



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIES
MENTION : BIOLOGIE ET ECOLOGIE VEGETALES

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master
Parcours : Diagnostic, Suivi Ecologique, Aménagement des écosystèmes et de
l'Environnement (D.I.A.S.E)

EVALUATION DE LA DEFORESTATION ET DES POINTS DE FEUX DANS LA
NOUVELLE AIRE PROTEGEE D'AMBOHIDRAY SELON LES APPROCHES DES
PLATEFORMES « GLOBAL FOREST WATCH » ET « FIRE INFORMATION FOR
RESOURCE MANAGEMENT SYSTEM » (2016-2022), MORARANO-GARE,
REGION ALAOTRA-MANGORO



Présenté par RATSIMBAZAFY Sehen

Soutenu publiquement le 25 Juin 2024 devant la commission du jury composée de :

Président : Pr RAKOTOARIMANANA Vonjison

Rapporteur : Dr RANIRISON Patrick

Examineur : Dr RABARISON Harison



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIES
MENTION : BIOLOGIE ET ECOLOGIE VEGETALES

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master
Parcours : Diagnostic, Suivi Ecologique, Aménagement des écosystèmes et de
l'Environnement (D.I.A.S.E)

**EVALUATION DE LA DEFORESTATION ET DES POINTS DE FEUX DANS LA
NOUVELLE AIRE PROTEGEE D'AMBOHIDRAY SELON LES APPROCHES DES
PLATEFORMES « GLOBAL FOREST WATCH » ET « FIRE INFORMATION FOR
RESOURCE MANAGEMENT SYSTEM » (2016-2022), MORARANO-GARE,
REGION ALAOTRA-MANGORO**

Présenté par RATSIMBAZAFY Scheno

Soutenu publiquement le 25 Juin 2024 devant la commission du jury composée de :

Président : Pr RAKOTOARIMANANA Vonjison

Rapporteur : Dr RANIRISON Patrick

Examineur : Dr RABARISON Harison

Photos de couverture, photographiées par RATSIMBAZAFY, 2023

Lac Ambolobe (à gauche) et forêt du noyau dur située au nord de la NAP (à droite)

REMERCIEMENTS

Ma plus grande reconnaissance s'adresse, en premier lieu, à Dieu Tout Puissant, qui m'a toujours accompagné durant toutes ces longues années d'étude que j'ai effectuée, jusqu'à la réalisation de ce mémoire.

J'adresse, en second lieu, mes vifs remerciements, à la Mention Biologie et Ecologie Végétales, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, pour sa collaboration dans l'accomplissement de ce travail.

J'ai aussi l'immense honneur à remercier, en particulier, les personnes suivantes :

- Professeur RAKOTOARIMANANA Vonjison, Enseignant chercheur, Professeur titulaire au Domaine Sciences et Technologies, qui a bien voulu apporter des conseils et remarques constructives à la finalisation de ce présent manuscrit et à la fois de nous faire l'honneur de présider ce mémoire. Veuillez accepter mes vifs remerciements.
- Docteur RANIRISON Patrick, Enseignant chercheur, Maître de conférences au sein de la Mention Biologie et Ecologie Végétales, Chef de Parcours DIASE, pour son encadrement, et aussi pour les divers conseils et techniques précieux qu'il a partagé tout au long de la réalisation de ce travail de recherche. Veuillez accepter ma respectueuse gratitude.
- Docteur RABARISON Harison, Enseignant chercheur, Maître de conférences au sein de la Mention Biologie et Ecologie Végétales, qui, malgré ses multiples obligations, a fait l'honneur d'examiner ce travail et a bien voulu partager ses conseils et remarques pour l'amélioration de ce travail. Merci infiniment d'avoir accepté d'être l'examineur de ce travail.

Je tiens également à présenter ma gratitude :

- À tous les enseignants de la Faculté des Sciences, en particulier ceux à la Mention Biologie et Ecologie Végétales, de nous avoir partagé leurs connaissances durant toutes ces années.
- À tous les personnels de la Nouvelle Aire Protégée d'Ambohidray, pour leur accueil chaleureux et leur aide, qui ont rendu notre séjour plus facile durant notre descente sur terrain.
- À nos guides, Mr Henri et Mr Jules, pour leur dévouement et leur gentillesse, qui nous ont beaucoup aidé et encouragé dans la réalisation des travaux de terrain.

- À mon binôme de terrain, FADHLAOUI Ranim, étudiante de l'université El Manar, en Tunis, pour son soutien et sa sympathie, durant les travaux sur terrain jusqu'à l'aboutissement de ce travail.
- À tous les villageois d'Ambohidray pour leur accueil et leur partage.

Aussi, un grand merci à :

- Toute ma famille, particulièrement à mes parents et à mon meilleur ami, surtout pour leur soutien moral et encouragement qui m'ont aidé à avancer et à persévérer pendant toutes les années de mes études à l'Université.
- Tous mes collègues dans le parcours DIASE, de la promotion « ARINALA », pour les échanges et conseils qui ont beaucoup contribué à l'accomplissement de ce travail.
- Toutes les personnes qui ont participé, directement ou indirectement, à l'aboutissement de ce travail.

Merci infiniment !

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	i
LISTE DES CARTES	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES ACRONYMES	ix
GLOSSAIRE	xi
INTRODUCTION.....	1
1^{ERE} PARTIE : MILIEU D’ETUDE.....	4
I.1. Localisation géographique.....	4
I.2. Aménagements de la NAP	4
I.3. Milieu abiotique.....	5
I.3.1. Climat.....	5
I.3.2. Hydrologie	5
I.3.3. Géologie et pédologie	6
I.4. Milieu biotique.....	6
I.4.1. Flore et végétation.....	6
I.4.2. Faune.....	7
I.4.3. Milieu humain	7
I.4.3.1. Composition ethnique	7
I.4.3.2. Activités socio-économiques	7
2^{EME} PARTIE : MATERIELS ET METHODES D’ETUDE.....	10
II.1. Matériels d’études	10
II.2. Méthodes d’études.....	10
II.2.1. Recueil bibliographique	10
II.2.2. Extraction des données sur Global Forest Watch (GFW).....	10
II.2.2.1. Description de la plateforme	10
II.2.2.2. Téléchargement des données sur la couverture arborée de 2016 à 2022 de la NAP d’Ambohidray	14
II.2.3. Extraction des données sur FIRMS	14
II.2.3.1. Description de la plateforme	14
II.2.3.2. Téléchargement des données sur les feux entre 2016 et 2022.....	16
II.2.4. Collectes de données sur terrain.....	16
II.2.4.1. Observation directe.....	16

II.2.4.2. Enquêtes socio-économique sur les causes et origines de la déforestation et des feux et recueils des solutions proposées par les riverains	17
II.2.5. Analyse et traitement de données.....	17
II.2.5.1. Traitement des données sur la perte du couvert arboré	17
II.2.5.2. Traitement des données sur les points de feu	18
II.2.5.3. Traitement des données collectées sur terrain	19
3^{EME} PARTIE : RESULTATS ET INTERPRETATIONS	20
III.1. Validation des données des plateformes GFW et FIRMS	20
III.2. Evolution de la couverture arborée de l’Aire Protégée d’Ambohidray entre 2016 et 2022.....	20
III.2.1. Evolution de la couverture arborée dans l’ensemble de la NAP d’Ambohidray (2016-2022)	20
III.2.2. Evolution de la couverture arborée par unité d’aménagement (2016-2022)	23
III.3. Evolution spatio-temporelle des feux dans l’Aire Protégée d’Ambohidray entre 2016 et 2022.....	25
III.3.1. Variation annuelle et répartition des points de feu	25
III.3.2. Fréquence des feux	26
III.3.3. Saisonnalité des feux.....	27
III.3.4. Corrélation entre nombre de feux et paramètres climatiques	28
III.4. Causes et origines de la déforestation et des feux dans la NAP d’Ambohidray.....	30
III.4.1. Causes et origines de la déforestation	30
III.4.2. Causes et origines des feux	32
III.5. Solutions proposées par les riverains	33
4^{EME} PARTIE : DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS	35
IV.1. Discussion sur les approches méthodologiques	35
IV.1.1. Problèmes rencontrés sur les données de GFW	35
IV.1.2. Problèmes rencontrés sur les données de FIRMS	35
IV.1.3. Problèmes rencontrés lors des enquêtes.....	36
IV.2. Discussion des résultats	36
IV.2.1. Discussion des résultats sur l’évolution du couvert arboré de la NAP d’Ambohidray.....	36
IV.2.2. Discussion des résultats sur la dynamique spatio-temporelle des feux de la NAP d’Ambohidray	37
IV.2.3. Discussion des causes de la déforestation et de feux dans la NAP d’Ambohidray	38
IV.3. Recommandations	39

CONCLUSION.....41
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....43
WEBOGRAPHIE.....46
ANNEXES..... I

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Localisation de la Nouvelle Aire Protégée d’Ambohidray	4
Carte 2 : Etat du couvert arboré de la NAP d’Ambohidray en 2016	22
Carte 3 : Perte de couvert arboré dans la NAP d’Ambohidray de 2016 à 2022.....	22
Carte 4 : Etat du couvert arboré de la NAP d’Ambohidray en 2022	22
Carte 5 : Répartition spatiale des feux actifs dans la NAP d’Ambohidray entre 2016 et 2022	26

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Courbe ombrothermique du District de Moramanga entre les années 2013 et 2021.....	5
Figure 2 : Catégorie des forêts considérées par GFW	12
Figure 3 : Variation de la perte de couvert arboré dans l'ensemble de la NAP d'Ambohidray et par unité d'aménagement entre 2016 et 2022	21
Figure 4 : Variation de la perte de couvert arboré dans les noyaux durs Andriambe et Ambolobe (2016-2022).....	23
Figure 5 : Variation de la perte de couvert arboré dans la zone tampon (2016-2022).....	24
Figure 6 : Variation annuelle des points de feux de la NAP d'Ambohidray de 2016 à 2022	25
Figure 7 : Variation mensuelle des points de feux de la NAP d'Ambohidray de 2016 à 2022	27
Figure 8 : Interrelation entre température maximale et nombre de feux actifs (2016-2022)	28
Figure 9 : Interrelation entre précipitation et nombre de feux actifs (2016-2022).....	29
Figure 10 : Principales causes de la déforestation dans la forêt d'Andriambe	31
Figure 11 : Principales causes de la déforestation dans la zone tampon de la NAP d'Ambohidray..	32

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Ensemble de données de base de Global Forest Watch	13
Tableau 2 : Détection des points chauds par les capteurs MODIS et VIIRS	15
Tableau 3 : Fréquences des feux par unité d'aménagement.....	27
Tableau 4 : Corrélation entre nombre de feux actifs et paramètres climatiques	29
Tableau 5 : Causes et origines de la déforestation dans la NAP d'Ambohidray	30
Tableau 6 : Causes et origines des feux dans la NAP d'Ambohidray.....	33
Tableau 7 : Solutions proposées par la communauté locale.....	34
Tableau 8 : Comparaison de la méthodologie sur l'évaluation de la déforestation de la NAP d'Ambohidray avec ceux des études effectuées antérieurement.....	37
Tableau 9 : Comparaison de la méthodologie et des résultats de la présente étude avec ceux des APs d'Ampasindava et de Galoko-Kalobinono	38

LISTE DES ACRONYMES

AP : Aire Protégée

CA : Couvert Arboré

ETM+ : Enhanced Thematic Mapper Plus

FAO : Food and Agriculture Organization

FIRMS : Fire Information for Resource Management System

FRA : Global Forest Resources Assessment

DBEV : Département Biologie et Ecologie Végétales

GFC : Global Forest Change

GFW : Global Forest Watch

GLAD : Global Land Analysis and Discovery

MBEV : Mention Biologie et Ecologie Végétales

MEEF : Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts

MEEMF : Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie, de la Mer et des Forêts

MODIS : Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

NAP : Nouvelle Aire Protégée

NASA LANCE : NASA's Land, Atmosphere Near real-time Capability for EOS

NASA : National Aeronautic and Space Administration

ND : Noyau Dur

NPA : New Protected Area

OLI : Operational Land Imager

PAG : Plan d'Aménagement et de Gestion

PF : Points de feux

S-NPP : Suomi National Polar-orbiting Partnership

TCD : Tree Cover Density

TM : Thematic Mapper

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

UMD : Université de Maryland

USGS : US Geological and Survey

VIIRS : Visible Infrared Imaging Radiometer Suite

VOI : Vondron'olona Ifotony

WRI : World Resources Institute

ZT : Zone Tampon

GLOSSAIRE

Aire Protégée : un territoire délimité, terrestre, marin, côtier, aquatique dont les composantes présentent une valeur particulière notamment biologique, naturelle, esthétique, morphologique, historique, archéologique, culturelle ou culturelle, et qui nécessite, dans l'intérêt général, une préservation multiforme (COAP, 2015).

Anomalie thermique : une augmentation inhabituelle de la température de la surface du sol (BELLAOUI, 2018).

Capteur satellitaire : un dispositif embarqué à bord d'un satellite artificiel qui permet de recueillir des données sur la terre ou d'autres corps célestes.

Couvert arboré : le niveau de fermeture du couvert forestier pour toute végétation mesurant plus de 5 mètres de hauteur (http1).

Cultures sur brûlis : tout système agricole dans lequel les champs sont défrichés par le feu et cultivés pendant une période brève pour être ensuite mis en jachère, le plus souvent forestière, à longue révolution (CONKLIN, 1957).

Déforestation : conversion de la forêt à d'autres utilisations des terres ou réduction à long terme du couvert arboré au-dessous d'un seuil minimal de 10 pour cent (FAO, 2014).

Défrichement : des opérations volontaires ayant pour effet de détruire l'état boisé d'un terrain et de mettre fin à sa destination forestière ou entraînant indirectement et à terme les mêmes conséquences, sauf si elles sont entreprises conformément au plan d'aménagement et de gestion (COAP, 2015).

Feux de brousse : tout incendie intentionnel d'un couvert végétal, de nature sauvage ou à but de nettoyage ou pour l'installation de cultures agricoles (ALLIANCE VOAHARY GASY, 2016).

Forêt : terres occupant une superficie de plus de 0,5 hectares avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à cinq mètres et un couvert arboré de plus de dix pour cent, ou avec des arbres capables d'atteindre ces seuils in situ. Sont exclues les terres à vocation agricole ou urbaine prédominante (FAO, 2015).

Imagerie satellitaire : désigne la prise d'images depuis l'espace, par des capteurs placés sur des satellites.

Nœud ascendant : le point où le satellite traverse le plan équatorial (le perpendiculaire à l'axe de rotation de la Terre) du sud vers le nord.

Nœud descendant : le point où le satellite traverse le plan équatorial du nord vers le sud.

Noyau dur : une zone sanctuaire d'intérêt biologique, culturel ou cultuel, historique, esthétique, morphologique et archéologique, constituée en périmètre de préservation intégrale. Toute activité, toute entrée et toute circulation y est restreinte et réglementée (COAP, 2015).

Paysage Harmonieux Protégé : une Aire Protégée où les interactions entre l'Homme et la Nature contribuent au maintien de la biodiversité et des valeurs esthétiques, culturelles et cultuelles et au développement économique et social (COAP, 2015).

Perte : indique la disparition ou la mortalité du couvert forestier et peut être due à divers facteurs, notamment la récolte mécanique, les incendies, les maladies ou les dégâts causés par les tempêtes. En tant que telle, la « perte » n'équivaut pas à la déforestation (<http2>).

Plan d'Aménagement et de Gestion : document de réglementation qui définit le droit d'utilisation des ressources naturelles à l'intérieur des territoires auxquels il s'applique.

Projet de développement durable : vise à développer sur un territoire les activités économiques et sociales innovantes et créatives, préservant l'environnement.

Reboisement : activité d'origine humaine qui consiste à convertir en forêt une terre qui était précédemment une forêt mais qui a été déboisée depuis (GAVALDÃO et FRANÇOIS, 2013).

Résolution spatiale : la plus petite surface au sol (unité territoriale) dont le signal radiométrique est détectable par le capteur (EUROSTAT, 2000).

Résolution temporelle : le temps que prend un satellite pour effectuer un cycle orbital complet et pour observer de nouveau exactement la même scène à partir du même point dans l'espace (EUROSTAT, 2000).

Saisonnalité des feux : période de l'année pendant laquelle les feux ont le plus de chance de partir et de se propager (BROUCKE, 2009).

Satellite : instrument de mesures de la télédétection spatiale, gravitent autour de la terre à environ 800 km d'altitude sur une orbite héliosynchrone polaire (JAQUET, 1987)

Service écologique : bénéfices tirés des processus naturels. Cette notion met en valeur l'utilité de la nature pour l'Homme et sa dépendance vis-à-vis du fonctionnement des écosystèmes (UICN France, 2014).

Télédétection : ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre (y compris l'atmosphère et les océans), sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et analyser l'information qu'il représente, pour ensuite mettre en application cette information.

Zone tampon : un espace, dans lequel les activités sont réglementées pour assurer une meilleure protection du noyau dur de l'Aire Protégée et garantir la vocation de chaque composante (COAP, 2015).

Introduction

INTRODUCTION

Madagascar figure parmi les 25 points chauds (hotspots) de la biodiversité mondiale (MYERS et *al.*, 2000), avec une biodiversité particulièrement riche, mais aussi l'une des plus fortement menacées au monde (RANDRIAMAMPIANINA et *al.*, 2020).

Les forêts constituent pour la grande île les premiers écosystèmes concentrant la majorité de sa biodiversité, mais elles se trouvent aujourd'hui en danger et rencontrent une perte considérable au niveau de la surface : environ 80 à 90% des forêts malgaches est actuellement endommagée ou complètement dégradée, et l'île a perdu la moitié de sa couverture forestière durant les soixante dernières années (BIOTOPE, 2021). Le Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts a également énoncé en 2018, que le pays perd 10% de sa surface forestière à chaque décennie et que ce chiffre allait s'accélérer. Les facteurs de cette perte sont multiples mais la plupart est liée aux diverses activités socio-économiques de la population. L'extraction du bois pour la production du charbon, du bois de chauffe et du bois d'œuvre constitue la principale cause de la déforestation dans le pays, suivie de l'expansion et de l'intensification agricole, notamment de l'élevage et de la riziculture (BIOTOPE, 2021). En effet, l'usage des feux de végétation dans le socio-agrosystème malgache, surtout pour le maintien des zones de pâturage, ainsi que la principale technique des systèmes agricoles telle que les cultures sur brûlis demeurent également un facteur clé de la dégradation des forêts sur l'île (BIGOT et *al.*, 2019). D'après les études effectuées par ANDRIAMANANTENA et *al.*, en 2021, 60.000 points de feux, en moyenne, ont été détectés chaque année à Madagascar entre 2014 et 2018 ; et aussi selon Global Forest Watch en 2023, environ 290 000 ha de la couverture arborée du pays a été perdu à cause des incendies pendant la période 2001 à 2022 (<http3>).

Cependant, les forêts fournissent de nombreux services écologiques importants pour le pays et tiennent un rôle capital dans la vie de la société malagasy en leur procurant bon nombre de produits forestiers pour satisfaire certains besoins vitaux (FAO, 2015), d'où la nécessité de prioriser leur conservation.

La mise en statut des écosystèmes naturels en Aires Protégées (AP) demeure pour Madagascar, la meilleure solution pour conserver l'intégrité de sa biodiversité car elles ont eu tendance à ralentir efficacement la perte des forêts sur l'île (JONES et *al.*, 2021).

La Nouvelle Aire Protégée d'Ambohidray a été créée en 2015, selon le décret n°2015-808 du 23 juillet 2015 (MEEMF, 2015). Elle est gérée par le Département Biologie et Ecologie Végétales (DBEV) de l'Université d'Antananarivo, avec la communauté locale de base appelée Vondron'olona Ifotony (VOI). Elle est classée dans la catégorie V ou « Paysages Harmonieux

Protégés » par l'UICN et permet l'existence de diverses activités humaines au sein de son territoire dans la zone tampon. La Nouvelle Aire Protégée renferme une richesse en biodiversité et habitats naturels considérables, mais malheureusement elle se trouve face aux diverses pressions anthropiques, notamment les activités socio-économiques de la population locale. En effet, la fréquence élevée des feux de forêt due aux pratiques de culture itinérante sur brûlis et l'extraction de bois pour la fabrication de charbon restent les plus importantes pressions sur la forêt (RABARY, 2018).

