**ESI Preprints** **Not Peer-reviewed**

# Dynamique de l'occupation et de la couverture 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), Madagascar
***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/esipreprint.9.2025.p415

Approved: 22 September 2025
Posted: 24 September 2025

Copyright 2025 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. (2025). *Dynamique de l'occupation et de la couverture du sol dans le bassin versant d'Ankavia, Antalaha, Nord-Est de Madagascar.* ESI Preprints.
https://doi.org/10.19044/esipreprint.9.2025.p415

**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 du janvier au 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 pouvoir faire face à ces pressions (menaces). La descente sur le terrain combinée aux enquêtes auprès de diverses entités à Antalaha a permis d'arriver à ces points. 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. La conquête de nouvelle terre pour la riziculture pluviale (*Tavy*) associée à la croissance démographique galopante et non contrôlée est la principale cause de cette perte forestière. Le passage fréquent des cyclones violents précarise la vie socio-économique des habitants dans ces trois sous-bassins et attarde également la résilience de l'écosystème forestier dans la zone. La proximité de massif forestier Makira qui rend humide 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 essentiel afin d'arriver à une gestion intégrée de ce bassin versant d'Ankavia.

**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***
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), Madagascar
***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

**Abstract**

An environmental assessment for integrated water resource management in the Ankavia watershed, Antalaha District, SAVA Region, was conducted from January to June 2019 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 interviews among various entities in Antalaha 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 acquisition of new land for hill rice cultivation (Tavy) associated with uncontrolled population growth is the main cause of this forest loss. The frequent occurrence of violent cyclones weakens the socio-economic life of the inhabitants in these three sub-basins and also hinders the resilience of the forest ecosystem in the area. The proximity of the Makira forest massif, which creates a humid climate in the watershed, and the presence the GIRE-SAVA research and development project (Integrated Water Resource Management of the SAVA Region) constitute strengths and opportunities

that can address the weaknesses related to the lack of socio-economic data on the quality and quantity of water, as well as the inadequacy of sanitation and hygiene infrastructure in this catchment. This strengths/weaknesses/opportunities analysis is essential to achieving integrated management of the Ankavia watershed.

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

## Introduction

L'évidence témoignant les 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 modifié 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, toutefois, parmi les écosystèmes de la biosphère, les grandes rivières sont particulièrement sous pressions croissante à cause de diverses utilisations associées, plus fréquemment, au manque de cohérence entre la gestion de milieu dulçaquicole et le bassin versant adjacent (Evers & Nyberg, 2013). Souvent, dans le processus de planification, en termes d'occupation du sol, l'eau et le bassin versant sont traités comme étant deux problèmes séparés rendant ainsi difficile leur gestion aussi intégrée que raisonnée. Cette situation est plus évidente dans les rivières de faible altitude là où les activités humaines sont particulièrement diversifiées et intenses en faveur, surtout, de l'agriculture (Tockner & Stanford, 2002 ; Posthumus et al., 2010 ; Rouquette et al., 2011), malheureusement, au détriment des espèces aquatiques et terrestres ainsi que des services écosystémiques (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 aussi épargnés de la modification anthropique 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, 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 pouvoir faire face à ces pressions (menaces).

## Matériels et Méthodes

*Site d'étude*

Le bassin versant d'Ankavia se trouve dans le district d'Antalaha, Nord-Est de Madagascar. Comme dans d'autres districts le long de la côte Est de Madagascar, le climat d'Antalaha 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 l'ordre 2241 mm, avec les mois de Janvier-Février qui sont les plus pluvieux et Septembre-Octobre qui sont les plus secs (Mananjara, 2021). Une baisse d'environ 25 % de précipitation est conçue au fil du temps : 2376 mm (1961-1990) et 2070 mm (1990-2016). La température y varie généralement de 19°C à 31°C. Mais, de l'année 1990 à 2016, une hausse de +1°C est marquée avec une température maximale pouvant atteindre 32°C.

