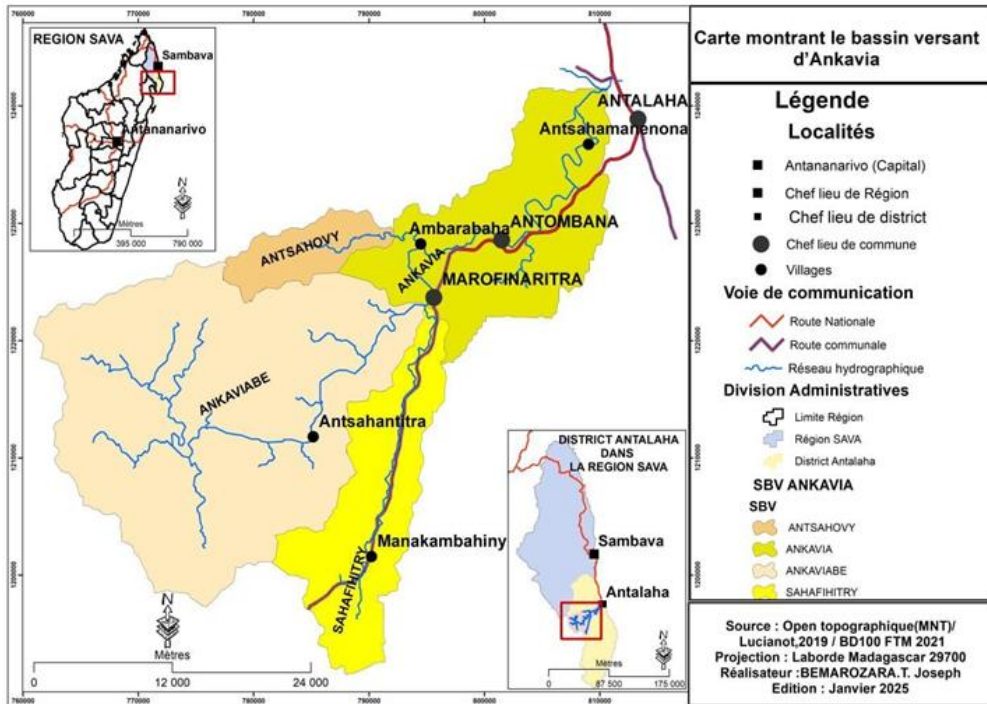


Figure 1 : Localisation du bassin versant d'Ankavia

Collecte des données sur le terrain

Pendant au moins six semaines, de janvier au mois de juin 2019, la collecte des données sur le terrain a eu lieu chaque fin de semaine du mois en vue de suivre l'évolution mensuelle de l'hydrologie ainsi que les trois sous-bassins versants de la rivière Ankavia : Antsahovy, Sahafihitry et Ankaviabe. Bien que nous ayons collecté les données hydrologiques, entre autres, les informations hydrométéorologiques, les données sur les écoulements fluviaux et la variation de la quantité des matières organiques suivant la profondeur de l'eau (voir Ramahaimandimby et al., 2023 pour plus de détails), la présente étude concerne principalement les informations sur la dynamique d'occupation du sol, les causes et les conséquences des pressions exercées sur les sous-bassins ainsi que les forces, faiblesses et opportunités du bassin versant d'Ankavia. Sur ce, des observations suivies des enquêtes semi-structurées (Adams, 2015) ont été réalisées au niveau des ménages dans quatre villages du bassin : Ambarabaha, Antsahamanenona, Antsahantitra et Manakambahiny. Une interview est dite semi-structurée si l'intervieweur ne pose que quelques questions prédéterminées alors que le reste des questions ne sont pas planifiées à l'avance (Adams, 2015; Albuquerque et al., 2019).

L'interview se poursuit ainsi auprès des communautés et des autorités dans les sous-bassins, et puis des acteurs institutionnels dans les Services Déconcentrés dans la ville d'Antalaha.

Ces interviews et discussions ont intégré plusieurs dimensions tant socio-économiques qu'environnementales, mais pour cet article, nous avons considéré uniquement les informations liées à (1) la dynamique de l'occupation et de la couverture du sol dans les trois sous-bassins versants, (2) la détermination des causes et des conséquences des pressions (et des menaces) qui pèsent sur ces trois sous-bassins et, (3) l'évaluation des forces, des faiblesses et des opportunités pour pouvoir faire face à ces pressions (menaces).

Les données d'occupation et de couverture du sol pour la période 1992-2015 ont été extraites de la base de données GlobCover de l'Agence spatiale européenne (ESA). GlobCover fournit des cartes globales d'occupation du sol dérivées d'images du capteur MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) embarqué sur le satellite Envisat, avec une résolution spatiale de 300 mètres. Ces produits sont basés sur une classification automatique utilisant un algorithme de classification non supervisée appliqué aux réflectances de surface MERIS.

Pour cette étude, la typologie utilisée dans toutes analyses dans l'occupation et la couverture du sol a été adoptée à partir de Paudyal et al. (2017) et de Dou et al. (2021) comprenant ainsi sept types : Culture, Herbacée, Mosaique arbustive, Mosaique de culture, Forêt, Forêt dense, Mosaique arborée. Brèves définitions de ces typologies sont résumées dans le Tableau 1. A cause de diverses contraintes de terrain, nous n'avons pas pu collecter les données sur le type « Herbacée » à Antsahovy.