Un Plan d'Aménagement et de Gestion (PAG) a été proposé en 2018, avec l'objectif de gérer la NAP d'Ambohidray en vue de sa préservation durable et bénéfique à la population riveraine (RABARY, 2018). La mise à jour de ce plan est maintenant nécessaire pour les cinq prochaines années à venir. Pourtant, aucune étude n'a encore été faite sur l'évaluation de l'efficacité de gestion de la NAP, et parallèlement, une question se pose sur son évolution depuis la prise en charge de sa gestion. Le gestionnaire a alors la nécessité de connaître l'état des lieux ainsi que les différentes lacunes observées durant ces années passées, pour pouvoir élaborer de nouveaux principes plus efficaces et plus adéquats, notamment contre la déforestation et les feux qui constituent les principales pressions sur la NAP d'Ambohidray. C'est pourquoi la présente étude a été menée sous la directive de la MBEV de l'université d'Antananarivo, avec l'objectif global d'évaluer la perte de la couverture arborée ainsi que les caractéristiques spatio-temporelles des points de feux dans la Nouvelle Aire Protégée d'Ambohidray entre les années 2016 et 2022, en utilisant des plateformes de suivi en ligne telles que le Global Forest Watch (GFW) et Fire Information For Resource Management System (FIRMS). Pour atteindre cet objectif, trois (3) objectifs spécifiques ont été définis, tels que :

- Evaluer la perte des couvertures arborées dans les noyaux durs et la zone tampon entre les années 2016 et 2022 à partir de la plateforme GFW ;
- Analyser la dynamique spatio-temporelle des points de feux dans l'AP pendant cette période à partir de la plateforme FIRMS ; et
- Identifier les origines et principales causes de la perte ainsi que les solutions proposées par la communauté locale en vue d'une réorientation stratégique.

Ainsi, trois hypothèses sont à vérifier à la fin de cette étude :

- H1 : la perte du couvert arboré est uniquement observée à l'intérieur de la zone tampon de la NAP ;
- H2 : le renouvellement de pâturage pour l'élevage constitue un grand facteur d'apparition de feux dans la NAP d'Ambohidray ;

- H3 : la situation socio-économique des locaux constitue la principale origine des pertes de couvert arboré et la pratique de feu au niveau de la NAP.

Afin de mieux comprendre le sujet, le plan de travail est divisé en quatre grandes parties : d'abord la première consiste à la description des zones d'études, ensuite la deuxième partie détaille les différentes méthodes adoptées pour atteindre les objectifs fixés. Puis, la troisième partie est consacrée à la présentation des résultats ainsi que les interprétations. La dernière partie sera dédiée aux discussions et recommandations pour mener une gestion efficace, équitable et durable de la NAP d'Ambohidray.

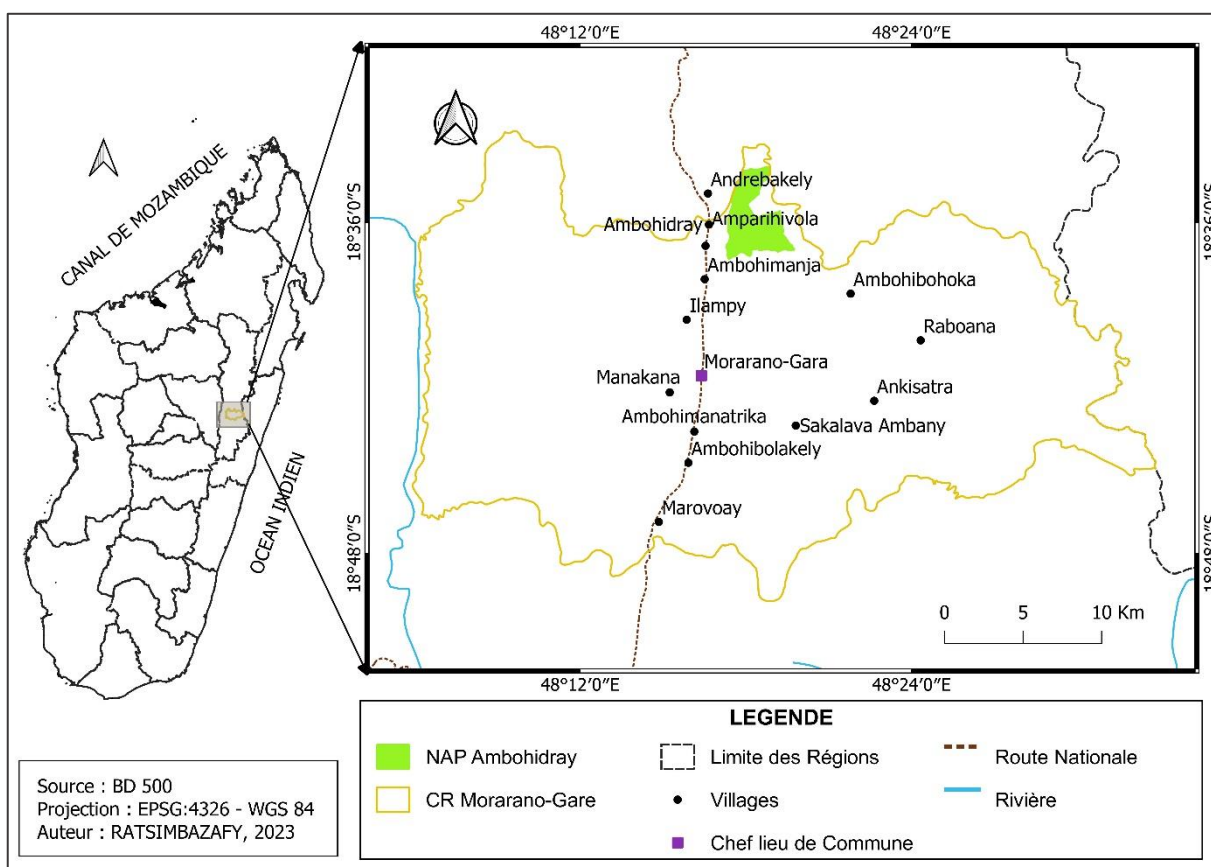
Première Partie : Milieu d'étude

Première partie : MILIEU D'ETUDE

Cette première partie montre la localisation de la Nouvelle Aire Protégée d'Ambohidray et décrit ses différents milieux abiotiques et biotiques.

I.1. Localisation géographique

La Nouvelle Aire Protégée d'Ambohidray se localise dans le Fokontany Ambohidray qui appartient administrativement à la commune rurale de Morarano-Gare, District de Moramanga, Région Alaotra Mangoro, Ex-Province de Toamasina. Située sur la partie Est de Madagascar, elle est comprise entre 18°34' à 18°37' de latitude Sud et 48°17' à 48°19' de longitude Est, à 40 km au Nord de la ville de Moramanga en parcourant la Route Nationale 44 vers Ambatondrazaka.



Carte 1 : Localisation de la Nouvelle Aire Protégée d'Ambohidray

I.2. Aménagements de la NAP

L'Aire Protégée d'Ambohidray couvre une superficie totale d'environ 1 405 ha avec un périmètre mesurant 22,15 km. Elle renferme deux noyaux durs (zones strictement protégées) où toutes formes d'exploitation sont interdites, et une zone tampon dans laquelle les activités sont permises mais réglementées pour assurer la meilleure conservation de la biodiversité et la pérennisation de son utilisation.

Le premier noyau dur se trouve dans la partie Sud-Est de la NAP. Il s'agit de la forêt nommée Andriambe qui occupe une superficie d'environ 453 ha. Le second se situe au Nord de la NAP et couvre une superficie d'environ 98 ha. Il s'agit de la forêt Ambolobe, qui constitue également la zone écotouristique de la NAP. Le reste de la surface constitue la zone tampon et est subdivisée en zones d'occupation contrôlée (ZOC), zones de restauration (ZRe), zones de recherche (ZR) et zone d'utilisation durable (ZUD). La carte de zonage complète de la NAP d'Ambohidray est présentée à l'annexe 1.

I.3. Milieu abiotique

I.3.1. Climat

La zone d'étude est soumise à un climat tropical de type humide tempéré (KOECHLIN et *al.*, 1974). D'après les données climatiques du District de Moramanga enregistrées par le service météorologique d'Ampanomby pendant les années 2013 jusqu'à 2021 (Annexe 2 et 3), la précipitation moyenne annuelle est de 1 150,7 mm et la température moyenne annuelle est de 19,7°C. La courbe ombrothermique (Figure 1) établie selon la méthode de Gaussen (1955) montre trois mois écossecs (août à octobre) et neuf mois pendant lesquelles les précipitations sont abondantes (novembre à juillet).

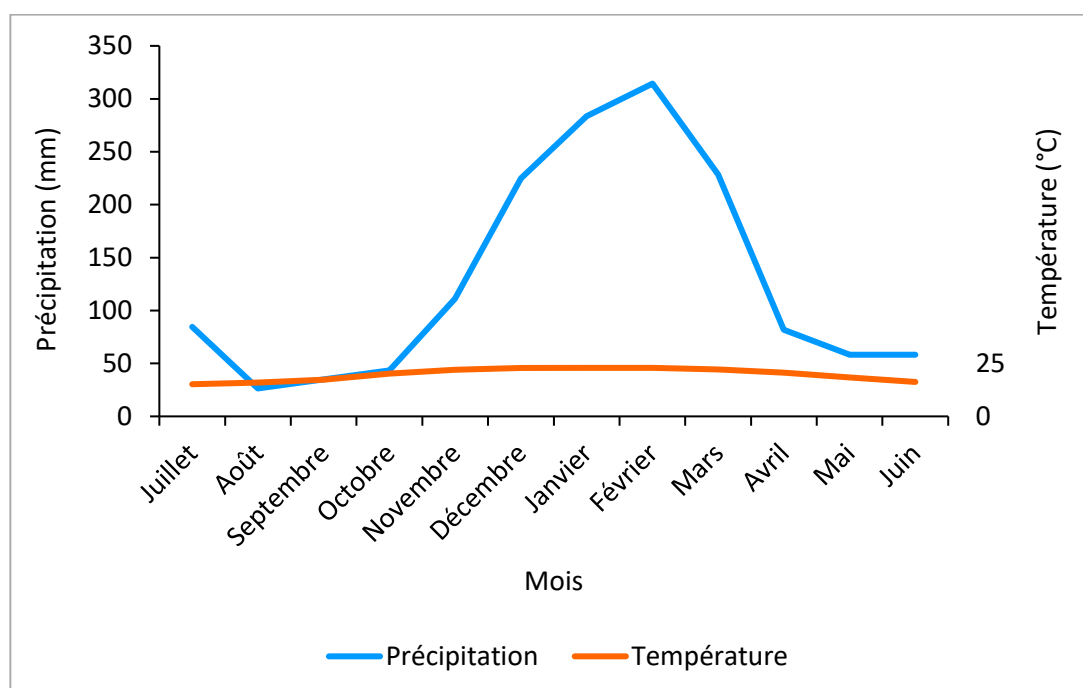


Figure 1 : Courbe ombrothermique du District de Moramanga entre les années 2013 et 2021

I.3.2. Hydrologie

Le réseau hydrographique est surtout concentré dans la partie ouest de l'Aire Protégée. Une rivière appelée Salanary unit deux affluents, l'un provenant du lac d'Ambolobe situé dans la partie Nord de

l'Aire Protégée et l'autre de Marofoza dans la partie Sud. Cette rivière s'écoule jusqu'au village d'Ambohidray qui se trouve au sud-ouest de la NAP.

I.3.3. Géologie et pédologie

Au niveau géologique, la commune rurale de Morarano-Gara incluant le Fokontany Ambohidray s'installe sur un socle précambrien malagasy, constitué par des roches gneissiques indifférenciées (BESAIRIE, 1946).

Le sol est de type ferralitique, aux horizons superficiels rouges et jaunes sur rouges, conditionnés par un apport important de matières organiques et de l'humidité (KOECHLIN et *al.*, 1974). Outre, des sols tourbeux, riches en sulfure se développent dans les zones marécageuses (KOECHLIN et *al.*, 1974).

I.4. Milieu biotique

I.4.1. Flore et végétation

La Nouvelle Aire Protégée d'Ambohidray est incluse dans le Domaine du Centre de la Région Orientale malgache (HUMBERT, 1965) et appartient à la zone éco-floristique orientale de moyenne altitude de 800 à 1800 m (FARAMALALA et RAJERIARISON, 1999). Elle est composée de forêts naturelles, de savanes plus étendues, de zones dégradées dues aux diverses activités anthropiques, de peuplements d'*Eucalyptus* et de *Pinus*, des marais et d'un réseau de petits ruisseaux et lacs. Elle présente une forêt dense humide ombrophile de la Série à *Weinmannia* (CUNONIACEAE) et *Tambourissa* (MONIMIACEAE). C'est une forêt complexe sempervirente riche en essences ligneuses, arbres et arbustes, et plus riche en plantes basses de la strate inférieure (HUMBERT, 1965). Les sous-bois sont aussi plus abondants, plus denses et plus difficilement pénétrables.

L'Aire Protégée abrite une grande richesse floristique dont les familles les plus représentées sont les RUBIACEAE, les EUPHORBIACEAE, les LAURACEAE, les FABACEAE et les SARCOLAENACEAE (RABARY, 2018). Elle renferme plusieurs espèces endémiques et originaires de l'île comme : *Dalbergia monticola*, *Harungana madagascariensis*, *Ravensara aromatica*, *Weinmannia rutenbergii* et *Pandanus madagascariensis*. Plusieurs espèces de fougères arborescentes et épiphytes y sont également assez fréquentes. Sur quelques plateaux, des savanes occupant des superficies considérables caractérisées par, *Aristida rufescens* et *Hyparrhenia rufa* et des peuplements d'*Erica* spp. sont observés. Les formations marécageuses sont dominées par les espèces hygrophiles telles que *Typha latifolia* L. et *Pandanus vandamii* Parkinson.

I.4.2. Faune

Les forêts de la NAP d'Ambohidray, ses savanes, ses cours d'eau et lacs constituent des habitats indispensables pour diverses espèces de faune sauvage. Ces espèces tiennent un grand rôle sur l'intégrité écologique de la NAP et surtout sur la régénération du peuplement forestier. Leur présence attire également l'attention des touristes du monde entier à visiter la NAP.

Peu d'études ont été effectuées concernant la faune d'Ambohidray mais plusieurs espèces y ont été observées. Les espèces citées ci-après ne sont que des exemples de toutes les espèces endémiques fréquemment observées dans la NAP (MADAGASCAR VOAKAJY sous presse).

- ✚ Parmi les Amphibiens ont été mentionnées les espèces appartenant à la famille des MANTELLIDAE suivantes : *Boophis pyrrhus*, *Mantella crocea*, *Guibemantis liber*, *Spinomantis aglavei*, *Boophis madagascariensis* et *Aglyptodactylus madagascariensis*.
- ✚ Parmi les Reptiles ont été citées *Sanzinia madagascariensis* (BOIDAE), *Calumma nasutum* et *Brookesia ramanantsoai* (CHAMAELEONIDAE), *Ebenavia inunguis* et *Uroplatus phantasticus* (GEKKONIDAE), *Liopholidophis doliocercus* et *Ithycyphus perineti* (LAMPROPHIIDAE).
- ✚ Parmi les Oiseaux ont été observées *Alectroenas madagascariensis* et *Streptopelia picturata* (COLUMBIDAE), *Numida mitrata* (NUMIDIDAE), *Margaroperdrix madagascariensis* (PHASIANIDAE) et *Coua caerulea* (CUCULIDAE).
- ✚ Parmi les Micromammifères ont été mentionnées *Terenc ecaudatus* et *Setifer setosus* de la famille des TENRECIDAE qui sont des gibiers.
- ✚ Parmi les Lémuriens ont été citées *Cheirogalus medius* et *Microcebus lehilahytsara* (CHEIROGALEIDAE), *Propithecus candidus* et *Indri indri* (INDRIDAE). Ces trois dernières sont endémiques régionales.

I.4.3. Milieu humain

I.4.3.1. Composition ethnique

La population locale est composée de plusieurs ethnies. Les autochtones sont des Bezanozano et le reste est constitué par des immigrants venant des autres régions. Ces derniers sont composés de Merina, Sihanaka, Antandroy, Betsimisaraka et Betsileo, qui viennent s'y installer pour rechercher des activités dans le domaine de l'agriculture et l'exploitation forestière (SIBELET et al., 2007), ou encore à cause du mariage (RATIANARINAMBININA, 2021).

I.4.3.2. Activités socio-économiques

✚ Activités agricoles :

L'agriculture et l'élevage constituent les principales activités de la majorité des habitants du fokontany Ambohidray. En effet 85% de la population sont des riziculteurs et pratiquent, comme mode de culture, le système traditionnel (SIBELET et *al.*, 2007). Les habitants pratiquent l'élevage, notamment de volailles, de zébu, de porcs et de moutons pour compléter l'agriculture.

Des cultures vivrières telles que les maïs, les maniocs, les haricots, les arachides et les patates douces sont également nombreuses, et les cultures de fruits et légumes divers y sont aussi présentes. L'agriculture constitue leur première source de revenu tandis que l'élevage n'est qu'une activité supplémentaire.



Photo 1 : Elevage de bovin



Photo 2 : Riziculture irriguée

✚ Charbonnage :

Le charbonnage constitue une source de revenus complémentaires pour la population locale mais certains le prennent comme principale source de revenus. Les producteurs de charbon représentent 18,7% de la population qui est en majorité des migrants (RATIANARINAMBININA, 2021). Les bois d'*Eucalyptus* sp. et de *Pinus* sp. sont les plus utilisés.



Photo 3 : Lieu de charbonnage



Photo 4 : Fabrication de charbon dans la zone tampon

✚ Artisanat :

L'artisanat regroupe la fabrication de la menuiserie et de la vannerie. La première se base sur des espèces d'arbres et d'arbustes ligneux telles que *Weinmannia rutenbergii* (Lalonkitsika), *Entada louvelii* (Fano), *Tambourissa thouvenotii* (Ambora), *Dalbergia monticola* (Hazovola), *Ocotea cymosa* (Varongy) et *Pinus* (Kesika). Quant à la vannerie, il s'agit d'une activité pour les femmes. Elles utilisent les feuilles de *Pandanus madagascariensis* (Vakoana), les feuilles de *Cyperus latifolius* (Herana), de *Lepironia articulata* (Penjy), de *Cyperus papyrus* (Zozoro) et d'*Eleocharis dulcis* (Harefo) pour la fabrication des paniers et des nattes. Ces activités sont généralement supplémentaires pour les locaux.



Photo 5 : Séchage de *Cyperus latifolius* (CYPERACEAE, Herana) au soleil dans le village Andrebakely

Deuxième Partie :
Matériels et méthodes d'étude

Deuxième partie : MATERIELS ET METHODES D'ETUDE

Cette partie présente les différents matériels et méthodes d'étude adoptées afin de connaître l'évolution du couvert arboré et la dynamique spatio-temporelle des feux de la NAP entre les années 2016 et 2022, les causes de ces pressions ainsi que les solutions proposées par la communauté locale. Elle explique toutes les étapes suivies depuis les récoltes des données jusqu'à l'obtention des résultats.

II.1. Matériels d'étude

Les matériels d'études comprennent la NAP d'Ambohidray, ses noyaux durs et sa zone tampon, ainsi que toutes ses unités écologiques, ensuite les facteurs de dégradation au sein de la NAP tels que les feux et les autres pressions anthropiques, puis les données satellitaires de la période 2016 – 2022 des plateformes GFW et FIRMS, et enfin la population locale, source d'informations importantes sur les causes et origines de la déforestation et feux dans la NAP.

II.2. Méthodes d'étude

II.2.1. Recueil bibliographique

Des revues bibliographiques ont été effectuées et ont permis d'obtenir plus d'informations sur la NAP d'Ambohidray, notamment sur l'étendue de sa couverture forestière et les différents facteurs qui incitent la déforestation et la mise à feu dans le milieu. Elles ont été accompagnées par des recherches webographiques qui ont servi à mieux comprendre les différentes méthodes de traitements de données et à mieux connaître les deux plateformes Global Forest Watch et FIRMS. Plusieurs ouvrages relatifs au thème d'étude ont également été consultés pour une meilleure compréhension du sujet.

II.2.2. Extraction des données sur Global Forest Watch (GFW)

II.2.2.1. Description de la plateforme GFW

a) Définition et objectif

Global Forest Watch est une plateforme de surveillance forestière en ligne qui met à disposition des données et des outils de suivi des forêts. Grâce à une technologie de pointe, GFW permet à chacun d'accéder à des informations en temps quasi-réel afin de savoir où et comment les forêts du monde entier évoluent (<https://www.globalforestwatch.org/about/>). Elle a été lancée en 2014 par le World Resources Institute (WRI) et un groupe de plus de 40 partenaires. Son principal objectif est de contribuer à une meilleure gestion des forêts mondiales et mettre fin à la déforestation.

b) Caractéristiques et limites du GFW

Global Forest Watch met en ligne et gratuitement des données et des informations à jour sur l'évolution des forêts dans le monde. Elle réunit les dernières technologies satellitaires, les données ouvertes et le « crowdsourcing » pour garantir l'accès à des informations actualisées et fiables sur les forêts. Les données permettent à chacun de surveiller l'évolution de la couverture arborée, lutter contre la déforestation et les incendies, et prendre des décisions plus avisées en matière de gestion et protection des forêts.

La plateforme dispose des outils pratiques qui consistent à voir et comprendre facilement l'évolution des paysages forestiers dans le monde ou dans une zone précise. Les changements au fil du temps sur les forêts sont visualisés directement sur une carte et les données statistiques sont clairement résumées à travers des tableaux et des graphiques interactifs. Outre, grâce à des systèmes d'alertes intégrés, les utilisateurs sont notifiés sur les perturbations forestières présentes dans leurs zones d'intérêts que ce soit déforestation ou incendie, les permettant d'agir à temps et d'améliorer les mesures de conservation.