Avec sa longueur d'environ 53 km et de sa superficie totale de 1 162 $km^2$ (Mananjara, 2021), ce bassin d'Ankavia a été découpé en trois sous-bassins versants dans le cadre de la présente étude : Antsahovy, Sahafihitry et Ankaviabe (Figure 1). Dans ces sous-bassins, l'altitude varie de 284 m à 683 m; les bas-fonds représentent une très faible superficie qui est principalement dominé par des collines. Dans toute l'étendue de ce bassin versant, l'agriculture constitue les activités principales de la population environnante.

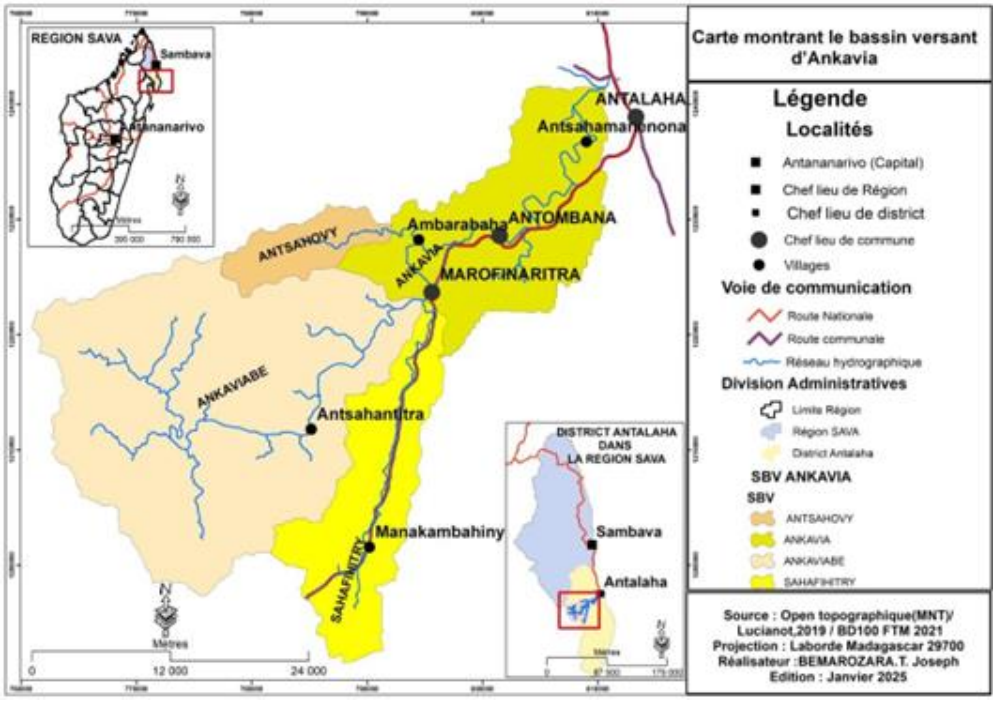



**Figure 1** : Carte montrant le bassin versant d'Ankavia

*Collecte des données sur le terrain*

La collecte des données sur le terrain a eu lieu chaque fin de semaine du mois, de janvier au juin 2019. Bien que nous ayons aussi collecté les données hydrologiques, la présente étude concerne uniquement les informations de toute étendue des trois principaux sous-bassins versants : Antsahovy, Sahafihitry et Ankaviabe. 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, Ankaviabe, Sahafihitry et Antsahovy depuis 1992-2015, (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, Mosaïque arbustive, Mosaïque de culture, Forêt, Forêt dense, Mosaïque arboré. 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 | Référence |
|---|---|---|
| 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) |
| Mosaïque arbustive | Zones avec de petites parcelles d'arbustes et de terres cultivées | Dou et al. (2021) |
| Mosaïque de culture | Zones mixtes de terres cultivées et de prairies, quelques fois avec de petites parcelles de forêts/arbustes | Dou et al. (2021) |
| Mosaïque 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.