Tableau 1: Types d'utilisation et de couverture du sol dans le bassin versant d'Ankavia

Type d'utilisation et de couverture du sol	Définition	Références
Culture	Terrain contenant des agricultures saisonnières ou pérennes, y compris les cultures de rente et/ou de subsistance	Paudyal et al. (2017)
Herbacée	Terrain principalement recouvert d'herbe, avec des arbres, des arbustes et des buissons très épars et une couverture de cime moins de 10 %	Paudyal et al. (2017)
Forêt dense	Zone d'arbres, d'arbustes et de buissons avec une couverture de cime plus de 50 %	Paudyal et al. (2017)
Forêt	Zone d'arbres, d'arbustes et de buissons avec une couverture de cime de 10 à 50 %	Paudyal et al. (2017)
Mosaique arbustive	Zones avec de petites parcelles d'arbustes et de terres cultivées	Dou et al. (2021)
Mosaique de culture	Zones mixtes de terres cultivées et de prairies, quelques fois avec de petites parcelles de forêts/arbustes	Dou et al. (2021)
Mosaique arborée	Zones avec de petites parcelles d'arbres et de terres cultivées	Dou et al. (2021)

Résultats

Les résultats présentés dans ce document sont issus de la combinaison des données obtenues à partir de l'observation directe sur le terrain et des enquêtes menées auprès de 942 ménages échantillonnés dans quatre villages dans les trois sous-bassins : Ambarabaha, Antsahamanenona, Antsahantitra et Manakambahiny.

Dynamiques des changements d'occupations de sol

Entre 1992 et 2015, les trois sous-bassins basculent d'un couvert majoritairement forestier vers des mosaïques agricoles/arborées (Tableau 2 ; Figure 2-4) : la forêt recule fortement, surtout à Antsahovy, tandis que les mosaïques de culture gagnent du terrain.

Tableau 2 : Dynamique d'occupation et de couverture du sol pendant 23 ans dans les trois sous-bassins d'Ankavia (Ankaviabe, Sahafihitry et Antsahovy)

Type	1992		1995		2000		2005		2010		2015		Evolution 1992- 2015	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Ankaviabe														
Culture	189	0,3	189	0,3	252	0,4	261	0,4	261	0,4	261	0,4	+72	0,1
Herbacée	18	0	18	0	18	0	36	0,1	45	0,1	45	0,1	+27	0,1
Forêt	55359	90,4	55251	90,3	52452	85,7	48285	78,9	4788	78,2	47430	77,5	-7929	-12,9
Forêt dense	171	0,3	171	0,3	126	0,2	117	0,2	108	0,2	108	0,2	-63	-0,1
Mosaïque arbusive	144	0,2	144	0,2	198	0,3	261	0,4	261	0,4	270	0,4	+126	0,2
Mosaïque de culture	2583	4,2	2664	4,4	4500	7,4	7479	12,2	7812	12,8	8271	13,5	+5688	9,3
Mosaïque arborée	2754	4,5	2781	4,5	3672	6	4779	7,8	4833	7,9	4833	7,9	+2079	3,4
Sahafihitry														
Culture	198	1,0	198	1,0	252	1,3	279	1,4	279	1,4	279	1,4	+81	0,4
Herbacée	0	0,0	0	0,0	18	0,1	18	0,1	18	0,1	18	0,1	+18	0,1
Forêt	11376	58,8	11034	57	9495	49,1	8172	42,2	8172	42,2	8181	42,3	-3195	-16,5
Forêt dense	162	0,8	162	0,8	135	0,7	135	0,7	135	0,7	135	0,7	-27	-0,1
Mosaïque arbusive	216	1,1	216	1,1	279	1,4	288	1,5	288	1,5	288	1,5	+72	0,4
Mosaïque de culture	4176	21,6	4365	22,6	5238	27,1	5868	30,3	5868	30,3	5850	30,2	+1674	8,6
Mosaïque arborée	3213	16,6	3348	17,3	3924	20,3	4581	23,7	4581	23,7	4590	23,7	+1377	7,1
Antsahovy														
Culture	27	0,4	27	0,4	45	0,7	45	0,7	45	0,7	45	0,7	+18	0,3
Forêts	4617	67,5	4410	64,5	4059	59,3	3348	48,9	3312	48,4	3321	48,6	-1296	-18,9
Forêt dense	27	0,4	9	0,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-27	-0,4
Mosaïque arbusive	0	0,0	0	0,0	0	0,0	117	1,7	117	1,7	117	1,7	+117	1,7
Mosaïque de culture	1683	24,6	1890	27,6	2187	32,0	2601	38,0	2637	38,6	2628	38,4	+945	13,8
Mosaïque arborée	486	7,1	504	7,4	549	8,0	729	10,7	729	10,7	729	10,7	+243	3,6

Une étude antérieure menée par Ramahaimandimby et al., (2023) a montré que tous les attributs du bassin versant jouent un rôle dans la régulation des réponses hydrologiques à un degré plus ou moins important. Ils soulignent que la couverture et les propriétés des sols ainsi que la géologie sont les meilleurs prédicteurs de l'écoulement de base et des faibles débits. En revanche, les propriétés des sols régissent principalement le coefficient de ruissellement, les hauts et les débits moyens, le débit de pointe ainsi que les échelles de temps des événements de ruissellement. Ils précisent que, principalement couvert de forêts par rapport aux deux autres sous-bassins (Tableau 2 ; Figure 2-4), le sous-bassin versant d'Ankaviabe a une meilleure capacité d'amortissement des crues mais souffre de débits de base plus faibles pendant la saison sèche, potentiellement en raison d'une évapotranspiration plus élevée. Cela souligne l'importance de protéger la couverture forestière dans cette région, non seulement pour préserver la biodiversité, mais aussi pour atténuer les risques d'inondation en aval. La forêt, ajoute Griffin (2024), régule le flux de l'eau, réduisant le risque d'inondations et de sécheresses en absorbant les précipitations et en les libérant progressivement dans les ruisseaux ou les rivières. Ce processus permet de stabiliser non seulement l'approvisionnement en eau, mais également de maintenir la qualité de l'eau en filtrant les polluants et les sédiments grâce à leurs systèmes racinaires et au sol forestier. En outre, la couverture forestière réduit l'impact des fortes pluies sur le sol, prévenant ainsi l'érosion et favorisant la recharge des eaux souterraines.