Les données sur les gains, les changements nets et les pertes annuelles constituent les ensembles de données de base de GFW.

Voici les points forts de la plateforme Global Forest Watch :

- ✓ *Haute résolution* : les données sur la perte et gain annuels de la couverture arborée dans le monde entier sont à 30 m de résolution, disponibles pour l'analyse et le téléchargement ;
- ✓ *Temps quasi-réel* : la plateforme s'engage à fournir à ses utilisateurs les données forestières les plus précises et le plus rapidement possible, et envoie les alertes de déforestation en temps quasi réel ;
- ✓ *Vitesse* : le « Cloud computing » fournit par Google multiplie la vitesse à laquelle les données peuvent être analysées ;
- ✓ « *The crowd* » : GFW associe les informations de grande résolution provenant des satellites avec la puissance du « crowdsourcing » ;
- ✓ *Gratuit et facile à utiliser* : GFW est gratuit pour tous et l'expertise technique n'est pas nécessaire ;
- ✓ *Alertes* : lorsque les alertes à la déforestation sont détectées, le réseau de partenariat et citoyens à travers le monde peut être mobilisé pour agir ;
- ✓ *Outils Analytiques* : les couches montrant les limites des aires protégées dans le monde ; les concessions d'exploitation forestière, minière, et d'huile de palme ; les alertes quotidiennes de feux de brousse de la NASA ; les produits agricoles ; les paysages forestiers intacts et les points névralgiques de biodiversité.

Toutefois, Global Forest Watch présente des limites :

- ✓ Cette méthodologie est moins précise en zone sèche, là où le couvert arboré est déjà généralement faible pendant la saison sèche, rendant la perte d'arbres difficilement détectable (VIEILLEDENT *et al.*, 2018). En effet, dans les zones sèches, les arbres caducs perdent leurs feuilles pendant la saison sèche.
- ✓ GFW n'adopte aucune définition spécifique de la forêt mais se base entièrement sur des « critères biophysiques » tels que la hauteur des arbres, le couvert forestier et l'étendue des arbres. Toutes les formes de couverture arborée, y compris les forêts naturelles et les différentes plantations d'arbres sont considérées comme forêt selon GFW.

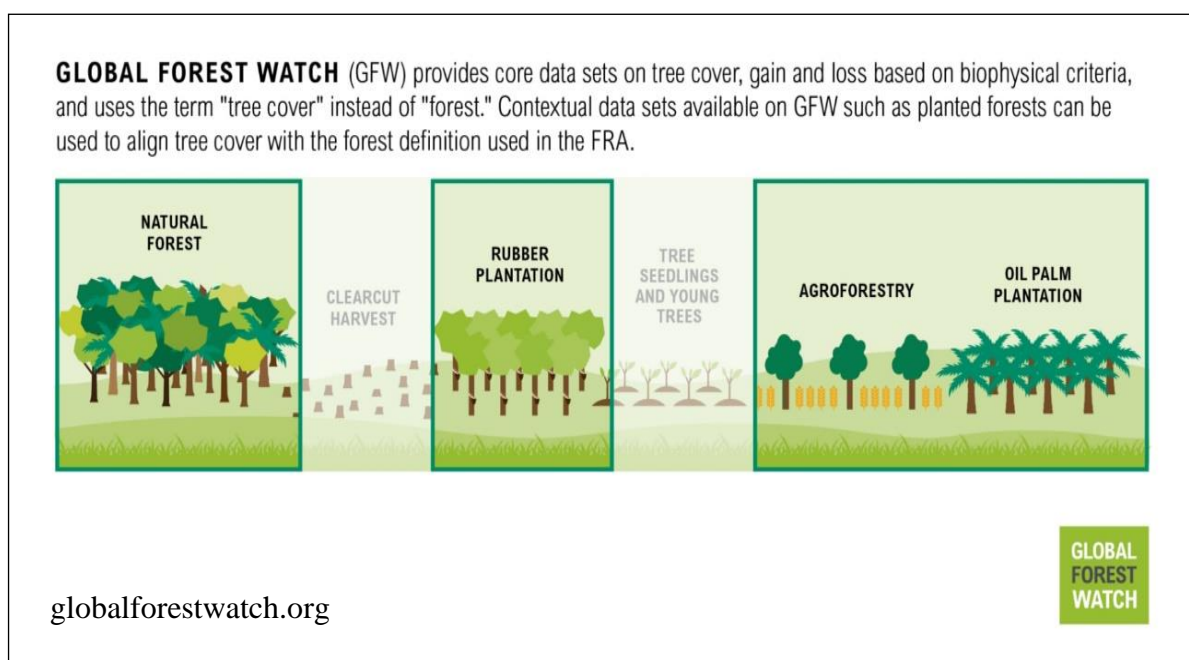


Figure 2 : Catégorie des forêts considérées par GFW

- ✓ De même, GFW ne cherche pas à définir la déforestation mais détecte et signale tous les cas de perte de couverture arborée, que ça soit permanente ou temporaire (par exemple, coupe à blanc suivie d'agriculture). En effet, « perte » indique la suppression ou la mortalité de la couverture arborée et peut être due à un ensemble de facteurs (abattage mécanique, incendies, maladies, ou dégâts causés par les tempêtes), n'équivaut donc pas à « déforestation ».
- ✓ Les données fournies par GFW sont des données dérivées des satellites et ne peuvent donc pas discerner les utilisations prévues des terres.

- ✓ GFW utilise des algorithmes développés sur la base des paramètres suivants : densité de couvert arboré (Tree Cover Density ou TCD) supérieur à 30%, 1ha de superficie minimale et 5m de hauteur minimale de végétation.

c) Origines des données

Les ensembles de données sur les changements forestiers de GFW ont été générés à l'aide des séries chronologiques d'images multispectrales des satellites, provenant principalement des différents capteurs LANDSAT de la NASA (Tableau 1). Elles sont ensuite produites par le laboratoire GLAD (Global Land Analysis and Discovery) de l'Université de Maryland (UMD), dirigé par le Dr. Matthieu Hansen, disponibles gratuitement pour traitements et téléchargements.

Tableau 1 : Ensemble de données de base de Global Forest Watch

Données	Couverture arborée	Perte de couvert arboré	Gain de couvert forestier
Fonction	Identifie les zones de couvert végétal	Identifie les zones de pertes brutes de couverture arborée	Identifie les zones qui connaissent un gain dans la couverture arborée
Résolution	30 m		
Couverture géographique	Superficie globale des terres (à l'exclusion de l'Antarctique et d'autres îles de l'Arctique).		
Sources	GLAD de l'UMD, Google, USGS, NASA		
Capteurs	Landsat-7 (ETM+)	Landsat-5 (TM), Landsat-7 (ETM+) et Landsat-8 (OLI)	Landsat-7 (ETM+)
Date de contenu	2000	2001 – 2022	2001 – 2012

Les données sur la « perte de couverture arboré » recueillies par l'Université du Maryland (UMD) comprennent les pertes annuelles de tous les arbres d'une hauteur supérieure ou égale à 5m. Elles englobent les pertes d'arbres dans les forêts naturelles et les plantations, et dont les pertes soient d'origine humaine ou naturelle, permanentes ou temporaires. Les pertes sont mesurées en grande partie de la même manière chaque année et dans tous les pays. Les mis à jour de ces données sont effectués annuellement.

II.2.2.2. Téléchargement des données sur la couverture arborée de 2016 à 2022 de la NAP d'Ambohidray

L'ensemble des données mondiales de GFW est disponible sur le site Global Forest Change (GFC). Il s'agit du site d'archive de données de GFW et dont la dernière version (v.1.10) contient les données des années 2000 à 2022 ([http 1](http://1)). Les données sur la couverture arborée (treecover) et sur la perte du couvert arboré (lossyear) sur l'ensemble de Madagascar y ont été téléchargées ([http4](http://4) et 5).

II.2.3. Extraction des données sur FIRMS

II.2.3.1. Description de la plateforme

a) Définition et objectif

FIRMS (Fire Information for Resource Management System) est un système de surveillance forestière en ligne, qui fournit des données sur les emplacements des incendies des forêts, à l'échelle mondiale et en temps quasi réel (<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>). Il a été initialement développé par l'Université de Maryland en 2007, puis transféré à NASA LANCE en 2012. Son objectif est d'aider les gestionnaires de ressources naturelles et d'Aires Protégées à obtenir des informations fiables en temps quasi réel sur les incendies brûlant dans et autour de leur zone de gestion, et à mettre en place des politiques de prévention et de lutte contre les feux de forêts.

b) Caractéristiques et limites

La plateforme FIRMS donne accès, dans un délai minimal, aux images satellitaires, aux incendies actifs ou points chauds, et aux produits associés, pour identifier l'emplacement, l'étendue et l'intensité des incendies de forêt partout dans le monde. Les données mondiales sont disponibles dans les trois heures suivant l'observation par satellite, sauf pour les États-Unis et le Canada, où les détections actives d'incendies sont en temps réel. Les données peuvent être consultées dans FIRMS Fire Map, ou encore dans la vision du monde de la NASA, et sont gratuitement accessibles et téléchargeables dans les formats SHP, KML, TXT et WMS.

FIRMS envoie également des alertes par courrier électronique aux décideurs et ses utilisateurs pour les informer sur les incendies qui se produisent dans leurs zones d'intérêt. Les alertes sont envoyées quasiment en temps réel, sous forme de résumés quotidiens ou hebdomadaires, et sont accompagnées des pièces jointes (CSV et KML) à partir desquels sont obtenus les coordonnées des endroits concernés par les feux.

Les données en temps quasi-réel ainsi que les alertes permettent aux décideurs d'intervenir rapidement et d'éviter potentiellement une catastrophe majeure. De plus, en suivant les mouvements

des panaches de fumées, les satellites peuvent aider les pompiers à déterminer la direction et la vitesse de l'incendie, leur permettant de planifier leur intervention. Le système permet également à détecter les incendies dans les régions éloignées et inhabitées, là où la surveillance des incendies est moindre ou non disponible.

Cependant, la détection des incendies par les satellites ainsi que les différentes données peuvent présenter des limites pour différentes raisons :

- ✓ Un feu peut commencer et être éteint entre les passages des satellites. Il est aussi possible qu'il soit très petit ou émette de très faibles chaleurs pour être détecté par les capteurs satellitaires. Il peut être complètement masqué à cause de la couverture nuageuse, d'une épaisse de fumée, ou encore de la canopée des arbres (GIGLIO *et al.*, 2018) ;
- ✓ Les données satellitaires ne donnent pas la cause ou le type d'incendie. Ce qui signifie que des choses comme les brûlages contrôlés ou les feux de broussailles semblent identiques à l'œil nu aux feux de forêts ;
- ✓ Les points chauds détectés par les satellites ne sont pas tous des incendies. Parfois, ils peuvent s'agir d'autres types d'anomalie thermique telles que les volcans.

c) Origines des données et détection des feux

FIRMS utilise la télédétection pour détecter les incendies de forêts à la surface de la terre. Les données sur les emplacements des incendies proviennent des instruments MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) et VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite), installés respectivement à bord des satellites AQUA/TERRA et S-NPP/NOAA-20. Ces capteurs détectent les feux ou points chauds à la surface de la terre à travers des algorithmes différents qui les spécifient l'un de l'autre (Tableau 2).

Tableau 2 : Détection des points chauds par les capteurs MODIS et VIIRS

Capteurs	MODIS	VIIRS
Satellites	AQUA + TERRA	S-NPP + NOAA-20
Survol	TERRA : parcours la terre du nord au sud en passant par l'équateur dans la matinée ; AQUA : parcourt du sud au nord en passant par l'équateur dans	S-NPP : traverse l'équateur à environ 13h30 (nœud ascendant) et 1h30 (nœud descendant) ; NOAA-20 : traverse l'équateur environ 50 minutes avant S-

	l'après-midi	NPP, à environ 12h40 (nœud ascendant) et 00h40 (nœud descendant)
Résolution spatiale	1 000 m	375 m
Couverture terrestre	2 330 km	3 040 km
Résolution temporelle	1 à 2 jours	1 jour
Spectre électromagnétique	Enregistre des données dans 36 bandes spectrales allant de 0,4 à 14,4 μ m	Enregistre des données dans 22 bandes spectrales allant de 0,41 à 12,01 μ m

MODIS signale les anomalies thermiques ou incendies actifs qui se trouvent dans le centre d'un pixel de 1 km, dont un pixel peut contenir un ou plusieurs incendies ([http6](#)). Outre, VIIRS s'appuie sur l'algorithme d'anomalies d'incendie et thermiques de MODIS. De ce fait, les produits à 375 m ressemblent à ceux de MODIS (MOD14/MYD14) mais avec l'ajout de tests et de métadonnées spécifiques pour tenir compte des caractéristiques uniques des bandes 375 m ([http7](#)). Les deux capteurs montrent un bon accord dans la détection des points chauds, seulement le produit à 375 m de résolution offre une meilleure réponse aux incendies de petite taille, ainsi qu'une cartographie améliorée des périmètres des incendies de grande envergure (SCHROEDER et GIGLIO, 2018).

II.2.3.2. Téléchargement des données sur les feux entre 2016 et 2022

Les données utilisées dans cette étude sont celles du VIIRS. Le choix s'est reposé sur le fait que ce capteur dispose la plus fine résolution spatiale globale (375 m) et la meilleure résolution temporelle. Les données shp issues des satellites S-NPP et NOAA-20 pour l'ensemble de Madagascar, de la période 2016-2022 ont été toutes téléchargées gratuitement sur la plateforme FIRMS ([http8](#)).

II.2.4. Collectes de données sur terrain

II.2.4.1. Observation directe

Des observations directes sur le terrain ont été nécessaires pour vérifier l'exactitude des données obtenues via les plateformes GFW et FIRMS. Cette étape nous a également permis d'avoir une idée sur le changement du couvert forestier après sa perte, et d'autre part de voir le changement de la végétation après le passage du feu.

Des coordonnées géographiques ont été prélevés à l'aide d'un GPS pour pouvoir analyser leur correspondance avec ceux des plateformes GFW et FIRMS.

II.2.4.2. Enquêtes socio-économiques sur les causes et origines de la déforestation et des feux et recueils des solutions proposées par les riverains

Des enquêtes ont été effectuées auprès de la population d'Ambohidray pour mieux connaître les principales causes des pertes au niveau du couvert arboré de la NAP ainsi que les causes des feux dans le milieu. Cette méthode a permis également de récolter les solutions proposées par les locaux pour combattre ces problèmes et pour améliorer la conservation de la NAP. Les villages cibles ont été sélectionnés en fonction de leur distance par rapport à la NAP, soient ceux qui sont les plus proches. Ce sont les trois villages qui se trouvent au bord de la route nationale : Ambohidray-Sud, Amparihivola et Andrebakely (carte 1).

L'enquête réalisée était du type semi-directif. Il s'agit d'une enquête sous forme d'une libre conversation, sans prise de notes, autorisant les répondants à s'exprimer librement et à donner leur point de vue face à toutes les questions posées (Annexe 10). Les interviews ont été menées d'une manière individuelle et collective, avec la prise de son, auprès des personnes majeures (18 ans et plus), dans différents secteurs d'activités (Annexe 11 et 12). Chaque conversation a duré environ une vingtaine de minutes. En total, nous avons interviewé 30 personnes, soient 10 par villages.

Les sujets discutés sont principalement les causes et origines de la déforestation et du feu dans la NAP d'Ambohidray (noyaux durs et zone tampon), les problèmes rencontrés sur la gestion et l'utilisation des ressources naturelles, et les solutions proposées pour combattre ces fléaux et qui vont contribuer par la suite à la mise en place d'une gestion équitable des ressources.

II.2.5. Analyse et traitement de données

II.2.5.1. Traitement des données sur la perte du couvert arboré

Les données de la plateforme GFW sont basées sur la densité du couvert forestier standard (TCD standard) qui est supérieur à 30%. Cependant, cette norme ne peut pas être appliquée à l'échelle mondiale à tous les types de forêt : elle surestime les forêts humides et sèches et sous-estime les forêts sèches épineuses à Madagascar (RAFANO HARANA et *al.*, 2023). Pour la NAP d'Ambohidray, le TCD spécifique est supérieur à 96% (RAFANO HARANA et *al.*, 2023). Les étapes de traitements et d'analyses de ces données sont détaillés ci-après :

✚ Traitements sur le logiciel QGIS :

Le logiciel QGIS (Quantum Geographic Information System) est un système d'information géographique permettant de réaliser des analyses spatiales (KOEHL, 2004). Les données téléchargées ont été importées directement dans le logiciel QGIS pour être étudiées. Tout d'abord, le découpage de la zone d'étude a été effectué. Les données de GFW sont des rasters et leur conversion en données vectorielles étaient nécessaires pour pouvoir effectuer plus facilement les opérations d'analyse spatiale. Ensuite, la suppression des données aux TCD inférieurs à 96% a été faite pour enlever les surestimations au niveau de la surface du couvert arboré. Puis, des calculs automatiques de surface ont été effectués.

✚ Analyse de la variation du couvert arboré de la NAP de la période 2016-2022

Les produits de traitements obtenus dans le logiciel QGIS ont été ensuite exportés sous le format xlsx pour être étudiés sous le logiciel EXCEL. Les traitements consistaient à étudier les pertes de couvert arboré pour chaque année pendant la période étudiée afin de voir l'évolution de la perte au cours de cette période à partir d'une courbe exponentielle. Le calcul du coefficient de détermination R^2 a été fait pour évaluer la performance du modèle.

II.2.5.2. Traitement des données sur les points de feux

a) Analyse spatiale des feux

Les données téléchargées ont été directement importées sur le logiciel QGIS pour y être traiter et analyser. Les données concernent l'ensemble de Madagascar, alors le découpage de la zone d'étude et des différentes zones d'aménagements a été nécessaire. Cette étape a permis de ressortir la répartition et le nombre des points de feux pour l'ensemble de la NAP puis par unité d'aménagement. Elle a permis également à connaître la zone la plus et la moins touchée par les feux durant la période 2016-2022.

Ensuite, le calcul de la fréquence de feux par unité d'aménagement a été effectué à partir de la formule suivante (VALEA, 2005) :

$$F = \frac{N_i}{N_t} \times 100$$

- N_i : nombre de points de feux dans la zone d'aménagement
- N_t : nombre total de points de feux dans le territoire de la NAP

b) Analyse temporelle des feux

Les données obtenues après traitement sur QGIS ont été ensuite traitées sous EXCEL. L'extraction des données par année, puis par mois a été faite dans le but d'analyser la variation annuelle et mensuelle des points de feux et de connaître la saisonnalité des feux dans la zone.

L'analyse de la corrélation entre occurrence de feux et les paramètres climatiques tels que la température et la précipitation a été faite pour comprendre l'interrelation qui existe entre la saisonnalité des feux et les conditions climatiques du milieu. En effet, la température peut avoir une influence sur la combustion de la végétation, et la pluie constitue le facteur climatique le plus important qui influe sur le phénomène d'occurrence de feux (TROLLOPE et *al.*, 2004). Le calcul du coefficient de Pearson « r » a été fait pour évaluer la corrélation entre les variables. Ces derniers traitements ont été effectués sur le logiciel R.

II.2.5.3. Traitements des données collectées sur terrain

✚ Evaluation des causes et origines de la déforestation et des feux

Les causes et origines de la déforestation et des feux dans la NAP sont classées en fonction de leur importance perçue par les répondants, puis par unité d'aménagement. Cette approche permet de comprendre et de mettre en avant les causes les plus critiques qui entraînent les grandes pertes au niveau de la NAP et qui nécessitent les premières attentions des gestionnaires.

✚ Evaluation des solutions proposées par les locaux

Les solutions avancées par la population locale ont été catégorisées en deux : solutions préventives et solutions correctives. Les solutions préventives sont les mesures à prendre pour éviter les moindres pertes dans les noyaux durs et limiter celles dans la zone tampon. Les solutions correctives sont les mesures proposées pour améliorer et renforcer le mode de gestion de la NAP et l'utilisation durable des ressources naturelles.

Troisième Partie :
Résultats et interprétations

Troisième partie : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Les différents résultats d'étude sont présentés dans cette partie, tels que la perte du couvert arboré et le dynamique spatio-temporel des feux dans la NAP d'Ambohidray entre les années 2016 et 2022, les principales causes de ces pressions ainsi que les solutions proposées par la communauté locale.

III.1. Validation des données des plateformes GFW et FIRMS

L'observation a été réalisée dans la zone tampon de la NAP. Les coordonnées issues des deux plateformes GFW et FIRMS ont été validées. Elles correspondent bien à celles obtenues sur le terrain.

Dans la NAP d'Ambohidray, d'après les observations, les zones touchées par la perte de couvert arboré sont, pour la plupart, victimes de défrichement, pour la collecte des bois pour la fabrication de charbon. Quant aux zones touchées par le feu, il se trouve que la plupart est victime de feux pour le renouvellement de pâturages, effectué par des éleveurs de bovins.