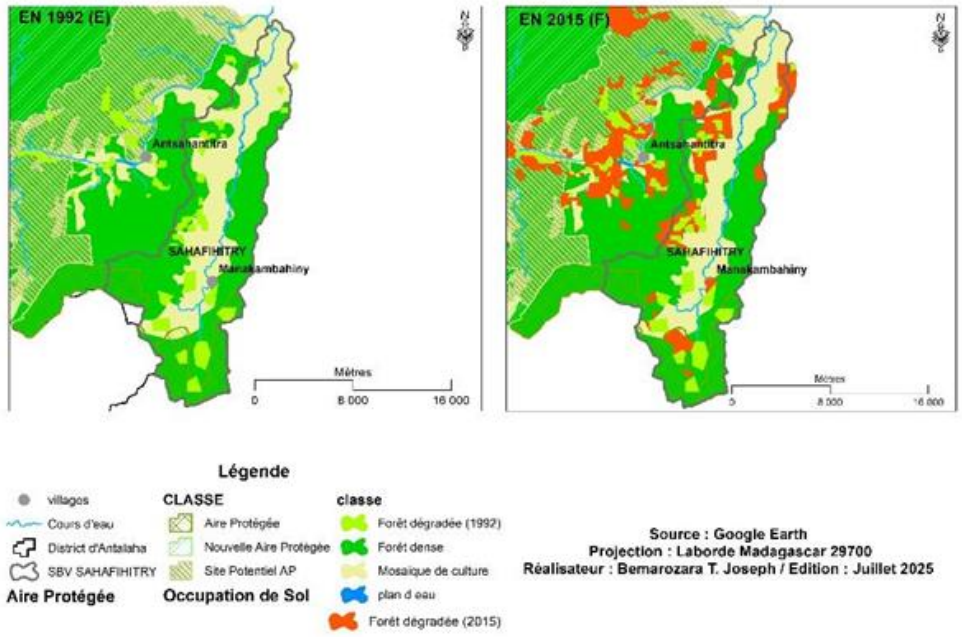
*Dynamiques des changements d'occupations de sol*

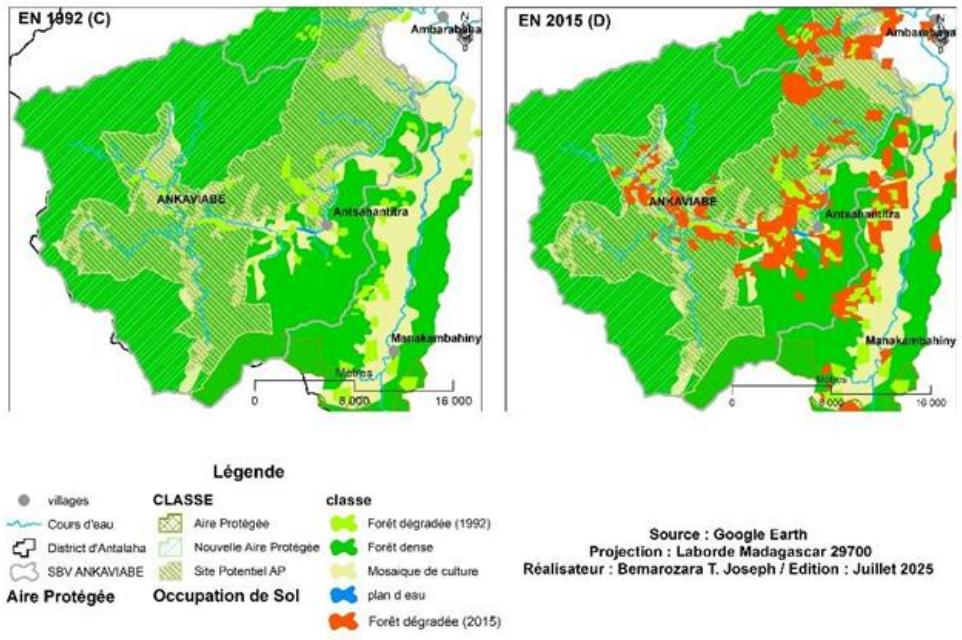
En espace de 23 ans (1992-2015), la forêt et la forêt dense dans les trois sous-bassins connaissent une diminution de la surface allant de 0,1 % à 18,9 % (Tableau 2 ; Figure 2). Cette diminution est plus prononcée pour la forêt par rapport à la forêt dense, surtout pour les cas d'Antsahovy et de Sahafihitry. En outre, cette réduction de la surface forestière est généralement remarquable à partir de la période de 2000-2005.