Quant aux sous-bassins versants d'Antsahovy et de Sahafihitry, ils ont une capacité d'amortissement des crues plus faible, mais ils connaissent des bas débits moins prononcés pendant la saison sèche en raison d'un indice d'écoulement de base plus élevé résultant d'une évapotranspiration plus faible (Ramahaimandimby *et al.*, 2023). Les débits de pointe nettement plus élevés dans ces deux sous-bassins par rapport à ceux d'Ankaviabe suggèrent que les activités humaines, telles que la déforestation, le semis itinérant ainsi que l'agriculture, peuvent avoir un impact considérable sur le système hydrologique et doivent être pris en compte dans la gestion des ressources en eau dans le bassin versant d'Ankavia. Ainsi, des stratégies de conservation et de gestion efficaces y sont nécessaires pour pouvoir préserver les forêts restantes. Ces stratégies incluent la restauration des bandes riveraines, l'agroforesterie et la foresterie durable, le reboisement et la lutte antiérosive à l'aide de la mise en place des haies et des diguettes antiérosives.

Pour l'ensemble de ces trois sous-bassins versants, la collaboration entre les gouvernements, les communautés locales et les organisations environnementales est nécessaire pour promouvoir la santé et la vitalité des forêts d'une part, et améliorer la durabilité de l'eau d'autre part.

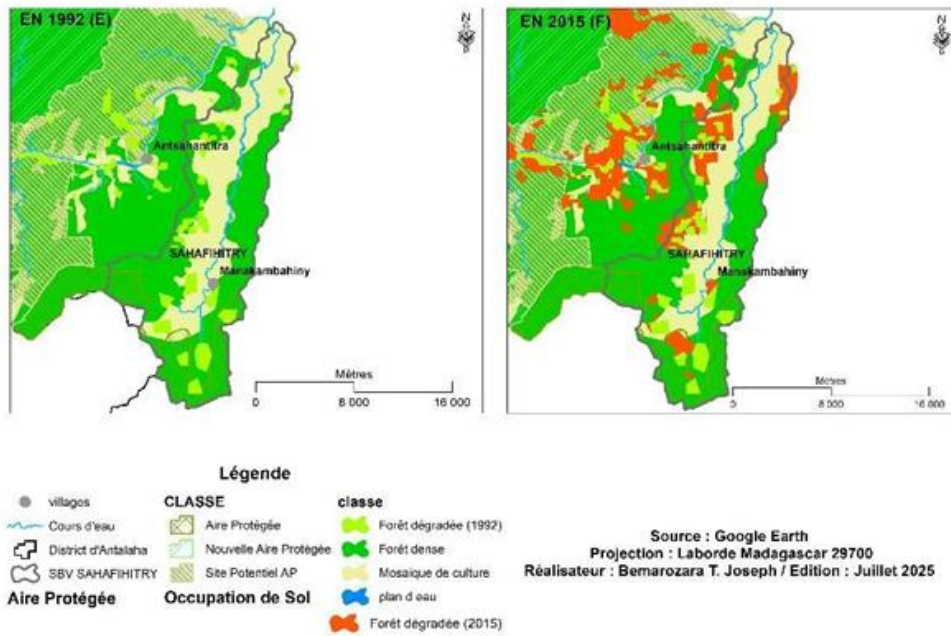


Figure 2 : Changement d'occupation et de couverture du sol en 1992 et 2015 à Sahafihitry (A-B)

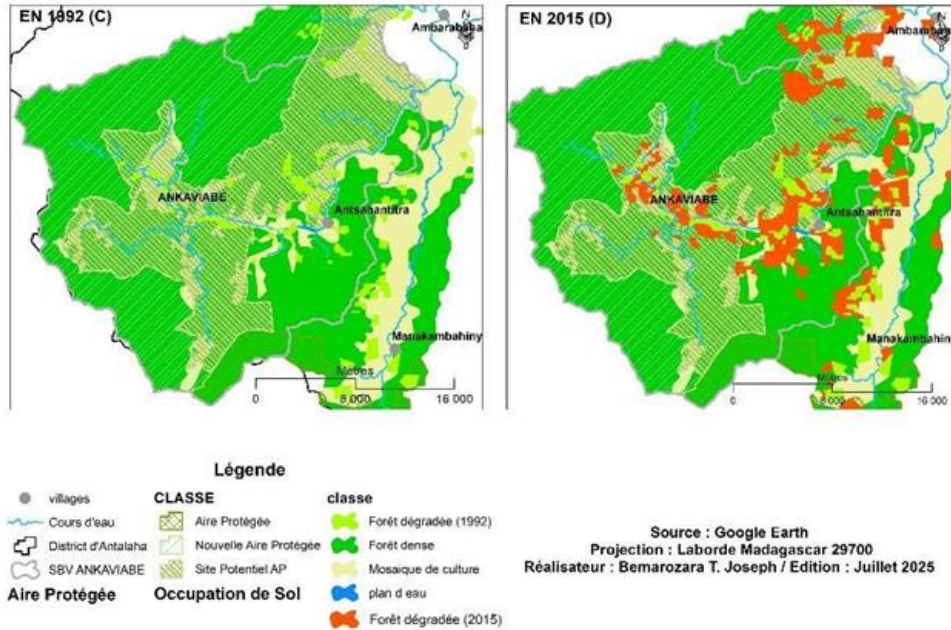


Figure 3 : Changement d'occupation et de couverture du sol en 1992 et 2015 à Ankaviabe (C-D)