III.2. Evolution de la couverture arborée de l'Aire Protégée d'Ambohidray entre 2016 et 2022

III.2.1. Evolution de la couverture arborée dans l'ensemble de la NAP d'Ambohidray (2016-2022)

La figure 3 ci-dessous montre la variation de la perte du couvert arboré dans la NAP d'Ambohidray au cours de la période 2016-2022, et à la fois celle par unité d'aménagement dont les détails seront encore donnés dans les prochaines pages qui suivent.

Pendant cette période, la NAP d'Ambohidray a rencontré chaque année des pertes irrégulières au niveau de sa couverture arborée, avec $R^2= 0,15$.

La surface de la couverture arborée de la NAP d'Ambohidray était d'environ 723,38 ha en 2016 contre 683,65 ha en 2022 (cartes 2 et 4). En d'autres termes, elle a perdu environ 5,49% de sa couverture arborée au cours de ces six dernières années (carte 3). La plus grande perte a été enregistrée durant l'année 2017, d'environ 21,61 ha, soit 2,98% du CA en 2016. Cette augmentation brusque peut être le produit des difficultés au sein de la gestion de la NAP suite à la désignation du nouveau gestionnaire en novembre 2016. Mais depuis, les pertes annuelles ont progressivement diminué jusqu'en 2020, soit 1,13% entre 2017-2018, 0,50% entre 2018-2019 et 0,15% entre 2019-2020. Ensuite, elles se sont progressivement accentuées à partir de 2021, soit 0,32% entre 2020-2021 et 0,48% entre 2021-2022. Cette situation peut être la conséquence de la pandémie COVID-19

sur la vie socio-économique des habitants ou encore d'une difficulté au niveau de la gestion de la NAP, et elle devrait avertir les gestionnaires pour éviter des pertes catastrophiques dans l'avenir.

La carte 3 montre également que, au cours de cette période, la déforestation a eu tendance à parcourir la NAP dans le sens Ouest vers Est. Plus précisément, la déforestation a eu tendance de s'approcher du ND d'Andriambe, à partir de l'année 2019. Cette situation peut être expliquée par le fait que les habitants commençaient à s'intéresser à la forêt d'Andriambe puisque les forêts dans la zone tampon sont devenues de moins en moins abondantes.

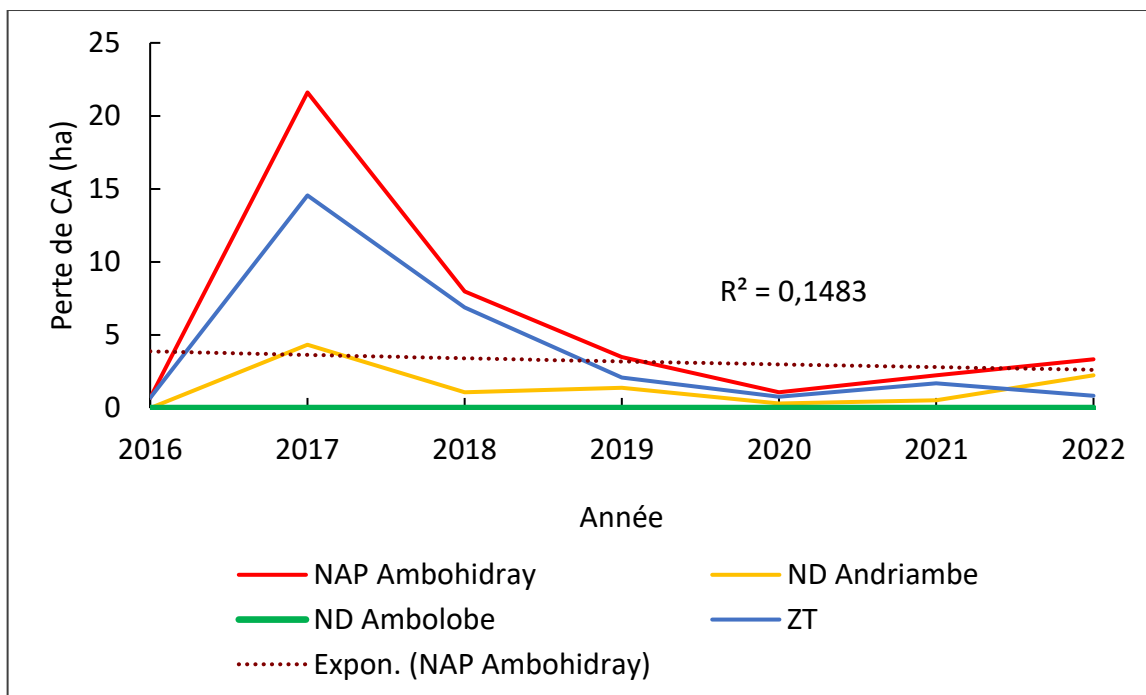
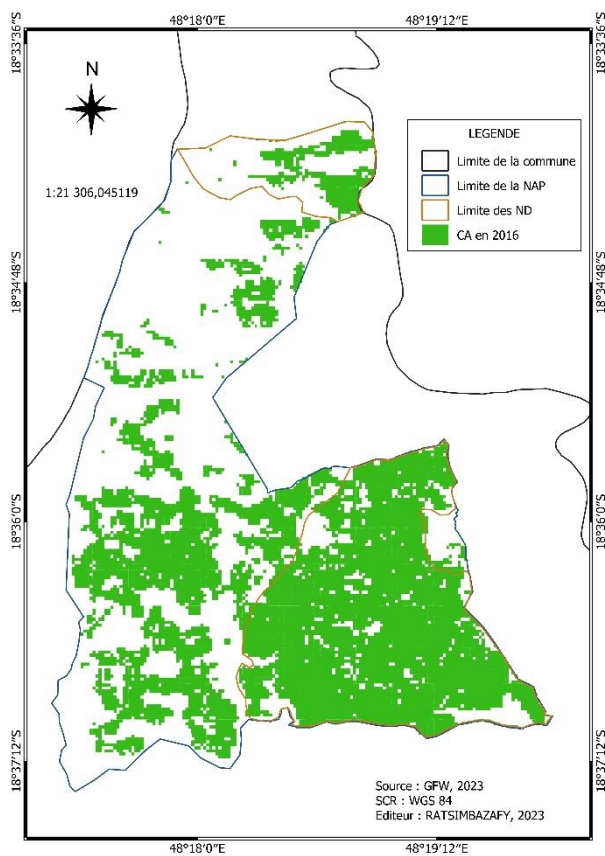
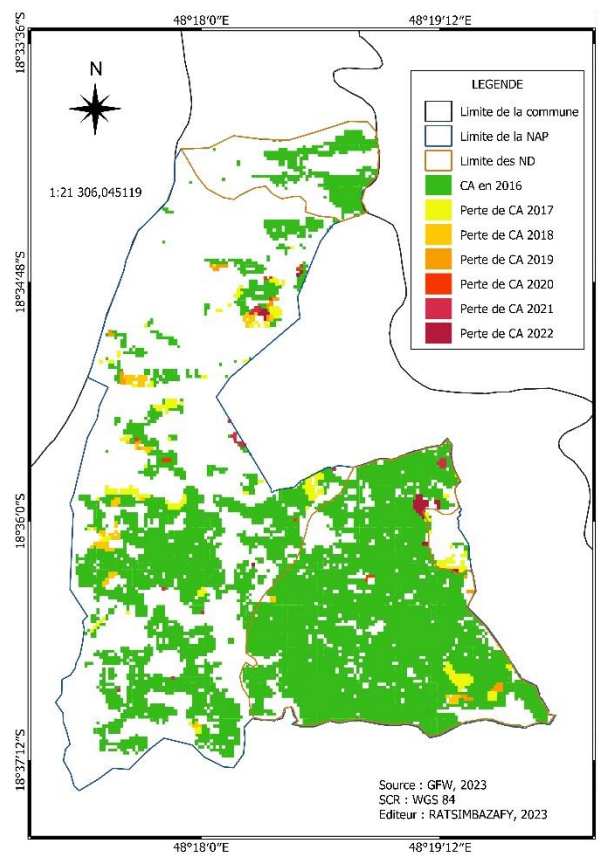


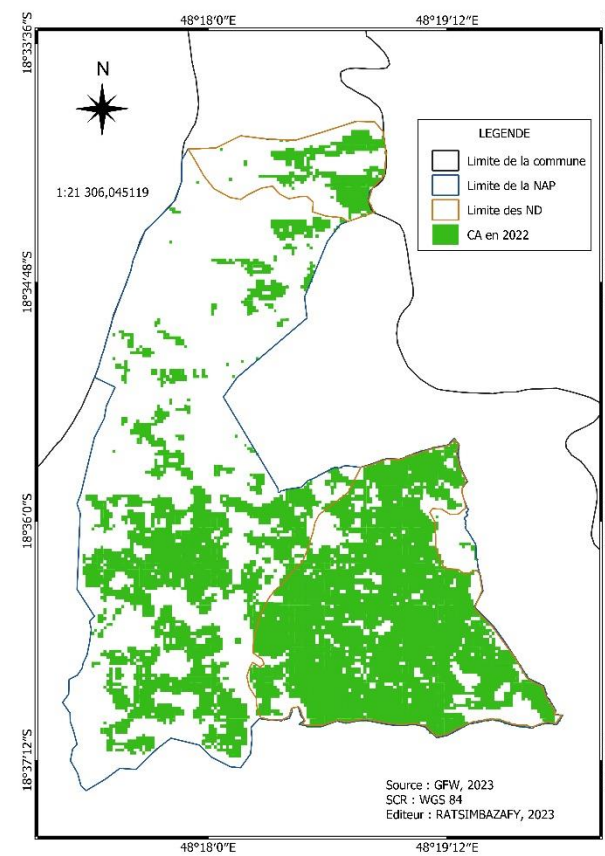
Figure 3 : Variation de la perte de couvert arboré dans l'ensemble de la NAP d'Ambohidray et par unité d'aménagement entre 2016 et 2022



Carte 2 : Etat du couvert arboré de la NAP d'Ambohidray en 2016



Carte 3 : Perte de couvert arboré dans la NAP d'Ambohidray de 2016 à 2022



Carte 4 : Etat du couvert arboré de la NAP d'Ambohidray en 2022

III.2.2. Evolution de la couverture arborée par unité d'aménagement (2016-2022)

III.2.2.1. Dans les noyaux durs

Dans la forêt Andriambe (ND au sud), la variation de la perte de couvert arboré est irrégulière au cours de ces six années, avec $R^2 = 0,0006$. Par contre, dans la forêt d'Ambolobe, aucune perte n'a été enregistrée durant toute cette période. (Figure 4).

Concernant les pertes dans le ND d'Andriambe, l'année 2017 a rencontré la plus grande perte, soit 1,13% de la couverture arborée en 2016. Ensuite, la perte a diminué pendant les années suivantes mais n'a jamais été stable. En 2018, la perte a brusquement diminué à 0,29%, ensuite elle a augmenté à 0,37% en 2019, puis a diminuée à 0,08% en 2020. Depuis, elle n'a cessé d'augmenter, soit 0,14% en 2021 à 0,60 en 2022. D'une vue d'ensemble, le ND d'Andriambe a perdu environ 2,6% de sa couverture arborée entre 2016-2022, soit 384,77 ha en 2016 contre 374,85 ha en 2022.

Par contre, pour le ND d'Ambolobe, la couverture arborée était de 32,37 ha en 2016 et ne présente aucun changement jusqu'en 2022.

Le fait que le ND d'Andriambe soit le plus touché par la perte de CA que le ND d'Ambolobe peut être expliqué par sa distance par rapport aux villages. En effet, le ND d'Andriambe est plus éloigné des villages, et cette condition permet plus facilement l'exploitation illicite dans la zone. Toutefois, cette situation ne devrait pas être lieu, sauf qu'il existe des lacunes dans le système de surveillance des noyaux durs. Outre, l'augmentation de la perte à partir de l'année 2021 peut être une conséquence d'une difficulté au niveau de la gestion de la NAP, notamment au niveau du système de surveillance des noyaux durs

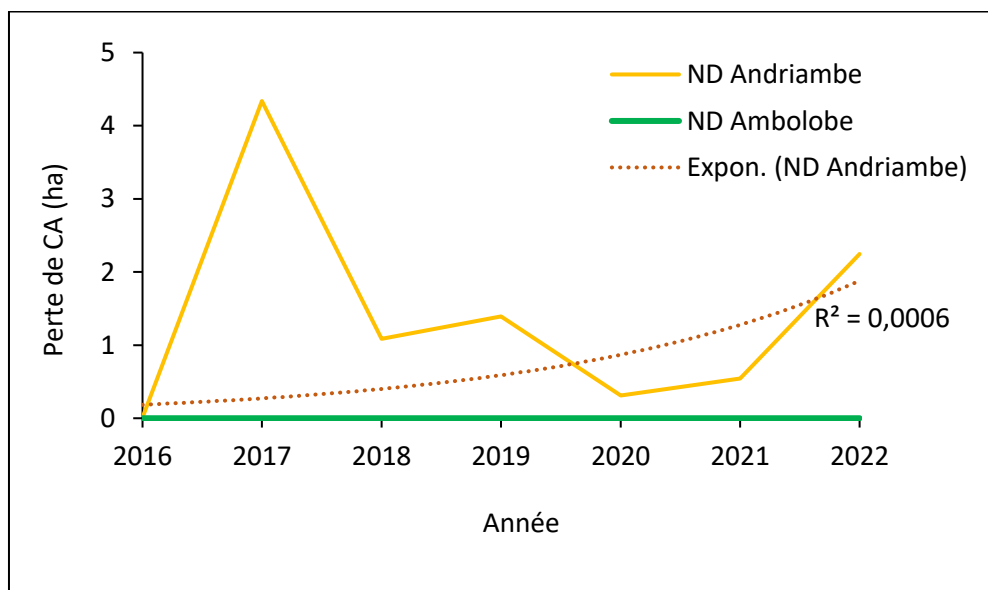


Figure 4 : Variation de la perte de couvert arboré dans les noyaux durs Andriambe et Ambolobe (2016-2022)

III.2.2.2. Dans la zone tampon

La figure 5 présente la variation de la perte de couvert arboré au niveau de la zone tampon pendant la période 2016-2022. Elle montre une variation irrégulière annuelle de perte au cours de cette période, avec une valeur de R^2 égale à 0,1701.

Le couvert arboré était de 297,64 ha en 2016 contre 270,76 ha en 2022. La zone tampon a alors perdu environ 9,03% de sa couverture arborée durant cette période. La plus grande perte est encore observée en 2017, soit 4,89% du couvert arboré en 2016. Par contre, on observe une diminution progressive de la perte pendant les années suivantes : 2,44% entre 2017-2018, 0,76% entre 2018-2019, 0,28% entre 2019-2020, une augmentation à 0,62% entre 2020-2021 et une diminution à 0,31% entre 2021-2022. On peut dire alors que la perte de couvert arboré dans la zone tampon est resté stable depuis 2019 jusqu'à 2022.

L'augmentation brusque observée en 2017 peut être expliquée par des difficultés sur le suivi et la surveillance de la NAP. Par contre, la diminution des pertes pendant les années qui suivent montre que l'exploitation dans la zone tampon est bien règlementée.

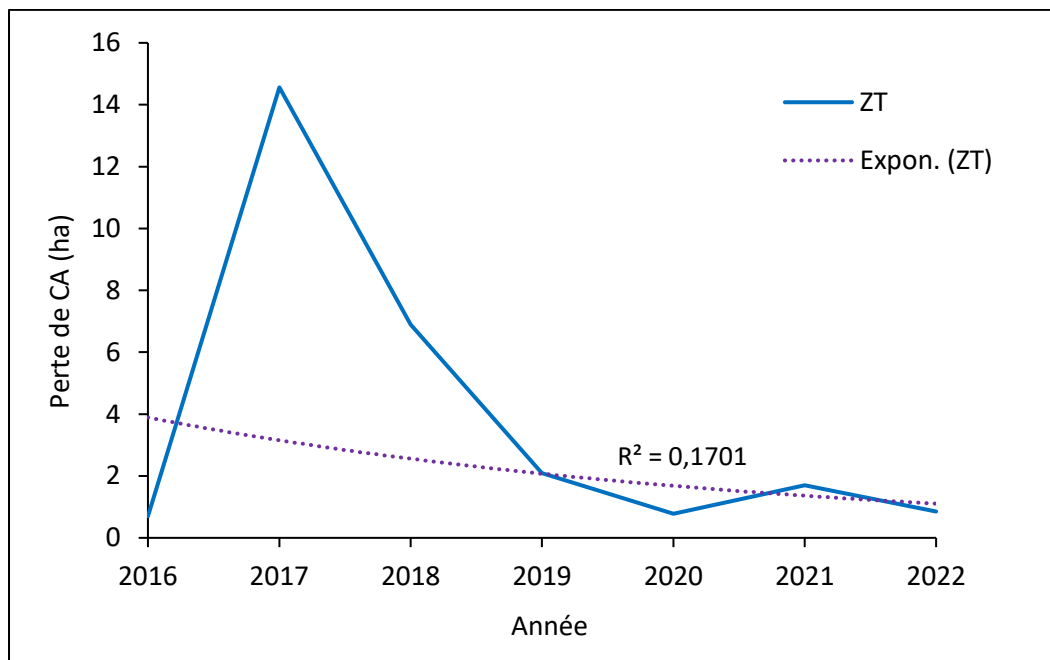


Figure 5 : Variation de la perte de couvert arboré dans la zone tampon (2016-2022)

III.3. Evolution spatio-temporelle des feux dans l’Aire Protégée d’Ambohidray entre 2016 et 2022

III.3.1. Variation annuelle et répartition des points de feux

La figure 6 présente la variation du nombre de points de feux observés dans chaque zonage de la NAP au cours de la période 2016 - 2022, et la carte 5 présente leur répartition.

En total, 25 PF ont été détectés dans la NAP d’Ambohidray durant la période 2016 – 2022, dont 24 dans la zone tampon et 1 dans le noyau dur d’Andriambe. Par contre, aucun PF n’est observé dans le noyau dur d’Ambolobe. En moyenne, la NAP a été touchée par 3 PF chaque année au cours de cette période. On constate également que l’année 2016 n’a présenté aucun signe de feu. Cela est reliée au fait que la forêt d’Ambohidray venait d’être convertie en Aire Protégée en 2015 et que cette situation a exercé une influence sur la pratique de feu par les locaux. Ensuite, 6 PF sont brusquement apparus en 2017, qui peut être une conséquence des difficultés de gestion de la NAP ou encore à cause de la situation socio-économique de la population locale. Le plus grand nombre de feux a été observé dans la zone tampon en 2020 avec 8 PF en total, et l’année 2018 a connu le moindre feu, soit 1 seul PF. L’élévation du nombre de PF en 2020 peut être l’effet de la crise sanitaire COVID-19 dans la vie sociale de la population. En effet, les longues périodes de confinement pendant la pandémie ont engendré des difficultés économiques prolongées à la population et cette situation a accentué la pratique de feux pour la culture sur-brûlis ou encore pour le charbonnage dans le milieu.

Outre, la carte 5 montre que la plupart des feux dans la NAP d’Ambohidray a été localisée sur les prairies (10 PF) et sur les forêts dégradées (8 PF), puis dans les forêts naturelles (7 PF) pendant cette période.