En revanche de cette perte forestière, les autres types de couverture du sol s'élargissent, surtout pour la Mosaïque de culture et puis la Mosaïque arborée (Tableau 2 ; Figure 2). Ce cas est plus prononcé à Antsahovy et puis à Ankaviabe (Tableau 2).

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

| | 1992 | | 1995 | | 2000 | | 2005 | | 2010 | | 2015 | | Evolution 1992-2015 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Type Couverture** | **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 arbustive | 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 arbustive | 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 arbustive | 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 |


EN 1992 (E)
EN 2015 (F)
Antsahantitra
SAHAFIHITRY
Manakambahiny
Mètres
0
8 000
16 000
Légende
villages
Cours d'eau
District d'Antalaha
SBV SAHAFIHITRY
Aire Protégée
CLASSE
Aire Protégée
Nouvelle Aire Protégée
Site Potentiel AP
Occupation de Sol
classe
Forêt dégradée (1992)
Forêt dense
Mosaique de culture
plan d eau
Forêt dégradée (2015)
Source : Google Earth
Projection : Laborde Madagascar 29700
Réalisateur : Bemarozara T. Joseph / Edition : Juillet 2025


EN 1992 (C)
EN 2015 (D)
Ambarabaha
ANKAVIABE
Antsahantitra
Manakambahiny
Mètres
0
8 000
16 000
Légende
villages
Cours d'eau
District d'Antalaha
SBV ANKAVIABE
Aire Protégée
CLASSE
Aire Protégée
Nouvelle Aire Protégée
Site Potentiel AP
Occupation de Sol
classe
Forêt dégradée (1992)
Forêt dense
Mosaique de culture
plan d eau
Forêt dégradée (2015)
Source : Google Earth
Projection : Laborde Madagascar 29700
Réalisateur : Bemarozara T. Joseph / Edition : Juillet 2025