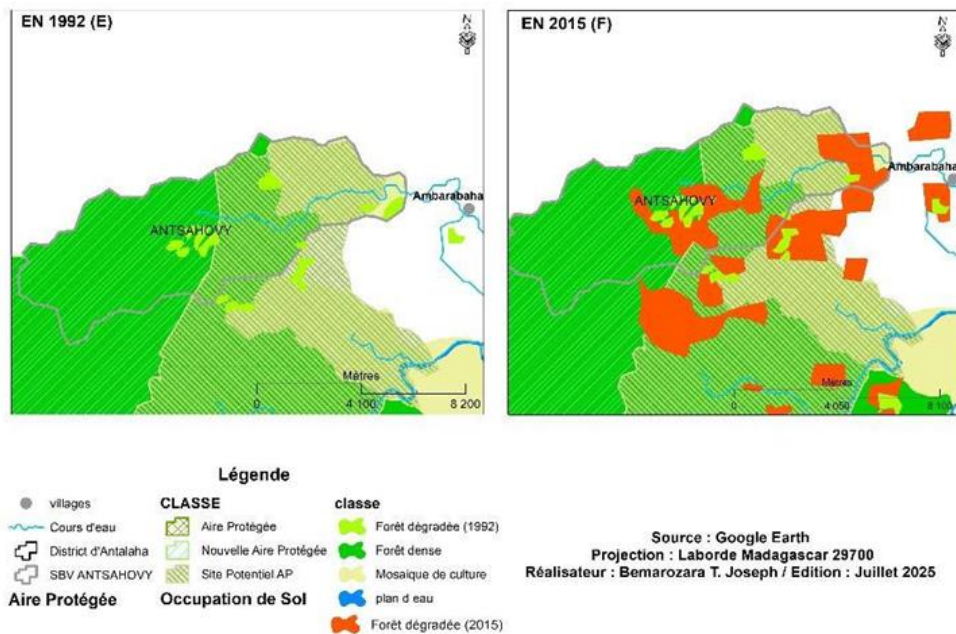


Figure 4 : Changement d'occupation et de couverture du sol en 1992 et 2015 à Antsahovy (E-F)

Causes, conséquences des pressions et menaces

Les résultats d'enquête, appuyés par les observations de terrain, indiquent que le manque de superficies adaptées à la riziculture, combiné à une croissance démographique rapide et non maîtrisée, constitue la cause principale des pressions et menaces exercées sur le bassin versant de l'Ankavia. Dans ce bassin, par exemple, les données récentes montrent que la population est passée d'environ 4 000 habitants en 2012 à plus de 5 000 en 2017 (Mananjara, 2019).

Depuis 2012, Clark (2012) a déjà mentionné que la déforestation à Madagascar - et le bassin versant d'Ankavia n'est pas épargné (Ramahaimandimby et al., 2023) - n'est autre que les conséquences de l'accroissement démographique non contrôlé ainsi que la pratique agricole non durable. Cette déforestation, incluant la pratique de culture sur brûlis (*tavy*), est souvent associée à la nouvelle conquête de terre favorable à la culture rizicole. Malheureusement, dans toute étendue de Madagascar (bassin versant d'Ankavia inclus), les conséquences de cet accroissement démographique vont encore s'empirer étant donné que la présente population de la Grande Île, d'environ 27 millions d'habitants, sera vite doublée, atteignant ainsi approximativement 54 millions en 2050 (World Population Prospect, 2024).

Outre cette croissance démographique, les Figures 5-6 présentent les résultats relatifs aux pratiques agricoles observées dans les quatre villages situés au sein des trois sous-bassins : Ambarabaha, Antsahamanenona, Antsahantitra et Manakambahiny.

Par rapport aux trois autres villages, la population d'Antsahantitra pratique davantage la riziculture pluviale (*tavy*) présentant environ 96,6 % de ménages enquêtés (Figure 5). Avec celle d'Ambarabaha, cette pratique culturelle y occupe une grande surface (Figure 6). La riziculture irriguée est peu répandue dans les villages d'Ambarabaha, d'Antsahantitra et de Manakambahiny n'étant adoptée que par une faible proportion de ménages : respectivement 28,3 %, 21,5 % et 23,5 %. C'est à Antsahamanenona que ce type de culture est le plus développé (Figure 5). La culture de rente (vanille) est couramment pratiquée par les ménages dans ces quatre villages, mais de façon comparativement faible à Antsahamanenona (Figure 5). Cette culture s'étend sur une superficie allant de 158,44 ha à Antsahamanenona à 241,71 ha à Ambarabaha (Figure 6).

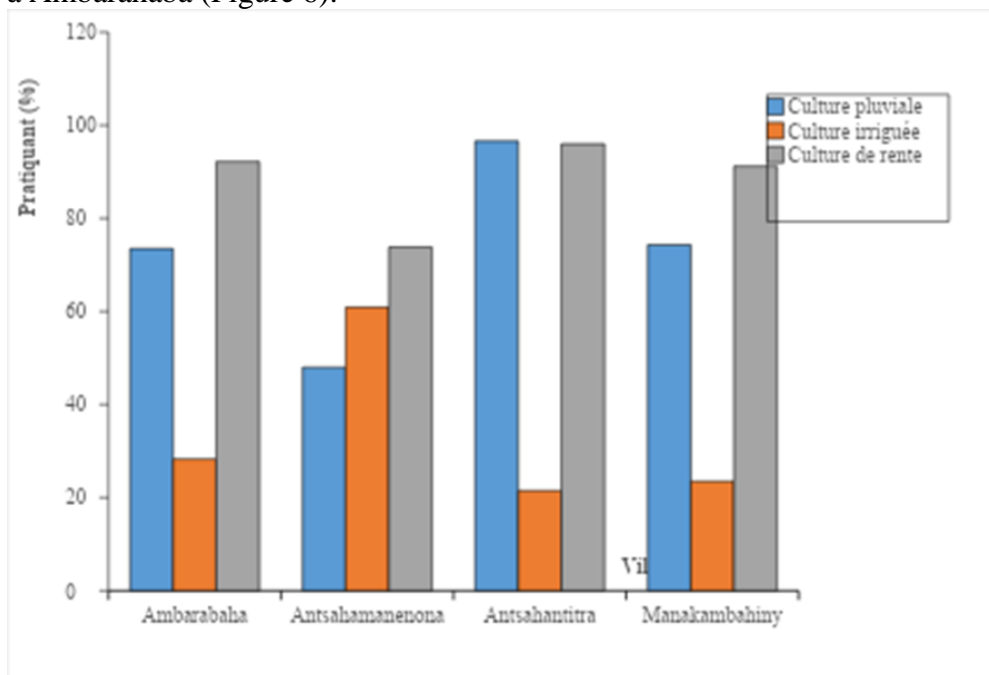


Figure 5 : Répartition des pratiques agricoles dans quatre villages situés dans les sous-bassins versants d'Ankavia