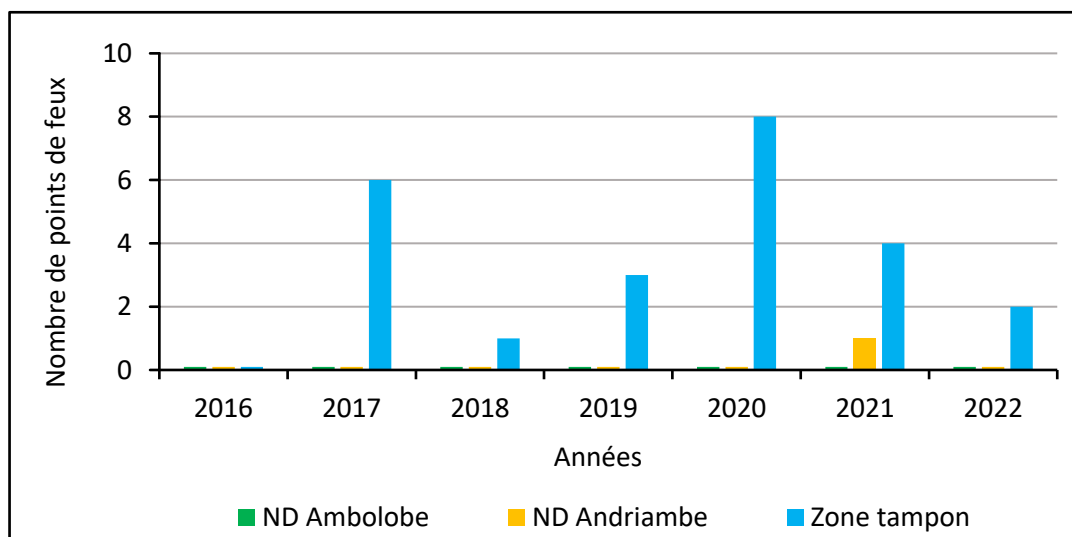
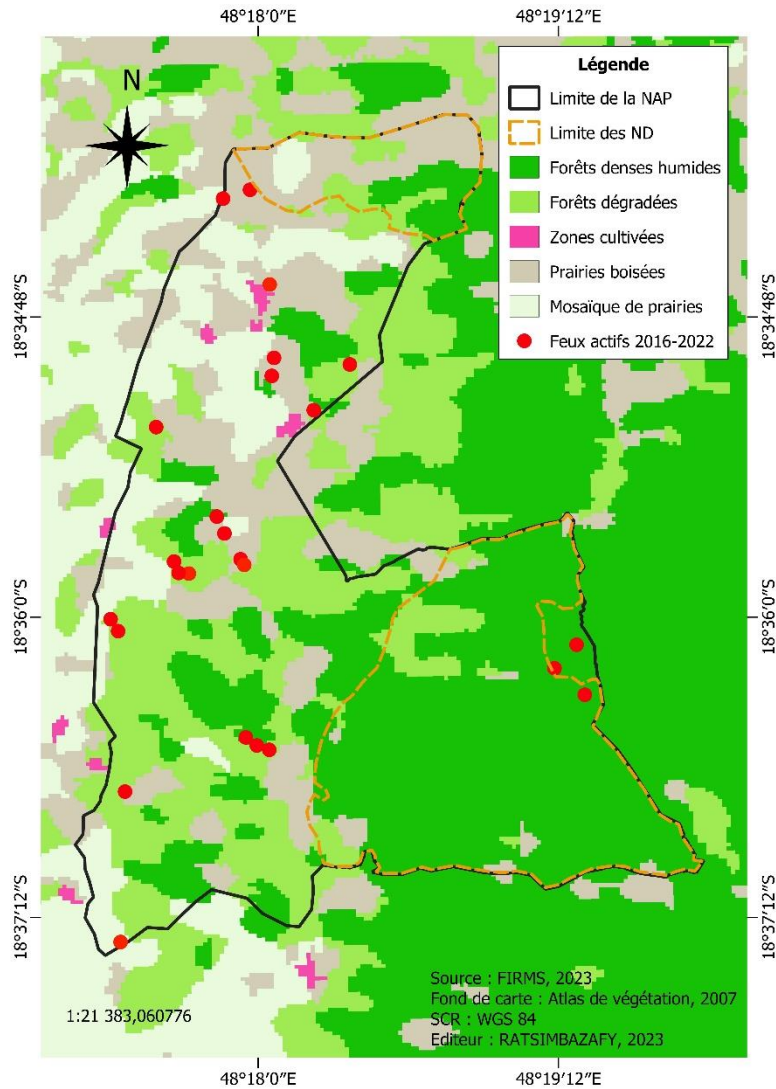


Figure 6 : Variation annuelle des points de feux de la NAP d’Ambohidray de 2016 à 2022



Carte 5 : Répartition spatiale des feux actifs dans la NAP d'Ambohidray entre 2016 et 2022

III.3.2. Fréquence des feux

Le tableau 3 ci-dessous montre la fréquence de feux pour chaque unité d'aménagement de la NAP d'Ambohidray. 96% des points de feux détectés durant la période 2016-2022 se trouvent dans la zone tampon et le reste dans le ND Andriambe.

La fréquence des feux dans la ZT peut s'expliquer par les activités socio-économiques des locaux tels que le renouvellement de pâturage pour les bétails et les cultures sur brûlis qui semblent encore présentes dans la zone. Quant à ce feu détecté dans la forêt Andriambe en 2021, il est possible qu'il s'agît d'un feu volontaire effectué par certaines personnes mécontentes face à la gestion de la forêt d'Ambohidray.

Tableau 3 : Fréquences des feux par unité d'aménagement

Zone d'aménagement	Fréquence (%)
ZT	96
ND Andriambe	4
ND Ambolobe	0

III.3.3. Saisonnalité des feux

Le résultat de l'analyse de la saisonnalité des feux est montré par la figure 7. L'analyse a été faite à partir des nombres de feux détectés chaque mois au cours de la période d'observation 2016 – 2022. Pour la NAP d'Ambohidray, la saison des feux suit un rythme régulier chaque année et dure pendant 6 mois. Les feux démarrent en mois de septembre et persistent jusqu'en février. Ils sont moindres en septembre (1 PF), s'accroissent brusquement en octobre et novembre (6 PF, 7 PF), puis diminuent progressivement à partir du décembre (6 PF) jusqu'en février (2 PF). Les feux sont absents pendant les cinq mois qui suivent (mars – octobre), puis retrouvent leur rythme le mois de septembre suivant.

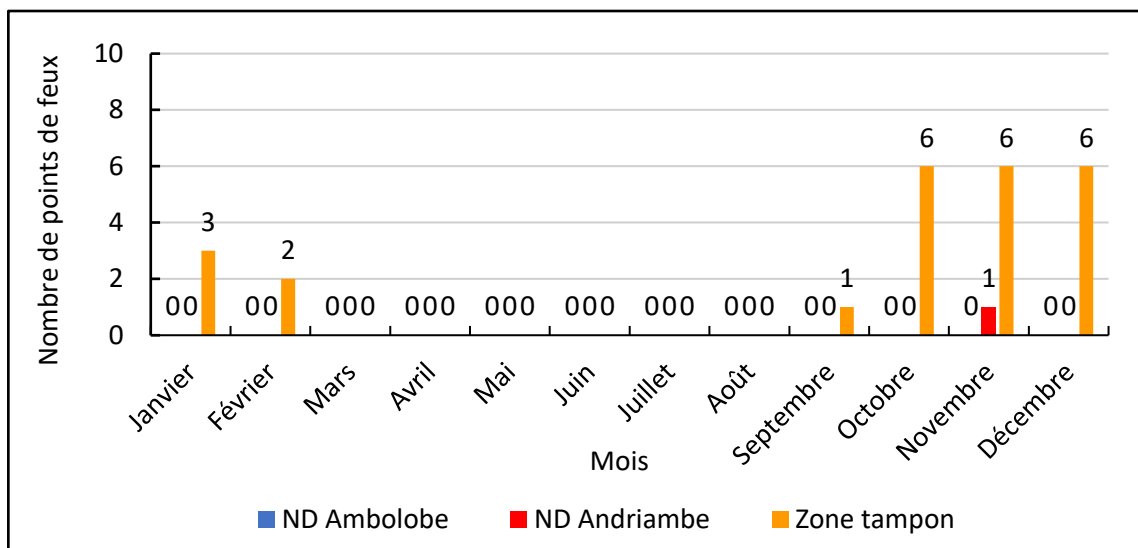


Figure 7 : Variation mensuelle des points de feux de la NAP d'Ambohidray de 2016 à 2022

On peut dire alors que la saisonnalité de feux dans la NAP d'Ambohidray présente 3 phases distinctes telles que : la phase de démarrage de feux qui se déroule le mois de septembre, correspondant à la saison sèche de l'année, puis la phase de maximas qui durent trois mois (octobre à décembre), où les activités liées aux feux telles que le renouvellement de pâturage et les cultures

sur brûlis sont intenses dans le milieu, et enfin la phase de décroissance pendant laquelle les feux commencent à s'atténuer puis disparaître complètement à partir du mois de mars. Cette dernière correspond à la saison humide de l'année.

III.3.4. Corrélation entre nombre de feux et paramètres climatiques

Les figures 8 et 9 ci-dessous montrent la relation entre la saisonnalité des feux et les deux paramètres climatiques tels que la température et la précipitation.

La saison des feux dans la NAP d'Ambohidray suit un rythme cyclique chaque année et dure pendant 6 mois (septembre au février). D'après la figure, on constate que les feux commencent pendant la fin de la saison sèche, avec une précipitation encore faible d'environ 35,05 mm (en septembre), puis s'accroissent très rapidement pendant le mois qui suit (octobre) et atteignent leur maximum en mois de novembre, pendant lequel la précipitation commence à être abondante (111,23 mm). Ensuite, ils diminuent au fur et à mesure que la précipitation soit de plus en plus abondante (224,91 mm en décembre, jusqu'à 314,37 mm en février), puis s'achèvent complètement lorsque la précipitation commence à diminuer en mois de mars. Les feux dans la NAP d'Ambohidray se déroulent alors pendant la saison pluvieuse. En outre, on constate qu'au niveau de la température (figure 8), la saison des feux se situe dans la période chaude de l'année. On peut dire alors que la saisonnalité des feux dans la NAP d'Ambohidray correspond à la meilleure saison pour les renouvellements de pâturage et les cultures sur-brûlis, car la température plus chaude et la pluie abondante constituent des conditions favorables à la croissance des nouvelles plantes.

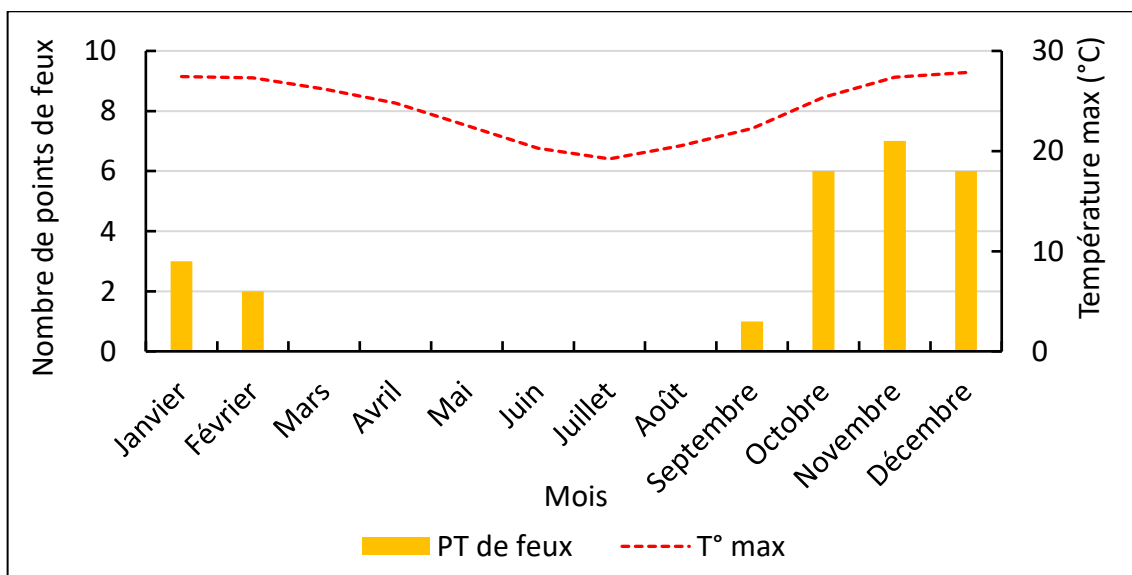


Figure 8 : Interrelation entre température maximale et nombre de feux actifs (2016-2022)

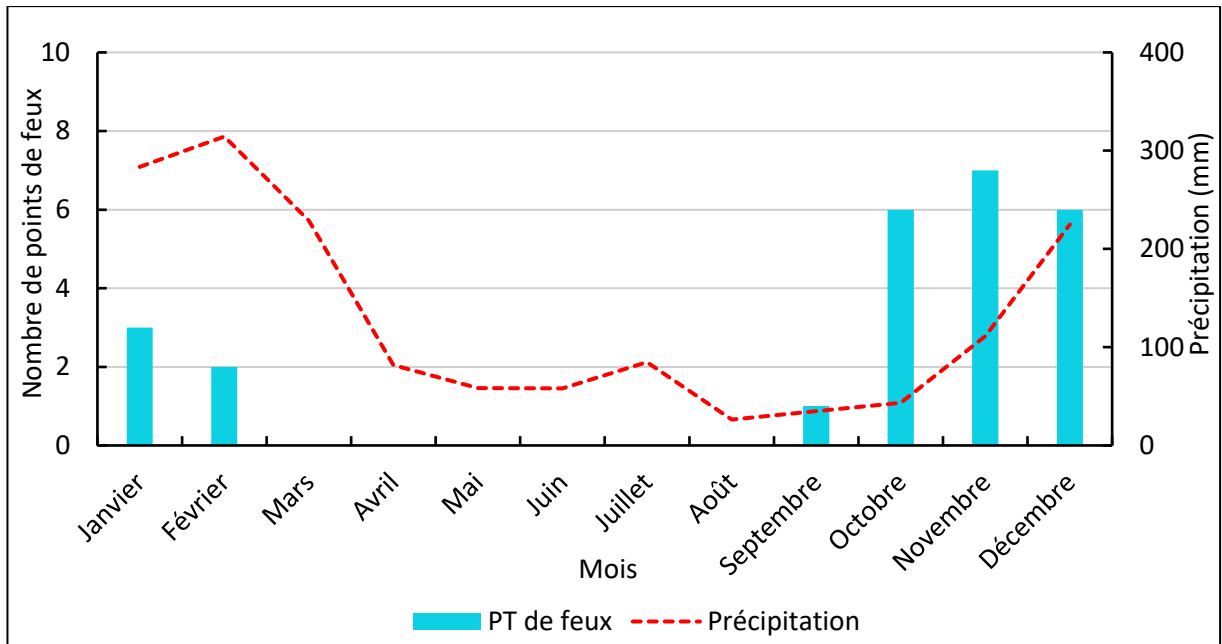


Figure 9 : Interrelation entre précipitation et nombre de feux actifs (2016-2022)

Analyse de corrélation entre nombre de feux et paramètres climatiques :

Les résultats de l'analyse de corrélation entre les nombres de points de feux et les paramètres climatiques mesurés entre 2016 – 2022 sont montrés dans le tableau 4. Les résultats signifient qu'il existe une corrélation positive significative entre la température et le nombre de feux, avec une valeur de r moyennement élevée ($r = 0,668$) et p-value faible (0,018). Par contre, la corrélation entre la précipitation et le nombre de feux est faible avec $r = 0,214$; et cette corrélation est non significative (p-value = 0,504).

Tableau 4 : Corrélation entre nombre de feux actifs et paramètres climatiques

Paramètre	Température	Précipitation
Coefficient de Pearson « r »	0,668	0,214
P-value (seuil = 0,05)	0,018	0,504
Niveau de signification	Significatif	Non significatif

III.4. Causes et origines de la déforestation et des feux dans la NAP d'Ambohidray

III.4.1. Causes et origines de la déforestation

III.3.1.1. Principales causes de la déforestation dans l'ensemble de la NAP

Les informations obtenues auprès des villageois concernant les causes et origines de la perte du couvert arboré dans la NAP d'Ambohidray sont citées dans le tableau ci-dessous (Tableau 5). La principale cause est l'exploitation forestière illégale, dont l'origine est la corruption effectuée par certains membres de gestion de la NAP même. En effet, cette situation entraîne un égarement d'esprit à certaines personnes, les amenant à faire des actes de vengeances, à brûler volontairement la forêt. Ensuite, la pauvreté est également un grand facteur de la déforestation dans la zone, car elle oblige les chômeurs à exploiter la forêt pour fabriquer du charbon et en faire leur principale activité.

Tableau 5 : Causes et origines de la déforestation dans la NAP d'Ambohidray

Catégories de causes	Causes	Origines
Volontaire	Exploitation illicite	Corruption
	Feux volontaires	Mécontentement, conflits sociaux, cultures sur-brûlis
Socio-économique	Surexploitation	Pauvreté, chômage, croissance démographique
	Défrichement pour le charbonnage	
	Expansion des terres agricoles	Déséquilibre entre la récolte et la nécessité, insuffisance des terres
	Cultures sur brûlis	
Coupes sélectives	Construction, besoins quotidiens	
Inattention	Feux accidentels	Imprudence (feu issu du charbonnage, de cigarette)
	Feux incontrôlés	Renouvellement de pâturage

Les différentes pressions qui pèsent sur la NAP d'Ambohidray sont principalement la surexploitation des espèces ligneuses dans son noyau dur, les coupes pour la fabrication de charbon, et les feux de végétations pour diverse raisons (voir carte de pressions à l'annexe 9).

Vu qu'il existe toujours des pertes de couvert arboré dans les noyaux durs, il est indispensable de connaître les principales causes de ces pertes, ainsi que celles dans la zone tampon.

III.3.1.2. Dans les noyaux durs

Dans la forêt Andriambe (le noyau dur au sud), la principale cause de la déforestation, selon les villageois, est l'exploitation illicite (42,65%), réalisée par des braconniers et des exploitants de la forêt privée qui est en continuité avec Andriambe (Figure 10). En effet, l'exploitation est autorisée dans cette forêt privée, et les exploitants en profitent et entrent illégalement dans le territoire de la NAP d'Ambohidray pour y abattre tous les grands arbres, et même les arbres moyens. Ce trafic n'a jamais cessé jusqu'à aujourd'hui car il se trouve que les braconniers corrompent avec des personnes au sein de la structure de gestion, plus précisément au sein du VOI. A cela s'ajoutent les feux volontaires (39,71%), qui semblent être des actes de vengeance de certaines personnes.

Par contre, dans la forêt d'Ambolobe (le noyau dur au Nord), selon les villageois, la déforestation à grande échelle n'y est plus observée depuis quelques années. Généralement, la déforestation dans cette zone se manifeste par des coupes sélectives, et très rarement par des feux volontaires ou renouvellement de pâturage dans la zone tampon qui atteignent la bordure de la zone.

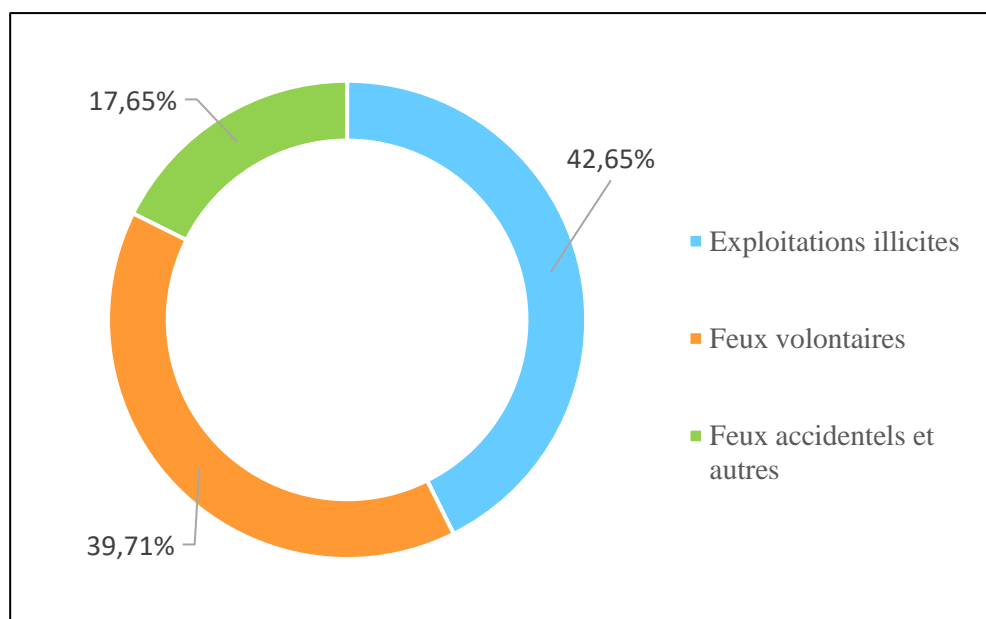


Figure 10 : Principales causes de la déforestation dans la forêt d'Andriambe

III.3.1.3. Dans la zone tampon

Selon les informations recueillies, la perte de couvert arboré dans la zone tampon est principalement causée par le défrichage pour la fabrication du charbon (34,21%), et les feux volontaires (31,58%). En effet, plusieurs personnes exploitent encore les forêts dans la zone tampon pour le charbonnage, notamment celles qui ne possèdent pas des terres pour la plantation d'eucalyptus. Ensuite, les coupes sélectives (14,47%), pour les constructions et les besoins quotidiens, ainsi que les expansions des terrains pour l'agriculture constituent des facteurs secondaires. Des feux incontrôlés lors du renouvellement de pâturage et des feux accidentels s'y manifestent également mais très rarement.