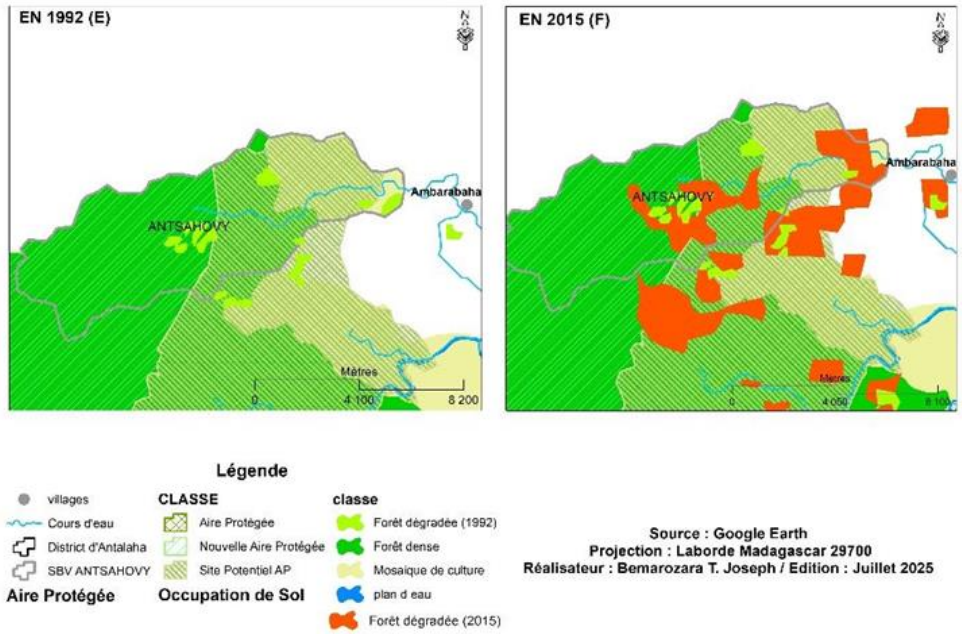



**Figure 2** : Changement d'occupation et de couverture du sol en 1992 et 2015 à Sahafihitry (A-B), Ankaviabe (C-D) et Antsahovy (E-F)

*Causes, conséquences des pressions et menaces*

Les résultats d'enquête, aussi supportés par l'observation sur le terrain, montrent que le manque de superficie à vocation rizicole accompagné de l'accroissement galopante de la population est la cause racine des menaces et pressions exerçant dans le bassin versant d'Ankavia. Dans ce bassin, par exemple, les données récentes sur l'évolution de la population humaine montrent que l'effectif passe d'environ 4000 habitants en 2012 à plus de 5000 habitants 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 brulis (*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).

A part de cet accroissement démographique, les Figures 3-4 résument les résultats sur la pratique agricole dans les quatre villages situés dans les

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 3). Avec celle d'Ambarahaba, cette pratique culturale y occupe une grande surface (Figure 4). La riziculture irriguée est peu répandue dans les villages d'Ambarahaba, 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 3). La superficie occupée par cette culture varie de 13,97 ha à Antsahantira à 159,11 ha à Antsahamanenona (Figure 4). La culture de rente (vanille) est couramment pratiquée par les ménages dans ces quatre villages, mais de façon comparativement faible à Antsahamanenona (Figure 3). Cette culture s'étend sur une superficie allant de 158,44 ha à Antsahamanenona à 241,71 ha à Ambarahaba (Figure 4).