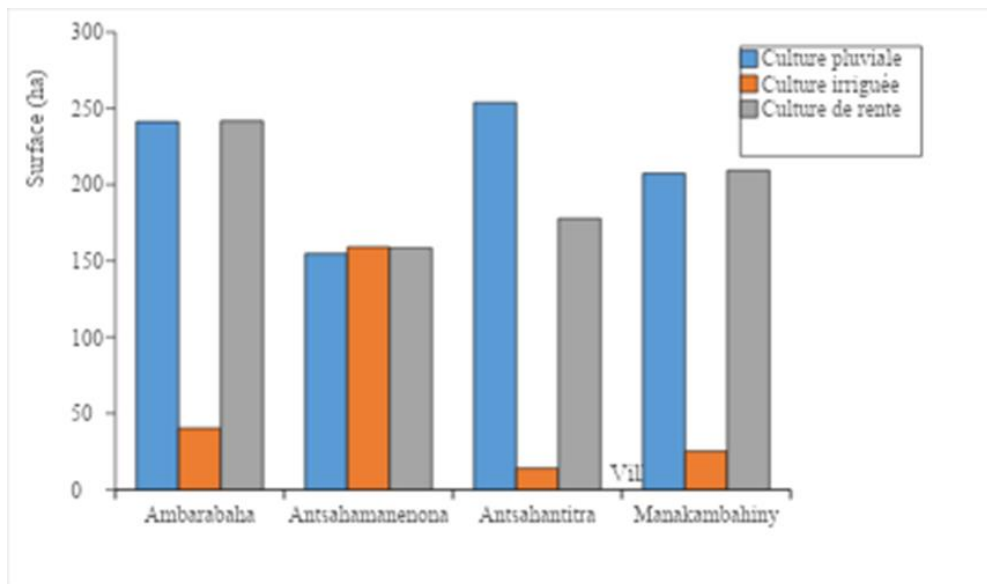


Figure 6 : Répartition des surfaces cultivées selon les pratiques agricoles dans quatre villages situés dans les sous-bassins versants d'Ankavia

Forces, faiblesses et opportunités du bassin versant d'Ankavia

Deux principales faiblesses telles que (1) l'absence de gestion appropriée et des données socio-économiques sur la qualité et la quantité de l'eau et, (2) l'insuffisance d'infrastructure d'assainissement et d'hygiène s'ajoutent aux effets complexes des menaces d'origine anthropique dans le bassin versant d'Ankavia (Mananjara, 2021). Le passage fréquent des cyclones violents précarise aussi la vie socio-économique des habitants dans le bassin et fragilise la résilience de l'écosystème forestier dans toute étendue touchée.

L'analyse des données cycloniques sur 20 ans (2000-2020) montre que parmi les 36 cyclones qui frappent Madagascar, la Région SAVA (où se trouve le bassin versant d'Ankavia) est rarement épargnée (Rakotoarimanana et al., 2022). Outre les dégâts environnementaux, le passage du cyclone Gafilo le 07 Mars 2004, l'un des plus violents ayant frappé Madagascar, a laissé de lourdes conséquences dans la partie orientale de l'Île sur le plan socio-économique : 363 morts, 181 disparus, 879 blessés, 304 000 sans-abris et plus de 20 000 maisons détruites. Les dommages totaux s'élèvent à environ 250 millions USD, une somme considérable surtout pour un pays à faible revenu comme Madagascar, avec une moyenne annuelle de PIB (Produit Interne Bruts) de 2,5 % (Rakotoarimanana et al., 2022). Toutefois, en dépit des pluies diluviennes et inondations associées à ces cyclones, tous les cours d'eau dans le bassin versant d'Ankavia connaissent une baisse significative de leur débit, surtout pendant les mois d'Août à Septembre (Mananjara, 2021). Cet auteur signale

qu'en 2018-2019, suite à l'absence de pluies de Septembre à Novembre 2018, le débit moyen minimal, de valeur $20,26\text{m}^3/\text{s}$, est enregistré pendant le mois de Décembre 2018 tandis que le débit moyen maximal de $240,32\text{m}^3/\text{s}$ se situe au mois de Mars 2019.

Malgré ces faiblesses, le bassin versant présente également des forces et des opportunités importantes. La proximité de l'Aire Protégée Makira permet de maintenir un climat humide dans le bassin versant. Son plan d'aménagement confirme que ce massif forestier constitue un véritable réservoir d'eau qui joue un rôle important dans la régulation du débit des rivières de trois Régions : SAVA, Analanjirofo et Sofia (WCS, 2017). Par ailleurs, le Projet de recherche et de développement, la GIRE-SAVA (Gestion Intégrée des Ressources en Eau de la Région SAVA) constitue un autre atout majeur pour pallier les faiblesses liées à l'insuffisance des données socio-économiques sur la qualité et la quantité de l'eau et, d'autre part, à l'insuffisance d'infrastructure d'assainissement et d'hygiène dans le bassin versant (Mananjara, 2021).

D'un autre point de vue, la connaissance de ces forces, ces faiblesses et ces opportunités peuvent faciliter l'établissement d'une gestion intégrée qui s'enracine mieux sur la réalité dans ce bassin.

Discussion

Comme dans toutes autres régions de Madagascar, cette dégradation de la forêt humide menace plusieurs espèces faunistiques et floristiques, souvent endémiques, et qui ne peuvent pas survivre dans les paysages anthropogéniques tels que les zones de culture, les espaces herbacées, les mosaïques arbustives et les mosaïques arborées. Elle accélère en outre les effets complexes du changement climatique (Morelli et al., 2020). Par ailleurs, comme dans d'autres pays du monde (Hanson et al., 2009 ; Ordway, 2015), le cycle de crises politiques à Madagascar s'accompagne souvent de pressions accrues sur l'écosystème forestier et d'une perte de la biodiversité (Neugarten et al., 2024). Des études supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre si la dégradation de paysage forestier dans ces trois sous-bassins versants, particulièrement durant la période 2000-2005, est également liée à crise post-électorale de 2002. Pour le moment, ce qui le plus évident c'est qu'à partir de la dernière crise politique de 2009 que plusieurs forêts humides de Madagascar ont connu une dégradation la plus significative de leur histoire (Schuurman & Lowry II, 2009 ; Innes, 2010 ; Randriamalala & Liu, 2010 ; Waeber, 2019). Une nouvelle stratégie socio-économique, politique et environnementale est nécessaire avant que la biodiversité Malagasy ne tombe dans un état chaotique (Jones et al., 2019).