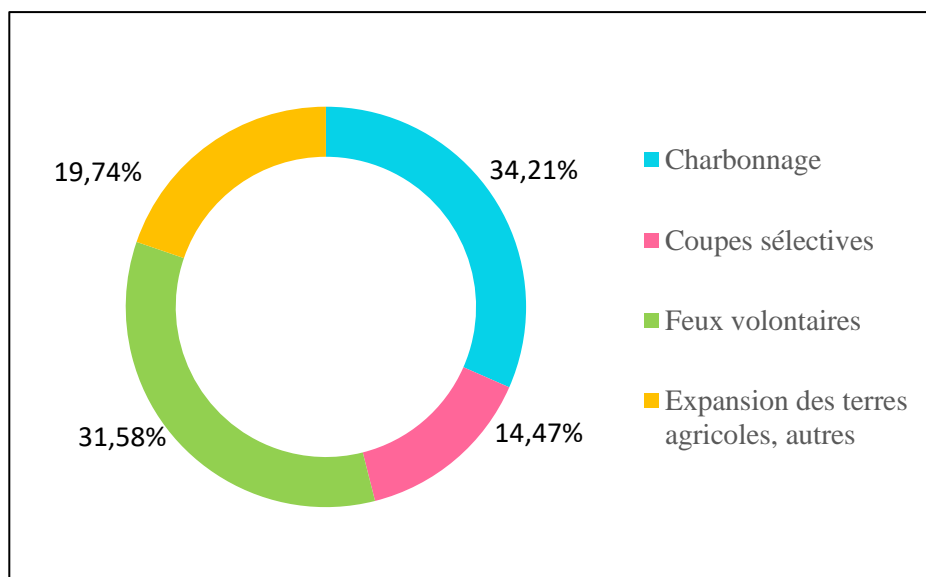


Figure 11 : Principales causes de la déforestation dans la zone tampon de la NAP d'Ambohidray

III.4.2. Causes et origines des feux

Les principales causes et origines des feux dans l'ensemble de la NAP d'Ambohidray sont présentées dans le tableau 6. Le mécontentement envers les responsables de gestion constitue la principale source de feux dans le milieu. En effet, 44,01% des feux qui se manifestent dans les ND et 34,62% des feux dans la ZT sont des actes volontaires provoqués par la colère et les conflits sociaux. Ensuite, il y a le renouvellement de pâturage pour les bétails qui constitue le deuxième facteur d'apparition de feux dans le territoire. Les feux accidentels sont très peu considérables.

Dans le ND au nord (Ambolobe), selon la population locale, les feux n'y sont plus fréquents depuis quelques années. Mais auparavant, la plupart des feux dans la zone est surtout causée par des renouvellements de pâturage et des conflits sociaux.

Tableau 6 : Causes et origines des feux dans la NAP d’Ambohidray

Causes	Source	Fréquence		
		ND		ZT
		Nord	Sud	
FEUX VOLONTAIRES				
Pyromanie	Plaisir, conflits sociaux, mécontentement	39,13%	48,89%	34,62%
Renouvellement de pâturage	Insuffisance de pâturage pour les bétails	52,17%	37,78%	32,05%
Culture sur brûlis	Insuffisance des terrains de culture	0%	6,67%	15,38%
FEUX INATTENTIONNES				
Feux incontrôlés	Imprudence pendant le charbonnage, le campement	8,69	6,67%	12,82%
Feux accidentels	Cigarettes	0%	0%	5,13%

III.5. Solutions proposées par les riverains

Les riverains reconnaissent l’importance de la forêt d’Ambohidray et admettent que sa dégradation a des influences négatives sur leur vie. En considérant tous les problèmes qui causent cette dégradation, ils ont proposé des mesures alternatives qui amélioreraient la conservation de la NAP (Tableau 7). En effet, les solutions proposées sont directement reliées aux principales sources de pertes dans la NAP et visent à la fois la structure de gestion, la législation forestière et la vie socio-économique de la population locale.

Tableau 7 : Solutions proposées par la communauté locale

	Mesures alternatives	Mesures
STRUCTURE DE GESTION	<ul style="list-style-type: none"> - Désignation des membres de bureau de VOI par toute la population et par voie électorale - Intégration de tous les citoyens responsables d'Ambohidray dans la communauté de base (VOI) - Renforcement de la sensibilisation sur l'importance de la forêt et sa protection 	Correctives
LEGISLATION	<ul style="list-style-type: none"> - Renforcement de la surveillance et de la réglementation de l'exploitation dans la forêt privée - Application sans indulgence des lois et pénalités aux personnes coupables (braconniers et usurpateurs) - Renforcement des lois sur le mode d'usage des feux 	Correctives
SOCIO-ECONOMIQUE	<ul style="list-style-type: none"> - Transformation des activités de restauration écologique (reboisements) en source de revenu pour les locaux - Mise en place des projets de développement durable - Renforcement des formations sur les techniques d'agriculture et d'élevage modernes 	Préventives
	<ul style="list-style-type: none"> - Subvention en produits fertilisants aux agriculteurs - Développement des cultures de rente convenables au type du sol (soja et café) - Création des usines qui transforment les produits agricoles et les eucalyptus 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisation des gens à exploiter les eucalyptus pour le charbonnage et non les arbres forestiers 	

Quatrième Partie :
Discussions et recommandations

Quatrième partie : DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette partie est dédiée à la description des remarques observées sur les méthodologies employées durant la réalisation de l'étude, à la discussion des résultats et leurs comparaisons avec ceux d'autres recherches antérieures, dans le but de proposer des solutions pour une amélioration dans les efforts de conservation.

IV.1. Discussion sur les approches méthodologiques

IV.1.1. Problèmes rencontrés sur les données de GFW

L'évolution de la couverture forestière est expliquée à la fois par la perte du couvert arboré, que ce soit d'origines naturelles ou anthropiques, et par la régénération des espèces d'arbres que ce soit naturellement ou à l'issue de plantation. La plateforme GFW permet de faire une étude sur l'évolution forestière à partir des données de perte et de gain de couvert arboré. Cependant, les données sur le gain du couvert arboré pour la période 2016-2022 n'étaient pas disponibles sur la plateforme. Les traitements sur l'évolution de la couverture arborée de la NAP d'Ambohidray entre la période 2016-2022 se sont alors basés uniquement sur les données de pertes de couvert arboré de 2000-2022 et les données de la couverture arborée en 2000.

IV.1.2. Problèmes rencontrés sur les données de FIRMS

Le système de détection de feux de FIRMS se base sur la détection des anomalies thermiques ou points chauds à la surface de la terre. Cependant, ces points chauds ne sont pas toujours des incendies de végétations. Parfois ils peuvent s'agir d'autres types d'anomalies thermiques tels que des feux de volcans, des feux sur les eaux ou d'autres sources statiques terrestres (SCHROEDER et GIGLIO, 2018). Dans l'ensemble de données téléchargées, ces informations sont données pour certaines détections, mais elles sont absentes chez d'autres. En effet, lors de la manipulation des données, 15 sur 25 des points de feux détectés seulement avaient cette information et il se trouve qu'ils s'agissaient tous des feux de végétation. Le type d'anomalie pour les 10 autres points de feux restent alors inconnus. Toutefois, tous les 25 points de feux détectés ont été considérés.

En outre, le produit sur les feux actifs de VIIRS n'ont pas permis de faire une étude sur les surfaces perdues à cause des incendies. Un autre produit est déjà dédié à ce type de données mais les données pour la période 2016-2022 n'est pas encore disponible (<http9>). La présente étude était donc limitée sur la répartition des points de feux ainsi que leur fréquence dans la NAP au cours de cette période.

IV.1.3. Problèmes rencontrés lors des enquêtes

Le charbonnage et l'agriculture constituent les principales sources de revenus de la population d'Ambohidray. Cela signifie que les questions relatives à cette présente étude sont liées à leurs principales activités. Lors des enquêtes, certaines personnes étaient furieuses et ont mal agis face aux questions. D'autres hésitaient à participer par peur d'être arrêté en ayant la pensée qu'il s'agissait d'un piège, malgré le fait que nous étions accompagnés d'un guide de village bien connu par toute la population locale. Toutefois, la plupart des participants a répondu directement, sans signe de peur ni d'inquiétude, et cela a beaucoup enrichi notre base de données.

IV.2. Discussion des résultats

IV.2.1. Discussion des résultats sur l'évaluation du couvert arboré de la NAP d'Ambohidray

Les résultats de la présente étude montrent que la NAP d'Ambohidray a rencontré une variation irrégulière de perte de couvert arboré au cours de la période 2016-2022. Elle a perdu environ 5,49% de sa couverture arborée durant ces six dernières années. Comparé aux études faites sur l'ensemble des forêts de moyenne altitude de Madagascar en 2015, on constate que ce taux est très élevé. En effet, RAKOTOMALALA *et al.*, en 2015, estimaient que la surface de la couverture forestière de la forêt dense humide de moyenne altitude de Madagascar a passé de 2 844 ha à 2 729 ha entre les années 2005 et 2013. Autrement dit, 4,04% de la couverture forestière a été perdu durant cette période. Cette situation explique que la NAP d'Ambohidray est relativement menacée par la déforestation, causée par les activités socio-économiques de la population locale, surtout le charbonnage et les cultures sur brûlis (RABARY, 2018).

Une autre étude a été faite, plus récemment, sur l'évaluation de la déforestation dans les deux aires protégées d'Ampasindava et Galoko-Kalobinono, pour la période 2015-2020 (NGOLAHARINTSOA, 2022). Les deux AP sont des Paysages Harmonieux Protégés, selon la classification de l'UICN, et se trouvent dans la partie nord-ouest de Madagascar, plus précisément dans le domaine du Sambirano. Elles ont comme type de végétation une forêt dense humide sempervirente de basse altitude, identique à celui de la partie orientale de l'île. Les études ont été effectuées en se basant sur les données de Global Forest Watch de la période 2000-2020. Les résultats ont montré que durant cette période, Ampasindava a perdu 48,96% de sa couverture arborée contre 19,47% pour Galoko-Kalobinono (NGOLAHARINTSOA, 2022). Ces chiffres sont très élevés comparés à celui de la présente étude. Cette grande différence peut s'expliquer par le fait que l'exploitation est autorisée mais règlementée dans la zone tampon des deux NAP, et les riverains exploitent fortement des ressources ligneuses pendant la période de soudure pour gagner leur vie (NGOLAHARINTSOA, 2022). Par contre au niveau des noyaux durs, on peut dire que la

perte est faible dans la NAP d’Ambohidray, qui est de 2,6%, comparée à celle dans La NAP Galoko-Kalobinono qui est de 14,16%. Cela signifie que les ND d’Ambohidray sont moins menacées par la déforestation.

D’autre part, la grande perte de couvert arboré dans les deux NAP d’Ampasindava et de Galooko-Kalobinono peut s’expliquer par la différenciation des analyses effectués pendant les traitements des données. En effet, la présente étude a tenu compte de la densité spécifique du couvert arboré (TCD) de la NAP d’Ambohidray, qui est supérieure à 96%. Par contre, les traitements de données effectués par NGOLAHARINTSOA (2022) s’est basé sur le TCD standard global qui est supérieur à 30%, et cela a engendré des résultats surestimés.

Tableau 8 : Comparaison de la méthodologie sur l’évaluation de la déforestation de la NAP d’Ambohidray avec ceux des études effectuées antérieurement

	RATSIMBAZAFY, 2024	NGOLAHARINTSOA, 2022	RAKOTOMALALA et al., 2015
Milieu d’étude	NAP d’Ambohidray	NAP d’Ampasindava et Galoko-Kalobinono	Forêts humides de Madagascar
Source de données	Global Forest Watch		Images LANDSAT
Méthodologie	Analyse des données suivant le TCD spécifique >96%	Analyse des données suivant le TCD standard >30%	Analyse multi date d’images satellites
Résultats	Perte de couvert arboré		Taux de déforestation

IV.2.2. Discussion des résultats sur la dynamique spatio-temporelle des feux de la NAP d’Ambohidray

La présente étude estime que la variation du nombre de points de feux dans la NAP d’Ambohidray est irrégulière, avec un nombre total de 25 PF au cours de la période 2016-2022. En moyenne, la NAP comptait 3 PF par année durant cette période. Vu la superficie de la NAP d’Ambohidray, qui est d’environ 1 405 ha, cette moyenne est assez élevée par rapport à ceux des deux APs d’Ampasindava et Galoko-Kalobinono. En effet, ces deux NAP font respectivement environ 91 790 ha et 74 205 ha de superficie et comptaient respectivement environ 121 PF et 51 PF par an au cours de la période 2015-2020, d’après les études effectuées par RAJOELIARIMALALA, en 2022. Cette situation explique que la NAP d’Ambohidray est relativement soumis aux diverses activités liées aux feux de la population locale, surtout sa zone tampon, car presque la totalité des feux y est

localisée. Par contre, au niveau du noyau dur, la NAP d’Ambohidray ne comptait qu’un seul PF au cours de ces six dernières années. Comparé aux deux APs d’Ampasidava et Galoko-Kalobinono, ce taux est très faible, car les deux APs comptaient respectivement 2 PF et 9 PF en moyenne, durant la période 2015-2020 (RAJOELIARIMALALA, 2022). Cette grande différence peut être expliquée par la distance entre les villages et les noyaux durs, car les feux se propagent essentiellement à proximité des lieux habités et des voies d’accès (ANDRIAMANANTENA *et al.* 2021).

Quant à la saisonnalité des feux, celle de la NAP d’Ambohidray suit un rythme régulier chaque année et dure pendant 6 mois (septembre-février). Les feux débutent à la fin de la saison sèche et il en est de même pour les APs d’Ampasindava et Galoko-Kalobinono. Ce qui signifie que les feux dans la NAP d’Ambohidray sont des feux tardifs pour des raisons socio-économiques de la population riveraine.

Tableau 9 : Comparaison de la méthodologie et des résultats de la présente étude avec ceux des APs d’Ampasindava et de Galoko-Kalobinono

	RATSIMBAZAFY, 2024	RAJOELIARIMALALA, 2022	
Milieu d’étude	NAP d’Ambohidray	NAP Ampasindava	NAP Galoko-Kalobinono
Superficie (ha)	1 405	91 790	74 205
Source de données	FIRMS (capteur VIIRS)	FIRECAST (capteurs MODIS et VIIRS)	
Période	2016-2022	2015-2020	
Nombre de PF	25	729	311

IV.2.3. Discussion des causes de la déforestation et de feux dans la NAP d’Ambohidray

Pour la NAP d’Ambohidray, la déforestation est très fréquente dans la zone tampon que dans les noyaux durs. De ce fait, le charbonnage constitue la principale cause de la déforestation dans le milieu. SIBELET *et al.* (2007), ont déjà affirmé que cette activité constitue la principale source de revenu d’une majorité de la population locale. On peut dire alors que la vie de la population d’Ambohidray dépend fortement de cette activité jusqu’à aujourd’hui, et cela met le futur de la NAP d’Ambohidray dans une position très inquiétante. En outre, les feux de végétations sont également très fréquents dans la NAP d’Ambohidray. Ils sont principalement utilisés dans les systèmes agricoles des riverains, notamment pour le renouvellement des pâturages et les cultures sur brûlis. Le feu est également un vecteur courant de contestation et de destruction utilisé par les

populations malgaches (TABOR et *al.*, 2017), et c'est effectivement le cas pour la NAP d'Ambohidray. En effet, plusieurs feux qui ont eu lieu dans la NAP, surtout dans le noyau dur, étaient des feux volontaires à cause des conflits sociaux et du mécontentement liés à la gestion de la NAP.c

IV.3. Recommandations

Les résultats ont montré que la NAP d'Ambohidray se trouve dans une situation préoccupante face aux activités socio-économiques de la population locale. De ce fait, il est indispensable de mener une revue et une amélioration sur les principes de gestion de la NAP. Compte tenu des principales causes et origines de la déforestation et des feux dans le milieu, et également de toutes les informations reçues lors des conversations avec les villageois, voici quelques recommandations qui pourraient être utiles dans l'amélioration stratégique :

- ✚ Utilisation des plateformes Global Forest Watch et FIRMS comme principaux outils de surveillance forestière de la NAP d'Ambohidray
- ✚ Mise à jour du plan de gestion :
 - Multiplication des Zones de Restauration (ZRe) et redélimitation de la Zone d'Utilisation Durable (ZUD),
 - Multiplication de l'effectif des agents de la NAP,
 - Suivie présenteielle de chaque exploitation et pratique de feu, par des agents responsables, afin d'empêcher la surexploitation et la propagation des incendies.
- ✚ Prévention de la déforestation et de l'incendie à travers la pédagogie et la sensibilisation :
 - Introduction de l'étude de l'environnement dans les programmes scolaires des élèves dans la commune rurale de Morarano-Gare, afin d'avoir une génération future responsable vis-à-vis de l'environnement,
 - Education sur des méthodes de gestion de feux efficaces aux personnes concernées,
 - Education sur des systèmes de cultures et d'élevages modernes,
 - Mise en place des affiches partout dans les villages, informant les lois et les règles sur l'exploitation de la forêt et la pratique des feux, ainsi que les différentes sanctions.
- ✚ Amélioration de la communication entre les agents locaux, la communauté locale et les gestionnaires :
 - Mise à la disposition des agents locaux des outils de communications pour informer à temps les gestionnaires sur les évènements concrets ou suspects qui se manifestent dans la NAP,

- Mise en place des réunions mensuelles entre les gestionnaires et les agents locaux, pour faire des briefings, afin de faire une bonne suivie de la NAP,
 - + Implication de la communauté locale dans la reforestation rurale, à partir des espèces de bois de chauffes, afin de satisfaire leurs besoins énergétiques, ainsi pour combattre la déforestation des forêts naturelles.
 - + Emprisonnement direct des coupables d'actions illégales et sinistres dans la NAP
 - + Application de toutes les lois en vigueur.
 - + Recherches des partenariats pour des projets de développement durable afin de réduire le taux de chômage dans le milieu.

Conclusion

CONCLUSION

La déforestation et les feux sont des fléaux redoutables à Madagascar. La déforestation entraîne la fragmentation des habitats forestiers et tend jusqu'à leur disparition ainsi que les êtres vivants qui y vivent. En outre, les incendies frappent fortement les végétations du pays et les transforment en cendres. Et même les Aires Protégées ne sont pas épargnées.

La présente étude s'est focalisée sur l'évaluation de la déforestation et des feux dans la Nouvelle Aire Protégée d'Ambohidray entre les années 2016 et 2022, dans le but d'aider les gestionnaires dans les efforts de conservation. Pour y parvenir, l'étude a eu recours aux outils de la télédétection, à travers les données satellitaires des plateformes GFW et FIRMS. En complément, une descente sur le terrain a été faite pour voir l'état des végétations de la NAP après leur dégradation, puis pour récolter des informations sur les causes de la déforestation et des feux dans la zone, ainsi que des solutions envisagées par les riverains, à travers des enquêtes socio-économiques.

Les données issues de la plateforme GFW ont permis de connaître l'évolution du couvert arboré de la NAP d'Ambohidray, dans le temps et dans l'espace, après plusieurs traitements effectués sur les logiciels QGIS et EXCEL. Tandis que les données issues de la plateforme FIRMS ont permis de connaître le dynamique spatio-temporel des points de feux dans la NAP, à partir des logiciels QGIS et R tels que : QGIS a traité la répartition spatiale et temporelle des feux, et R a analysé l'interdépendance entre les feux et les variables climatiques.

Les données de perte de couvert arboré de la plateforme GFW ont démontré que la perte de couvert arboré est irrégulière au cours de la période 2016-2022. Les pertes sont rencontrées à la fois dans la zone tampon et dans le noyau dur d'Andriambe, mais ce dernier est moins affecté. Durant cette période, seul le noyau dur d'Ambolobe a été épargné par la déforestation. Ainsi la première hypothèse (H1) est rejetée. De plus, la déforestation a eu tendance à s'approcher du noyau dur d'Andriambe au cours de ces quatre dernières années. Le charbonnage constitue la principale cause de la déforestation dans la zone tampon de la NAP d'Ambohidray, mais l'exploitation illicite en est la cause fondamentale dans le noyau dur. Le charbonnage constitue la principale source de revenu de la population riveraine, ce qui explique cette situation ; tandis que la surexploitation dans les noyaux durs est engendrée par des corruptions entre des personnes membres de la gestion et les bricoleurs. Ensuite, les feux volontaires, causés par des conflits sociaux et du mécontentement vis-à-vis de la protection de la NAP, constituent également un facteur important de la disparition du couvert arboré dans le noyau dur. Les coupes sélectives, les feux et les expansions des terrains pour l'agriculture constituent les facteurs secondaires des pertes dans la zone tampon.

Les données issues de la plateforme FIRMS ont sorti que la NAP d'Ambohidray a été touchée par 25 feux au cours de la période 2016-2022. La répartition des feux est irrégulière pendant cette période. C'est la zone tampon qui a été la plus frappée par les feux, et le noyau dur d'Andriambe a été touché par 1 seul feu. Par contre, aucun feu n'a été détecté dans le noyau dur d'Ambolobe. Les feux dans la NAP d'Ambohidray suivent un cycle régulier chaque année. Ce sont des feux tardifs, qui s'étend pendant 6 mois chaque année (septembre au février), dans le but de satisfaire surtout les besoins en pâturages des éleveurs de bovins ainsi que les cultures sur brûlis. En effet, les feux dans la NAP sont majoritairement des feux volontaires. Les feux apparus dans les noyaux durs sont des feux provoqués par la colère, qui expriment les vengeances de certaines personnes face aux corruptions et à la protection de la NAP. Les feux qui se manifestent dans la zone tampon sont également des feux volontaires, causés d'une part par la pyromanie, et d'autre part par les activités socio-agrosystémiques de la population locale tels que le renouvellement de pâturage et les cultures sur-brûlis. Ainsi, la deuxième hypothèse (H2) est vérifiée.