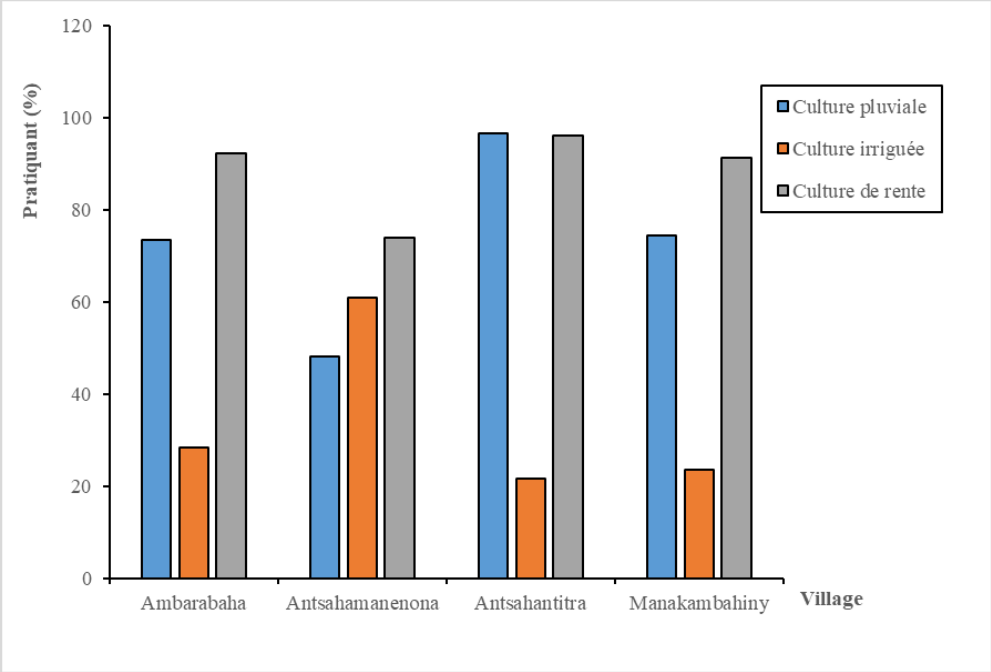



**Figure 3** : Répartition des pratiques agricoles dans quatre villages situés dans les sous-bassins versants d'Ankavia

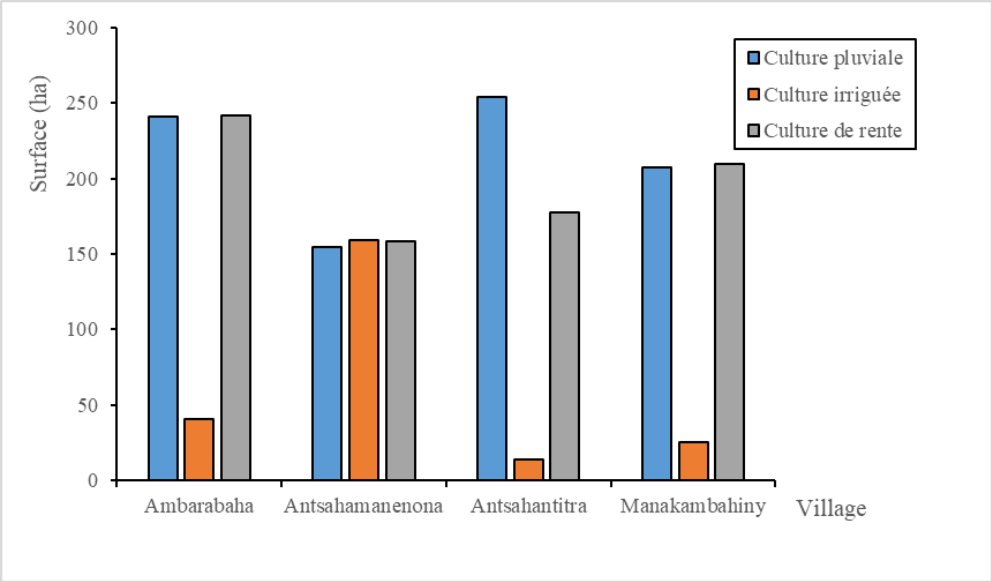



**Figure 4** : Répartition des surfaces cultivées selon les pratiques agricoles dans quatre villages situés dans les sous-bassins versants d'Ankavia

*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 cyclones qui a frappé Madagascar, a laissé 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 revenue 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).

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 pourrait 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 courant 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.

**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 Sahafihitry) 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'Etudes 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. Phylosophical 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. 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.
16. 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.
17. Innes, J. L. (2010). Madagascar rosewood, illegal logging and the tropical timber trade. Madagascar Conservation & Development, 5, 6-10.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. 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.
31. Randriamalala, H. & Liu, Z. (2010). Rosewood of Madagascar: Between democracy and conservation. Madagascar Conservation & Development, 5, 11-22.
32. 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
33. 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).
34. 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.
35. Schatz, G. E., Lowry II, P. P. & Ramisamihantanirina, A. (1998). *Takhtajania perrieri* rediscovered. Nature, 391, 133-134.
36. 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.
37. Schuurman, D. & Lowry II, P. P. (2009). The Madagascar rosewood massacre. Madagascar Conservation & Development, 4, 98-102.
38. 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.
39. Suzzi-Simmons, A. (2023). Status of deforestation of Madagascar. Global Ecology and Conservation, 42, e02389.
40. Tockner, K. & Stanford, J.A. (2002). Riverine flood plains: present state and future trends. Environmental Conservation, 29, 308–330.
41. 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.
42. WCS. (2017). Plan d'Aménagement et de Gestion du Parc Naturel Makira 2017-2021. Wildlife Conservation Society.
43. 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., Rodrıguez-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.
44. World Population Prospect (2024). United Nations population estimates and projections. Department of Economic and Social Affairs. US.
45. Wurz, A., Tscharntke, 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., Ratsoavina, 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.