Dans de nombreux contextes, les impacts de la culture pluviale (*Tavy*) sur l'intégrité de l'écosystème forestier dans, ou en dehors, d'un bassin versant

n'est plus un sujet à débattre (Rajib et al., 2023 ; Suzzi-Simmons, 2023). Bien qu'environ 83 % des ménages dans la Région SAVA pratiquent la culture de vanille (Hänke et al., 2019), les impacts écologiques de cette activité pourraient encore être tolérable par rapport aux effets de la culture sur brûlis. Certains auteurs soutiennent même que la culture de cette orchidée rampante forme un type de relation « gagnant-gagnant » aboutissant à la réconciliation entre la conservation de la biodiversité et le développement socio-économique (Wurz et al., 2022). Ainsi, la combinaison judicieuse de cette pratique avec l'intensification de la riziculture irriguée pourrait ralentir le rythme de la dégradation forestière, non seulement dans le bassin versant d'Ankavia, mais également dans d'autres petits coins de Madagascar (Moore et al., 2024).

Etant le bassin d'Ankavia compte parmi les clefs de voûte pour le développement du district d'Antalaha, la prise en compte de ses atouts, de ses faiblesses et de ses opportunités dans l'élaboration du Plan Régional de Développement (PRD) de la Région SAVA s'avère plus que nécessaire. Cette approche s'aligne avec les priorités de la Région qui visent l'augmentation de la productivité agricole et la relance de la filière vanille ainsi que d'autres produits de rente.

Conclusions

La dynamique d'occupation et de couverture du sol durant la période 1992-2015 a été suivie dans trois sous-bassins du bassin versant d'Ankavia, district d'Antalaha : Ankaviabe, Sahafihitry et Antsahovy. Dans ces trois sous-bassins, la forêt et la forêt dense connaissent une réduction de leur superficie, surtout à partir des années 2000-2005, laissant place aux paysages plus anthropisés comme les mosaïques de culture et les mosaïques arborées. La principale cause de cette perte forestière est la pratique de culture sur brûlis (*Tavy*) motivée par la recherche de nouvelle terre pour la riziculture pluviale, elle-même liée à la croissance démographique galopante et non contrôlée. En outre, s'ajoute à cette cause racine, le passage fréquent des cyclones violents qui précarisent la vie socio-économique des habitants dans ces trois sous-bassins. Malheureusement, ce fléau naturel attarde aussi la résilience de l'écosystème forestier dans la zone. En dépit de ces défaillances, ce bassin versant présente également d'importantes forces et opportunités : (1) la proximité de massif forestier Makira qui maintient l'humidité du climat environnant ; (2) la présence de la GIRE-SAVA (Gestion Intégrée des Ressources en Eau de la Région SAVA), un projet de recherche et de développement, pourrait faciliter à résoudre, d'une part, les faiblesses liées à l'insuffisance des données socio-économiques sur la qualité et la quantité de l'eau et, d'autre part, à l'insuffisance d'infrastructure d'assainissement et d'hygiène dans ce bassin versant. Cette analyse de forces/faiblesses/opportunités constitue une étape cruciale pour parvenir à une

gestion intégrée, mieux fondée sur la réalité de terrain. La présente étude montre qu'il est essentiel de protéger la couverture forestière d'Ankaviabe non seulement pour préserver la biodiversité, mais aussi pour atténuer les risques d'inondation en aval. Dans les deux sous-bassins versants les plus dégradés, les stratégies de gestion incluent la restauration des bandes riveraines, l'agroforesterie et la foresterie durable, le reboisement et la lutte antiérosive à l'aide de la mise en place des haies et des diguettes antiérosives. Pour la gestion plus rationnelle de ces trois sous-bassins, la collaboration entre les gouvernements, les communautés locales et les organisations environnementales est nécessaire pour promouvoir la santé et la vitalité des forêts d'une part, et améliorer la durabilité de l'eau d'autre part.

Remerciements

Nos remerciements les plus sincères sont adressés à l'Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur (ARES) en Belgique qui a supporté financièrement cette étude à travers le Projet « Gestion Intégrée des Ressources en Eau de la Région SAVA » (GIRE SAVA : <https://sites.google.com/view/giresava>) et le Centre Universitaire Régional de la SAVA (CURSA). Nous sommes également reconnaissants aux différents ONGs, institutions, organismes privés et publics d'Antalaha ainsi que les communautés locales dans les trois sous-bassins versants (Ankaviabe, Antsahovy et Sahafihity) pour leurs partages d'informations lors de nos travaux d'enquête.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Adams, W. C. (2015). Conducting semi-structured interviews. In J. S. Wholey, H. P. Hatry & K. E. Newcomer (eds.), *Handbook of practical program evaluation* (pp 492-505). Fourth Edition, Jossey-Bass, A Wiley Imprint.
2. Albuquerque, U. P., Nascimento, A. L. B., Soldati, G. T., Feitosa, I. S., Campos, J. L. A., Hurrell, J. A., Hanazaki, N., de Medeiros, P. M., da Silva, R. R. V., Ludwinsky, R. H., Júnior, W. S. F. & Reyes-García, V. (2019). Ten important questions/issues for ethnobotanical research. *Acta Botanica Brasilica*, 33, 376-385.