La population d'Ambohidray a fortement recours à la forêt à cause du chômage et la pauvreté, les raisons pour lequel le charbonnage constitue leur principale source de revenu. La croissance démographique est également à l'origine de la perte au niveau de la NAP. Outre, l'agriculture et l'élevage sont également leurs ressources de bases, d'où la pratique de feu importante dans la zone. La déforestation et les feux dans la NAP d'Ambohidray sont alors liées à la situation socio-économique des riverains, ce qui confirme notre troisième hypothèse (H3).

La présente étude renseigne sur l'évolution de surface de la couverture arborée de la NAP d'Ambohidray ainsi que la répartition des feux dans le milieu. Le plus important encore, elle informe sur les principales causes et sources de la déforestation et des feux dans la zone. Toutes ces informations sont très utiles dans l'effort de la conservation de la NAP, car elles vont aider à la recherche des principes stratégiques les plus adaptées, ainsi qu'à la prise de décision. Les solutions proposées par la population locale constituent également une base d'idées qui pourrait être utile à la prise de décision. Cette étude a également incité la curiosité sur les questions suivantes :

- Qu'en est-il du gain de couvert arboré dans la NAP d'Ambohidray après ces années d'effort de conservation ?
- Comment est la potentialité de la régénération naturelle de la forêt d'Ambohidray actuellement ?

**Références bibliographiques
et webographies**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **ALLIANCE VOAHARY GASY. 2016.** *La bonne gouvernance environnementale en 27 études de cas.* Antananarivo. 134p.
- **ANDRIAMANANTENA, H.N., RAKOTONDRAOMPIANA, S., RAZANAKA, S., et RAKOTONIAINA, S. 2021.** Répartitions spatiale et temporelle des feux à Madagascar. *Revue Française de Photogrammétrie et Télédétection*, 223, n° Spécial Afrique : 38 – 58.
- **BELLAOUI, M. 2018.** *Détection et prévision des phénomènes géophysiques hasardeux à partir des données satellitaires - Cas : séisme de Boumerdès (Algérie) du 21 mai 2003.* Thèse. Université des Sciences et de la Technologie d’Oran, Algérie. 124 p.
- **BESAIRIE, H. 1946.** Géologie de Madagascar. *Annales géologiques du service des mines.* Fascicule XII. Paris, 27p.
- **BIGOT, S., DUMAS, D., BROUT, T., CURT, T., et RAZANAKA, S. 2019.** Feux de végétation et conditions pluviométriques à Madagascar (2001-2017). XXXII^{ème} Colloque International de l’AIC. *Le Changement Climatique, la variabilité et les risques climatiques* : 169 – 174.
- **BIOTOPE. 2021.** Rapport de pré-diagnostic de l’érosion de la biodiversité à Madagascar et sélection de 2 secteurs prioritaires. Version 2. 145 p.
- **BROUCKE, S. 2009.** État de l’art sur la détermination du régime du feu par des moyens de télédétection - Rapport sur l’évaluation du régime du feu par des moyens de télédétection et qualification des données. 13p.
- **CONKLIN, H.C. 1957.** *Hanunóo agriculture : a report on an integral system of shifting cultivation in the Philippines.* Rome : FAO, Forestry Development 12.
- **EUROSTAT. 2000.** Manuel des concepts relatifs aux systèmes d’information sur l’occupation et l’utilisation des sols. 140 p.
- **FAO. 2014.** Evaluation des ressources forestières mondiales 2015 – Rapport National, Madagascar. Rome. 95 p.
- **FARAMALALA, M. H., et RAJERARISON, C. 1999.** Nomenclature des formations végétales de Madagascar. ANGAP et Conservation International, Madagascar. 43p.
- **GAUSSEN, A. 1955.** Déterminations des climats par les méthodes des courbes ombrothermique. *Académie Scientifique* : 642 - 643.
- **GAVALDÃO, M., et FRANÇOIS, Y. 2013.** Les méthodologies finance carbone de boisement / reboisement. Bénin. 13p.

- **GIGLIO, L., SCHROEDER, W., HALL, J.V., et JUSTICE, O.C. 2018.** MODIS Collection 6 Active Fire Product User's Guide - Revision B. University of Maryland. 64 p.
- **HUMBERT, H. 1965.** Description des types de végétation. In Humbert H. & Darne, C.G. (eds) *Notice de la carte Madagascar. Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques*. CNRS et ORSTOM, Toulouse, France : 46 - 78.
- **JAQUET, O. 1987.** La télédétection : le troisième œil du géologue. Bulletin de l'Association Suisse des Géologues et Ingénieurs du Pétrole, 54, n°124 : 37 - 43.
- **JONES, P.G.J., RAKOTONARIVO, O.S., RAZAFIMANAHAKA, et H.J. 2021.** Conservation des forêts à Madagascar : Passé, Présent, et Futur. The New Natural History of Madagascar. Steven M Goodman, hal-03196021.
- **KOECHLIN, J., GUILLAUMET, J.-L., et MORAT P. 1974.** Flore et Végétation de Madagascar. Éd. : J. Cramer. In der A.R. Gantner Verlag Kommanditgesellschaft. FL-9490 Vaduz. 687p.
- **KOEHL, M. 2004.** SIG, une histoire de définition. XYZ, 101 : 61 - 66.
- **Loi n°2015-005 portant refonte du Code de Gestion des Aires Protégées.** Antananarivo, Madagascar. 25 p.
- **MEEF. 2018.** Stratégie nationale REDD+ Madagascar - Pour une diminution de 14% des émissions GES du secteur forestier d'ici 2030, à travers un accroissement du couvert forestier, et une maîtrise de la déforestation et de la dégradation des forêts. Antananarivo. 63p.
- **MEEMF. 2015.** Décret n°2015-808 portant création globale de dix (10) Aires Protégées dénommées respectivement Behara Tranomaro, Sud-Ouest Ifotaky, Torotorofotsy, Ambohidray, Angavo, Ranobe Bay, Vohidefo, Bombetoka Beloboka, Ranobe Pk32 et Ambararata Londa. Antananarivo. 6 p.
- **MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A.B., et KENT, J. 2000.** Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403, n° 6772 : 853 - 858.
- **NGOLAHARINTSOA, H.L. 2022.** *Evaluation de la déforestation dans les deux Aires Protégées Ampasindava et Galoko Kalobinono en utilisant la plateforme Global Forest Watch*. Mémoire. Mention Biologie et Ecologie Végétales. Université d'Antananarivo. 51 p.
- **RABARY, T. 2018.** Proposition d'un plan d'aménagement et de gestion de la Nouvelle Aire Protégée d'Ambohidray (District Moramanga, Région Alaotra-Mangoro, Madagascar). Mémoire. Mention Biologie et Ecologie Végétales. Université d'Antananarivo. 50 p.

- **RAFANO HARANA, S.C., ANDRIANAMBININA, F.O.D., RASAMUEL, H.A., WAEBER, P.O., GANZHORN, J.U., et WILME, L. 2023.** Tree canopy density thresholds for improved forests cover estimation in protected areas of Madagascar. *Environmental Research Communications*, 5, n° 071003 : 1 – 7.
- **RAJOELIARIMALALA, O.G. 2022.** *Evaluation et analyses des points feux entre 2015 et 2020 des aires protégées Ampasindava et Galoko-Kalobinono en utilisant la plateforme Firecast.* Mémoire. Mention Biologie et Ecologie Végétale. Université d’Antananarivo. 50p.
- **RAKOTOMALA F.A., RABENANDRASANA, J. C., ANDRIAMBAHINY, J. E., RAJAONSON, R., ANDRIAMALALA, F., BURREN, C., RAKOTOARIJAONA, J.R., PARANY, B.L.E., VAUDRY, R., RAKOTONIAINA, S., RANAIVOSOA, R., RAHAGALALA, P., RANDRIANARY, T., et GRINAND, C. 2015.** Estimation de la déforestation des forêts humides à Madagascar utilisant une classification multitemporelle d’images Landsat entre 2005, 2010 et 2013. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, n° 211-212 : 11 – 23.
- **RANDRIAMAMPIANINA, M., LESNE, F., RAKOTONARIVO, V., et RAFITOSON, K. 2020.** Trafic d’espèces protégées et déforestation : Madagascar, une biodiversité otage de la corruption. *Annales des Mines*, n°100 : 63 – 67.
- **RATIANARINAMBININA, F.H. 2021.** Evaluation et dynamique écologique des formations végétales en vue d’une restauration écologique : cas de l’Aire Protégée d’Ambohidray (Morarano-Gare, Région Alaotra Mangoro). Mémoire. Mention Biologie et Ecologie Végétales. Université d’Antananarivo. 51 p.
- **SCHROEDER, W., and GIGLIO, L. 2018.** NASA VIIRS Land Science Investigator Processing System (SIPS) - Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) 375 m & 750 m Active Fire Products. Product User’s Guide, Version 1.4. 23 p.
- **SIBELET, N., MUTEL, M., et MONTAGNE, P. 2007.** Une forêt encore peu touchée : bois et charbon fournissent de l’argent aux migrants. *Fonctions économiques et sociales des espèces végétales forestières – Village d’Ambohidray, Madagascar.* 23 p.
- **TABOR K., JONES K. W., HEWSON J., RASOLOHERY A., RAMBELOSON A., ANDRIANJOHANINARIVO T., et al. 2017.** Evaluating the effectiveness of conservation and development investments in reducing deforestation and fires in Ankeniheny-Zahemena Corridor, Madagascar. *PLoS ONE*, 12, n° 12, e0190119.

- **TROLLOPE, W.S.W., DE RONDE, C., et GELDENHUYS, C.J. 2004.** Fire behaviour. *Wildland fire management : Handbook for Sub-Sahara Africa*. Goldammer, J.G., de Ronde, C. Global Fire Monitoring Center. Freiburg, Germany : 27 – 59.
- **UICN France. 2014.** Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France. Les écosystèmes montagnards, 2.4. Paris, France : 1 – 19.
- **VALEA, F. 2005.** *Elaboration d'une méthode de suivi et d'analyse spatio temporelle des feux de brousse en Afrique de l'Ouest : cas du Sénégal et de Burkina Faso*. Guide Méthodologique, Laboratoire d'enseignement et de Recherche en Géomatique. Dakar, Sénégal. 93p.
- **VIELLEDENT, G., GRINAND, C., RAKOTOMALALA, F. A., RANAIVOSOA, R., RAKOTOARIJONA, J.-R., ALLNUTT, T. F., and ACHARD, F. 2018.** Combining global tree cover loss data with historical national forest-cover maps to look at six decades of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Biological Conservation*, 222 : 189 - 197.

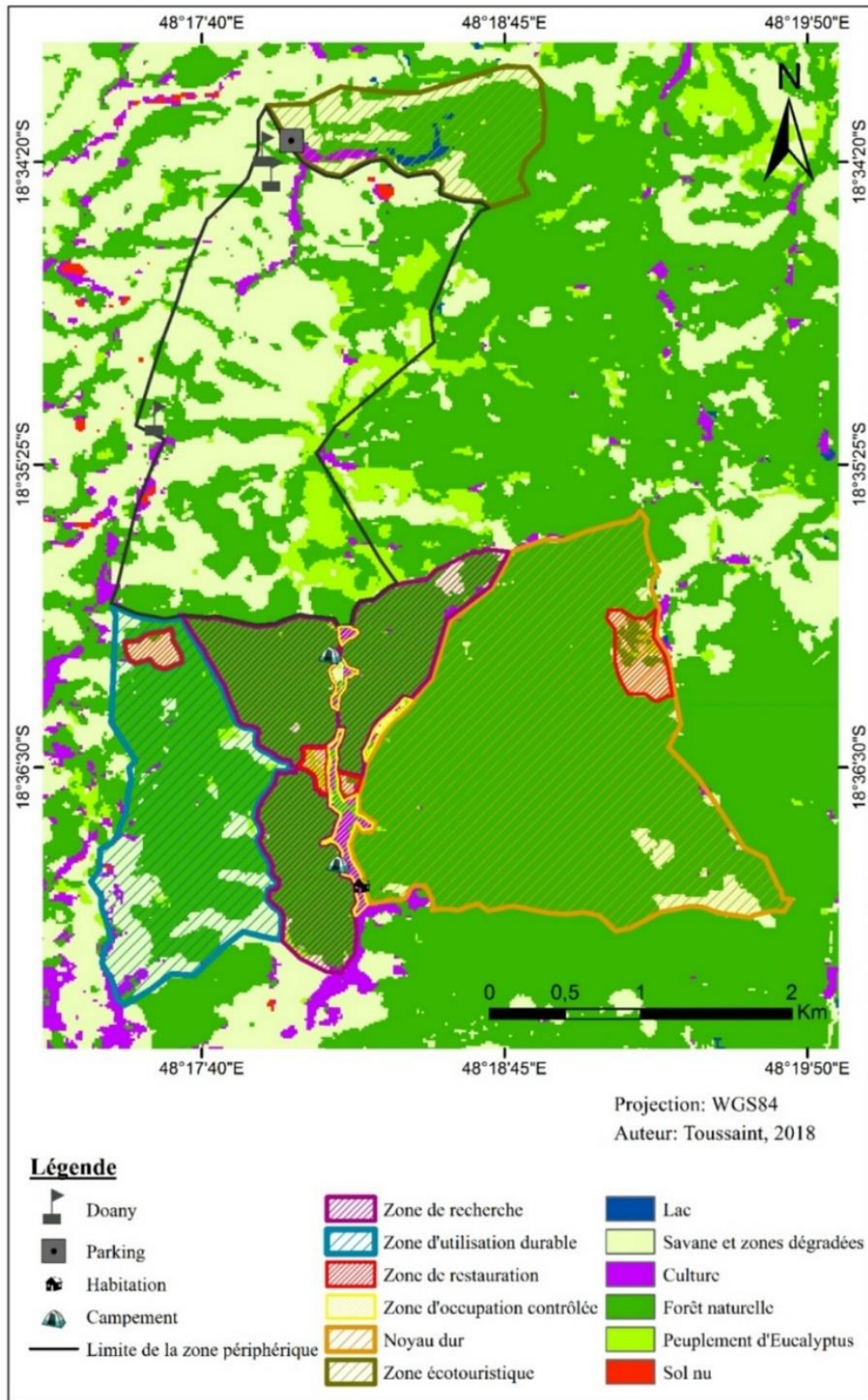
WEBOGRAPHIE

- Http1 : <https://storage.googleapis.com/earthenginepartners-hansen/GFC-2022-v1.10/download.html>
- Http2 : https://www.globalforestwatch.org/map/?modalMeta=tree_cover_loss
- Http3 : <https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/MDG/?map=eyJjYW5Cb3VuZCI6dHJlZX0%3D>
- Http4 : https://storage.googleapis.com/earthenginepartners-hansen/GFC-2022-v1.10/Hansen_GFC-2022-v1.10_treecover2000_10S_040E.tif
- Http5 : https://storage.googleapis.com/earthenginepartners-hansen/GFC-2022-v1.10/Hansen_GFC-2022-v1.10_lossyear_10S_040E.tif
- Http6 : <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/>
- Http7 : <https://viirsland.gsfc.nasa.gov/>
- Http8 : <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/download/create.php>
- Http9 : <https://lpdaac.usgs.gov/products/vnp64a1v001/>

Annexes

ANNEXES

Annexe 1 : Carte d'aménagement de la NAP d'Ambohidray (RABARY, 2018)



Annexe 2 : Données de températures en °C (2013-2021)

Années	Janv.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
2013	23,3	24,0	21,9	20,1	18,5	15,2	15,0	15,1	17,5	19,4	22,7	22,4
2014	22,8	22,4	21,8	20,2	18,1	16,9	15,5	16,3	17,1	21,6	22,3	23,3
2015	22,9	22,2	21,8	21,4	18,9	17,2	15,9	16,0	17,1	20,0	21,7	23,7
2016	22,9	23,4	23,1	20,8	17,1	15,5	14,7	16,0	16,5	20,6	22,2	22,9
2017	23,0	23,6	22,4	20,9	18,9	17,1	16,0	16,2	17,9	20,1	21,5	22,7
2018	22,4	23,0	22,0	20,4	18,7	16,6	14,6	16,2	17,3	19,4	21,7	22,8
2019	22,9	22,8	22,5	21,5	18,6	16,0	15,9	16,0	17,7	20,5	22,5	22,7
2020	22,4	22,0	21,9	19,8	18,3	15,7	14,5	15,4	16,6	19,4	21,0	21,9
2021	23,1	22,5	22,1	20,4	18,2	16,0	14,6	16,3	17,8	20,2	22,7	23,4
Somme	205,7	205,9	199,5	185,6	165,4	146,3	136,7	143,6	155,4	181,2	198,2	205,9
M.A	22,9	22,9	22,2	20,6	18,4	16,3	15,2	16,0	17,3	20,1	22,0	22,9

Annexe 3 : Données sur les précipitations en mm (2013-2021)

Années	Janv.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
2013	262,1	368,8	208,4	30,3	63,6	52,7	78,1	19,8	19,6	49,1	127,5	156,9
2014	272,8	200,4	178,3	18,0	62,6	70,9	109,1	12,8	23,8	54,4	145,3	415,1
2015	386,0	574,7	239,1	66,2	90,9	73,1	84,0	29,6	36,5	35,5	90,8	304,2
2016	253,4	311,8	249,0	68,4	62,2	51,7	84,1	30,7	34,0	68,5	114,1	59,9
2017	100,7	251,3	308,9	124,0	54,0	55,1	100,0	42,0	48,4	47,9	176,2	329,3
2018	441,0	351,0	233,7	91,3	44,6	49,2	88,3	20,7	31,8	44,5	83,5	147,3
2019	353,1	245,3	295,7	157,2	49,3	70,2	78,9	23,0	53,2	37,9	177,5	215,5
2020	358,2	293,6	164,6	56,1	49,8	49,8	83,0	28,1	33,1	36,4	37,2	98,7
2021	125,4	232,4	180,0	125,6	48,5	50,7	56,8	30,8	35,0	15,5	49,0	297,4
Somme	2552,8	2829,3	2057,7	737,2	525,5	523,3	762,2	237,5	315,4	389,7	1001,0	2024,2
M.A	283,6	314,4	228,6	81,9	58,4	58,1	84,7	26,4	35,0	43,3	111,2	224,9

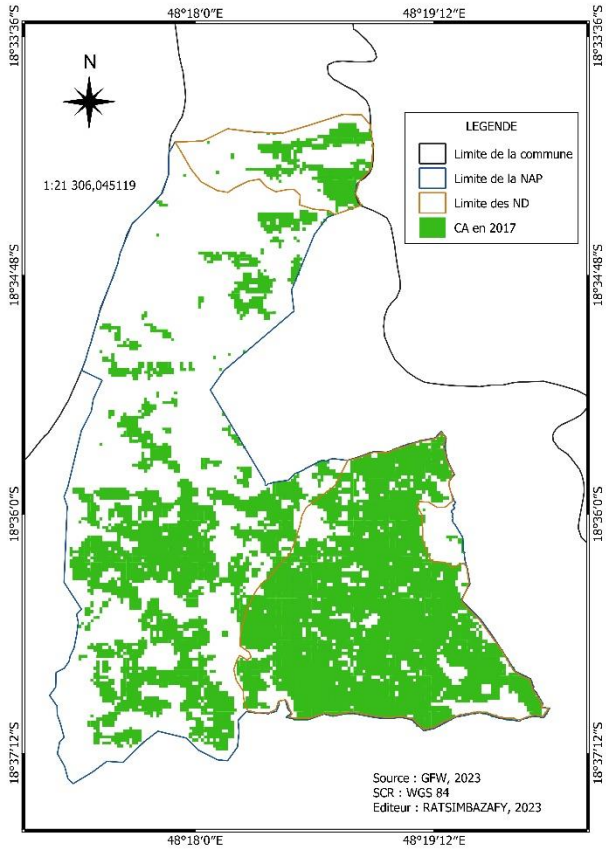
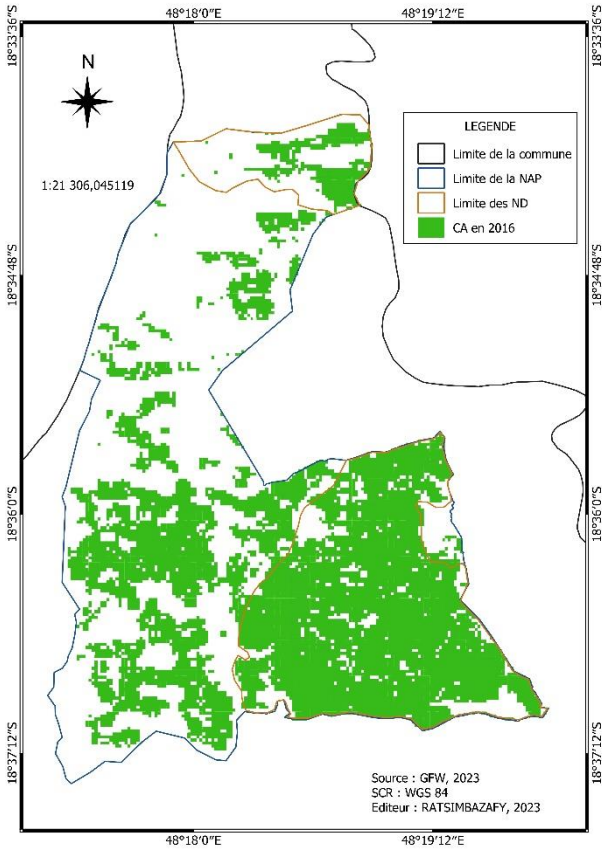
Annexe 4 : Perte de couverture arborée (en ha) dans la NAP et par unité d'aménagement entre 2016 et 2022