3. Blakey, R.V., Kingsford, R.T., Law, B.S. & Stoklosa, J. 2017. Floodplain habitat is disproportionately important for bats in a large river basin. *Biological Conservation*, 215, 1-10.
4. Borgerson, C. (2013). The fitoaty: an unidentified carnivoran species from the Masoala peninsula of Madagascar. *Madagascar Conservation & Development*, 8: 81-85.
5. Clark, M. (2012). Deforestation in Madagascar: Consequences of Population Growth and Unsustainable Agricultural Processes. *Global Majority E-Journal*, 3, 61-71.
6. CREAM (2013). Monographie de la Région SAVA. Centre de Recherches, d'Études et d'Appui à l'analyse économique à Madagascar
https://www.pseau.org/outils/ouvrages/mg_mef_monographie-region-sava_2014.pdf (Téléchargé le 11 septembre 2024).
7. Crutzen, P. J. & Stoermer, E. F. (2000) The “Anthropocene”. *IGBP Newsletter*, 41, 17–18.
8. Dou, Y., Cosentino, F., Malek, Z., Maiorano, L., Thuiller, W. & Verburg, P. H. (2021). A new European land systems representation accounting for landscape characteristics. *Landscape Ecology*, 36, 2215-2234.
9. Ellis, E.C., Gauthier, N., Goldewijk, K.K., Bird, R. B., Boivin, N., Díaz, S., Fuller, D. Q., Gill, J. L., Kaplanm, J. O., Kingstonn, N., Lockeo, H., McMichael, C.N.H., Ranco, D., Rick, T. C., Shaws, M. R., Stephens, L., Svenning, J.-C. & Watson, J. E. M. (2021). People have shaped most of terrestrial nature for at least 12,000 years. *PNAS*, 118 (17): e2023483118.
10. Erwin, K. L. (2009) Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology and Management*, 17, 71-84. <https://doi.org/10.1007/s11273-008-9119-1>
11. Evers, M. & Nyberg, L. (2013). Coherence and inconsistency of European instruments for integrated river basin management. *International Journal of River Basin Management*, 11: 139-152.
12. Farahbakhsh, Bauch, C. T. & Anand, M. (2022). Modelling coupled human–environment complexity for the future of the biosphere: strengths, gaps and promising directions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 377, 20210382.
13. Filippi, L. (2018). Madagascar : A SAVA, capitale mondiale de la vanille, une épice sous surveillance. https://www.francetvinfo.fr/monde/afrique/economie-africaine/madagascar-a-sava-capitale-mondiale-de-la-vanille-une-epice-sous-surveillance_3056757.html (Téléchargé le 09 septembre 2024).

14. Glaw, F., Köhler, J. & Vences, M. (2011). New Species of *Gephyromantis* from Marojejy National Park, Northeast Madagascar. *Journal of Herpetology*, 45, 155-160.
15. Griffin, G. (2024). Role of Forests in Watershed Management: Enhancing Water Sustainability. <https://forestry.com/forestry-management/sustainable-practices/role-of-forests-in-watershed-management-enhancing-water-sustainability/> (Téléchargé le 25 mai 2026).
16. Hänke, H., Barkmann, J., Blum, L., Franke, Y., Martin, D. A., Niens, J., Osen, K., Uruena, V., Witherspoon, S. A. & Wurz, A. (2019). Socio-economic, land use and value chain perspectives on vanilla farming in the SAVA region (north-eastern Madagascar): the Diversity Turn Baseline Study (DTBS). Discussion Paper 1806. Department of Agricultural Economics and Rural Development, University of Goettingen, D 37073 Göttingen.
17. Hanson, T., Brooks, T. M., da Fonseca, G. A. B., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., Machlis, G., Mittermeier, C. G., Mittermeier, R. A. & Pilgrim, J. D. (2009). Warfare in Biodiversity Hotspots. *Conservation Biology*, 23, 578-587.
18. Innes, J. L. (2010). Madagascar rosewood, illegal logging and the tropical timber trade. *Madagascar Conservation & Development*, 5, 6-10.
19. Jones, J. P. G., Ratsimbazafy, J., Ratsifandrihamanana, A. N., Watson, J. E. M., Andrianandrasana, H. T., Cabeza, M., Cinner, J. E., Goodman, S. M., Hawkins, F., Mittermeier, R. A., Rabearisoa, A. L., Rakotonarivo, O. S., Razafimanahaka, J. H., Razafimpahanana, A. R., Wilmé, L. & Wright, P. C. (2019). Last chance for Madagascar's biodiversity. *Nature Sustainability*, 2, 350-352.
20. Krause, B., Culmsee, H., Wesche, K., Bergmeier, E. & Leuschner, C. (2011). Habitat loss of floodplain meadows in north Germany since the 1950s. *Biodiversity and Conservation*, 20, 2347-2364.
21. Mananjara, L. (2021). Diagnostic environnemental pour une mise en place d'une gestion intégrée des ressources en eau : Cas du bassin versant d'Ankavia, district d'Antalaha, région SAVA, Madagascar. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Masters. Parcours : Gestion de la Biodiversité et Protection de l'Ecosystème (GBPE). Faculté des Sciences, Université d'Antsiranana.
22. Moore, M., Razafindrina, K., V., Méndez, V. E. & Niles, M. T. (2024). An analysis of the adoption of the "system of rice intensification" (SRI): why a homegrown technique has yet to take seed among rice farmers in Madagascar. *Cogent Food & Agriculture*, 10, 2319932.

23. Morelli, T. L., Smith, A. B., Mancini, A. N., Balko, E. A., Borgerson, C., Dolch, R., Farris, Z., Federman, S., Golden, C. D., Holmes, S. M., Irwin, M., Jacobs, R. L., Johnson, S., King, T., Lehman, S. M., Louis Jr, E. E., Murphy, A., Randriahaingo, H. N. T., Randrianarimanana, H. L. L., Ratsimbazafy, J., Razafindratsima, O. H. & Baden, A. L. (2020). The fate of Madagascar's rainforest habitat. *Nature Climate Change*, 10, 89–96.
24. Neugarten, R. A., Rasolofoson, R. A., Barrett, C. B., Vieilledent, G. & Rodewald, A. D. (2024). The effect of a political crisis on performance of community forests and protected areas in Madagascar. *Nature Communications*, 15, 2963.
25. Ordway, E. M. (2015). Political shifts and changing forests: Effects of armed conflict on forest conservation in Rwanda. *Global Ecology and Conservation*, 3, 448–460.
26. Patel, E. R. (2014). Silky sifaka *Propithecus candidus* Grandidier, 1871 Madagascar (2000, 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012). In C. Schwitzer, R. A. Mittermeier, A. B. Rylands, *et al.* (eds.), *Primates in Peril: The World's 25 Most Endangered Primates 2012-2014* (pp 38–43). Primate Specialist Group, International Primatological Society, Arlington and Conservation International IUCN/SSC.
27. Paudyal, K., Baral, H., Putzel, L., Bhandari, S. & Keenan, R. J. (2017). Change in land use and ecosystem services delivery from community-based forest landscape restoration in the Phewa Lake watershed, Nepal. *International Forestry Review*, 19, 88–101.
28. Posthumus, H., Rouquette, J.R., Morris, J., Gowing, D.J.G. & Hess, T.M. (2010). A framework for the assessment of ecosystem goods and services; a case study on lowland floodplains in England. *Ecological Economics*, 69 (7), 1510-1523.
29. Rajib, A., Zheng, Q., Lane, C. R., Golden, H. E., Christensen, J. R., Isibor, I. I. & Johnson, K. (2023). Human alterations of the global floodplains 1992–2019. *Scientific Data*, 10, 449.
30. Rakotoarimanana, Z. M. H., Rakotoarimanana, Z. H., Pandin, M. G. R. & Waloejo, C. S. (2022). Analysis of tropical cyclones 2000-2020 in Madagascar. *Disaster Advances*, 15, 13-20.
31. Ramahaimandimby, Z., Randriamaherisoa, A., Vanclooster, M. & Bielders, C.L. (2023). Driving factors of the hydrological response of a tropical watershed: The Ankavia River Basin in Madagascar. *Water*, 15, 2237.
32. Randriamalala, H. & Liu, Z. (2010). Rosewood of Madagascar: Between democracy and conservation. *Madagascar Conservation & Development*, 5, 11-22.

33. Rimal, B., Baral, H., Stork, N. E., Paudyal, K. & Rijal, S. (2015). Growing city and rapid land use transition: Assessing multiple hazards and risks in the Pokhara valley, Nepal. *Land*, 4, 957–978. doi:10.3390/land4040957
34. Romain (2023). Oiseau très rare disparu il y a 24 ans redécouvert dans une forêt dense à Madagascar. <https://www.netcost-security.fr/science/150087/oiseau-tres-rare-disparu-il-y-a-24-ans-redecouvert-dans-une-foret-dense-a-madagascar/> (Téléchargé le 09 septembre 2024).
35. Rouquette, J.R., Posthumus, H., Morris, J., Hess, T.M., Dawson, Q.L. & Gowing, D.J.G. (2011). Synergies and trade-offs in the management of lowland rural floodplains: an ecosystem services approach. *Hydrological Sciences Journal*, 56 (8), 1566–1581.
36. Schatz, G. E., Lowry II, P. P. & Ramisamihantanirina, A. (1998). *Takhtajania perrieri* rediscovered. *Nature*, 391, 133-134.
37. Scherz, M. D., Köhler, J., Rakotoarison, A., Glaw, F. & Vences, M. (2019). A new dwarf chameleon, genus *Brookesia*, from the Marojejy massif in northern Madagascar. *Zoosystematics and Evolution*, 95, 95-106.
38. Schuurman, D. & Lowry II, P. P. (2009). The Madagascar rosewood massacre. *Madagascar Conservation & Development*, 4, 98-102.
39. Stanley, R. C. & Raxworthy, C.J. (2016). Rediscovery of the Enigmatic Day Gecko *Phelsuma masohoala* in Northeast Madagascar. *Herpetological Conservation and Biology*, 11, 402–407.
40. Suzzi-Simmons, A. (2023). Status of deforestation of Madagascar. *Global Ecology and Conservation*, 42, e02389.
41. Tockner, K. & Stanford, J.A. (2002). Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation*, 29, 308–330.
42. Waeber, P. O., Schuurman, D., Ramamonjisoa, B., Langrand, M., Barber, C. V., Innes, J. L., Lowry II, P. P. & Wilmé, L. (2019). Uplisting of Malagasy precious woods critical for their survival. *Biological Conservation*, 235, 89–92.
43. WCS. (2017). Plan d'Aménagement et de Gestion du Parc Naturel Makira 2017-2021. Wildlife Conservation Society.
44. Williams, B. A., Venter, O., Allan, J. R., Atkinson, S. C., Rehbein, J. A., Ward, M., Marco, M. D., Grantham, H. S., Ervin, J., Goetz, S. J., Hansen, A. J., Jantz, P., Pillay, R., Rodriguez-Buritica, S., Supples, C., Virnig, A. L. S. & Watson, J. E. M. (2020). Change in terrestrial human footprint drives continued loss of intact ecosystems. *One Earth*, 3, 371-382.

45. World Population Prospect (2024). United Nations population estimates and projections. Department of Economic and Social Affairs. US.
46. Wurz, A., Tschardtke, T., Martin, D. A., Osen, K., Anjaharinony A. N. A. Rakotomalala, A. A. N. A., Raveloaritiana, E., Andrianisaina, F., Dröge, S., Fulgence, T. R., Soazafy, M. R., Andriafanomezantsoa, R., Andrianarimisa, A., Babarezoto, F. S., Barkmann, J., Hänke, H., Hölscher, D., Kreft, H., Rakouth, B., Guerrero-Ramírez, N. R., Ranarijaona, H. L. T., Randriamanantena, R., Ratsavina, F. M., Lala Harivelo Raveloson Ravaomanarivo, L. H. R. & Grass, I. (2022). Win-win opportunities combining high yields with high multi-taxa biodiversity in tropical agroforestry. *Nature Communications*, 13, 4127.