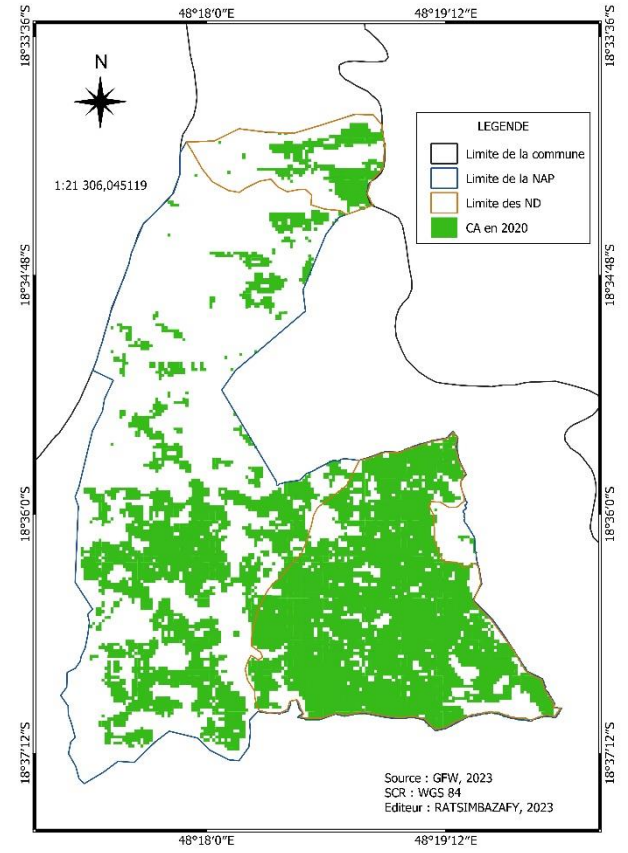
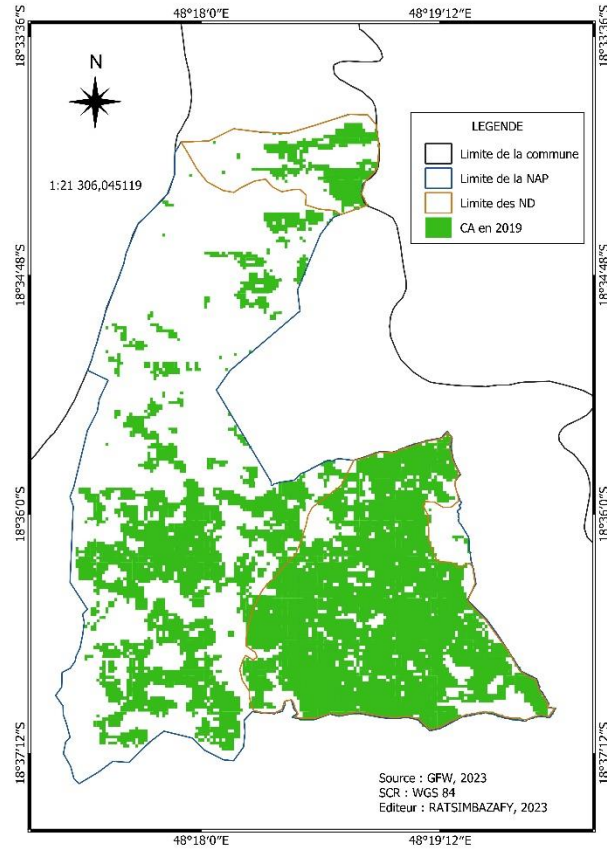
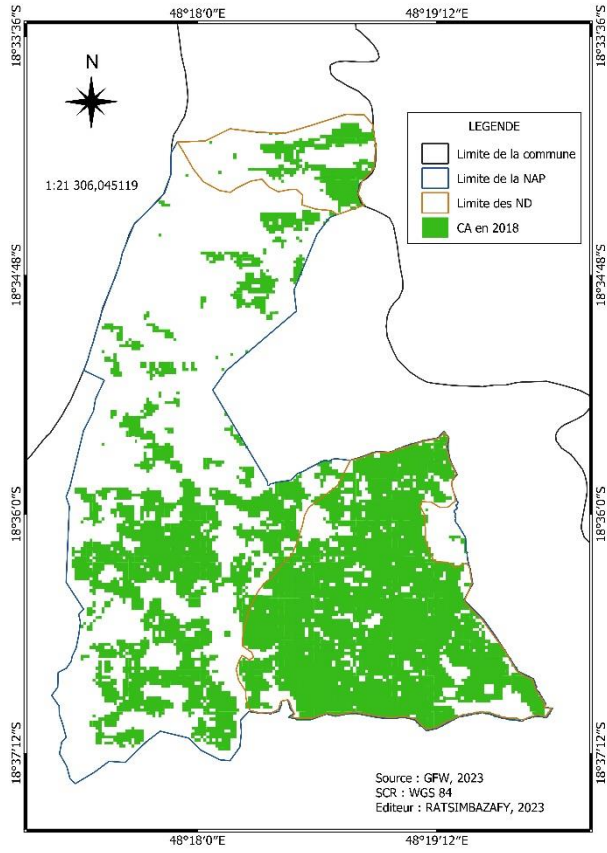
Année	NAP	ZT	ND Andriambe	ND Ambolobe
2016	0,70	0,70	0	0
2017	21,61	14,56	4,34	0
2018	7,98	6,89	1,08	0
2019	3,49	2,09	1,39	0
2020	1,08	0,77	0,31	0
2021	2,25	1,70	0,54	0
2022	3,33	0,85	2,25	0
Total (ha)	40,43	27,57	9,91	0

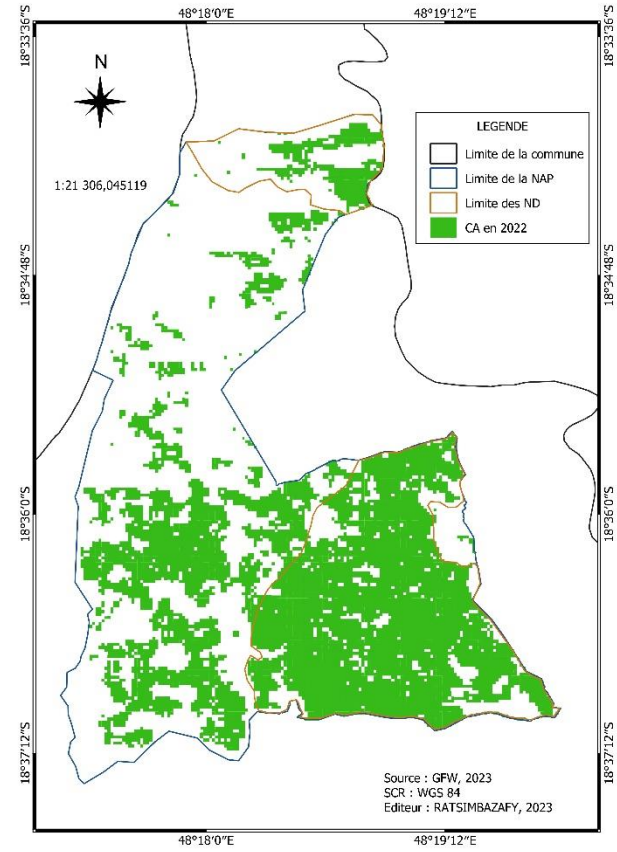
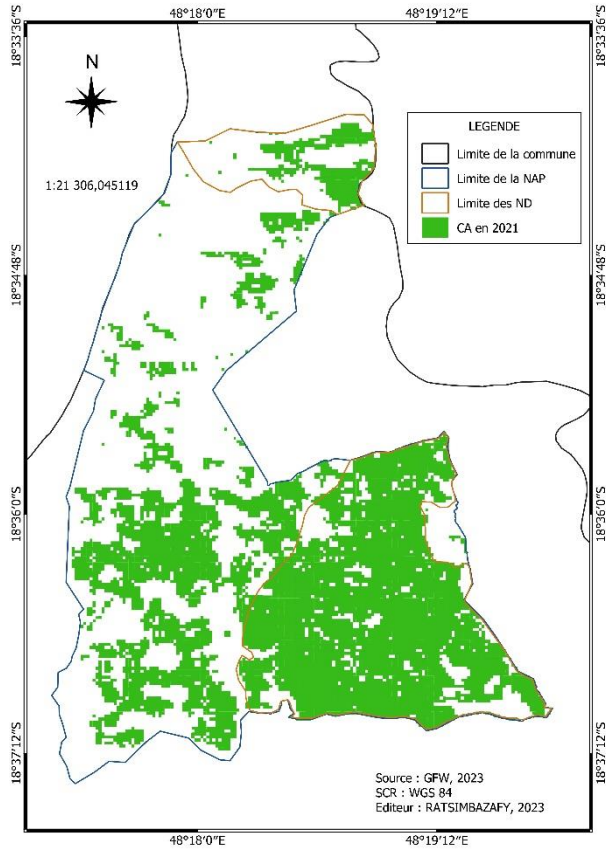
Annexe 5 : Evolution du couvert arboré dans l'ensemble de la NAP d'Ambohidray et par unité d'aménagement entre 2016-2022

	Période	NAP	ZT	ND Andriambe	ND Ambolobe
CA (ha)	2016	723,38	297,64	384,77	32,37
Perte de CA (%)	2016-2017	2,99	4,84	1,13	0
	2017-2018	1,14	2,44	0,29	0
	2018-2019	0,50	0,76	0,37	0
	2019-2020	0,16	0,28	0,08	0
	2020-2021	0,33	0,62	0,14	0
	2021-2022	0,48	0,31	0,60	0
CA (ha)	2022	683,65	270,77	374,86	32,37

Annexe 6 : Cartes de la dynamique du couvert arboré de la NAP d'Ambohidray entre 2016-2022



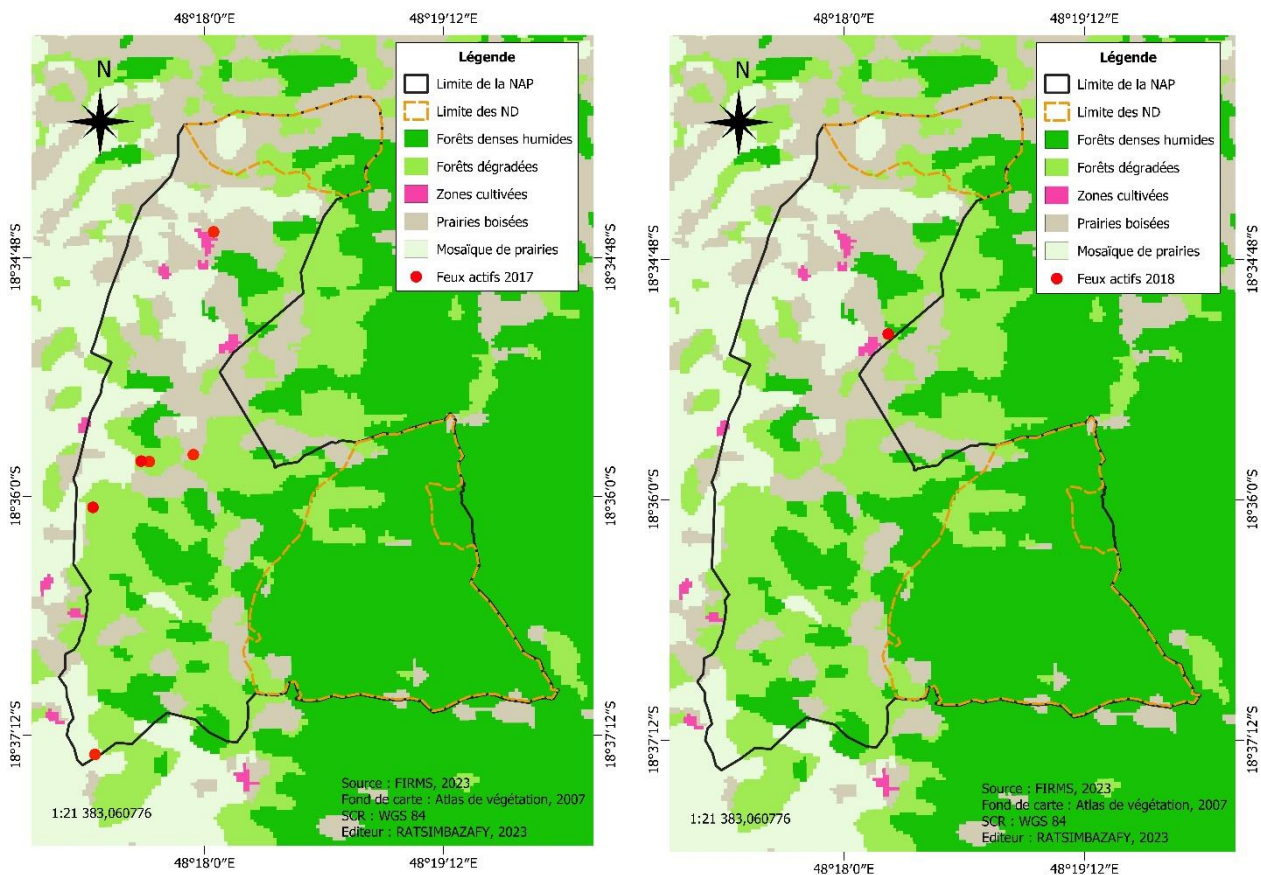


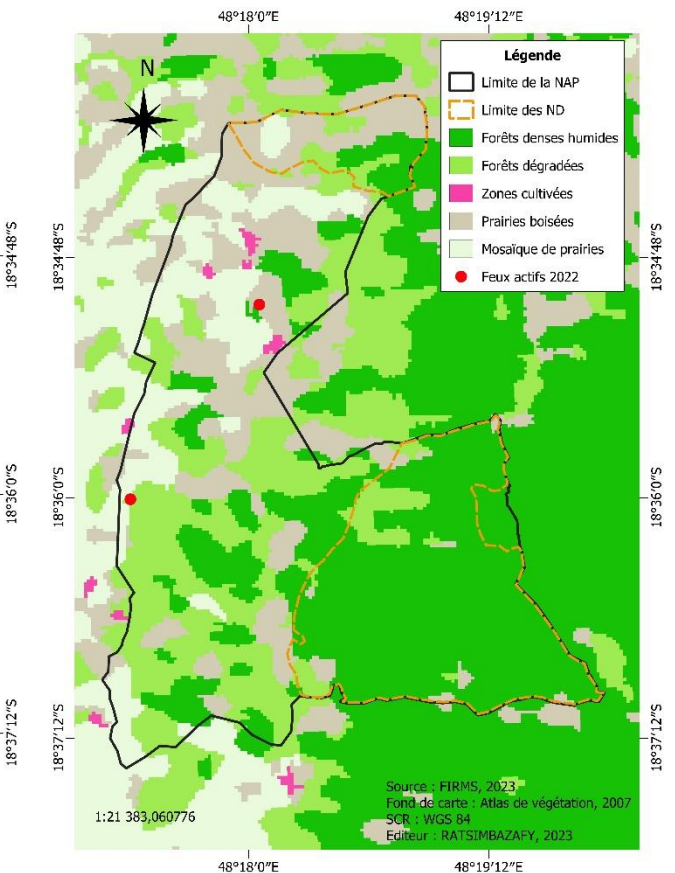
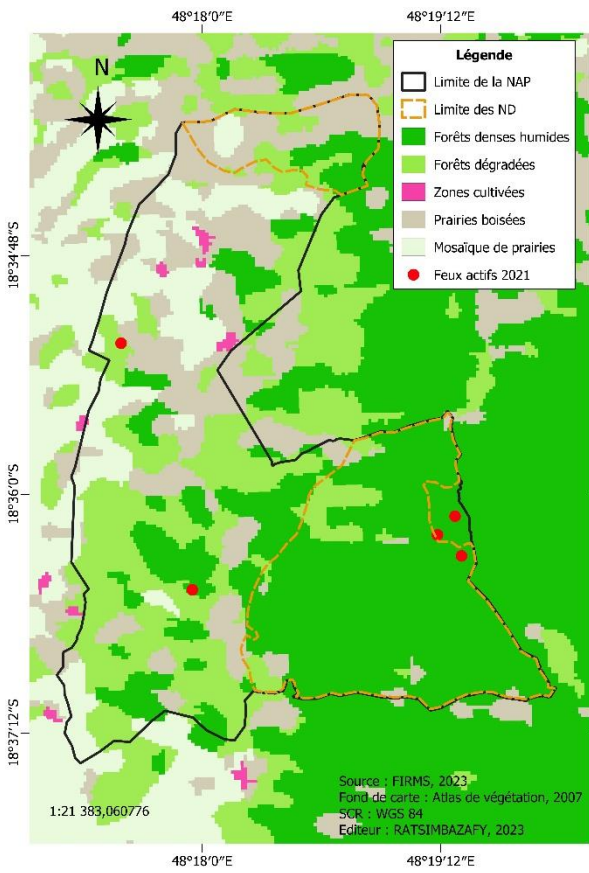
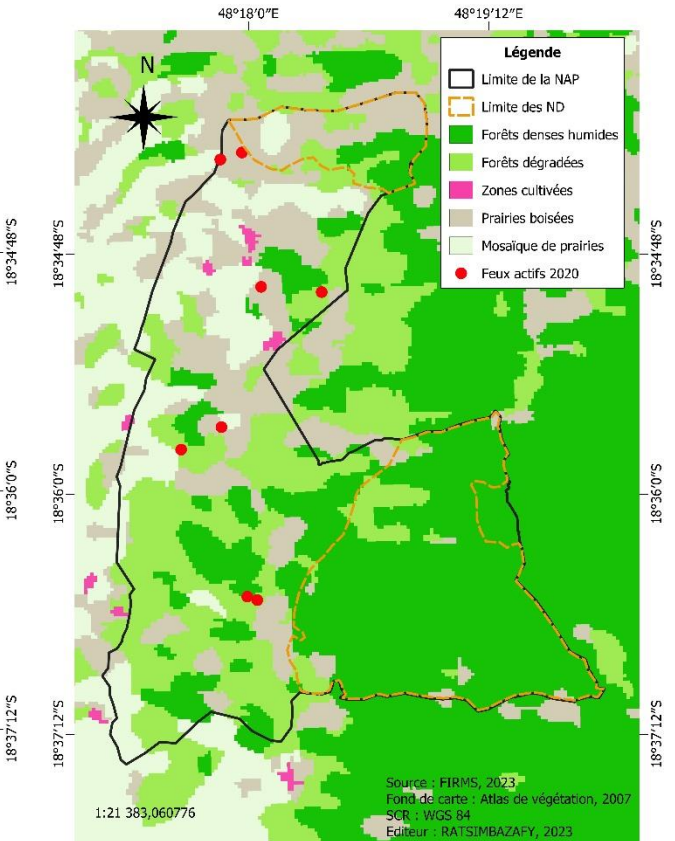
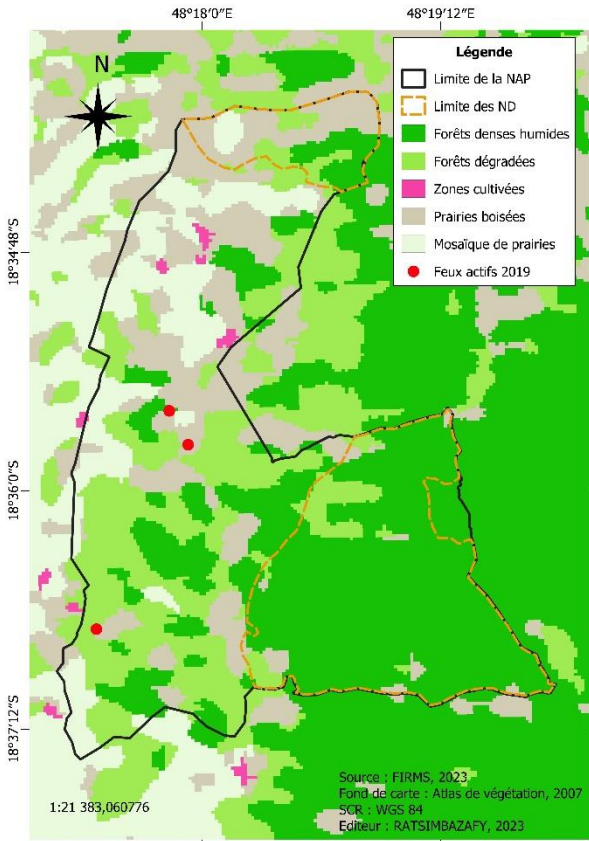


Annexe 7 : Occurrence de points de feux dans la NAP et par unité d'aménagement de la période 2016-2022

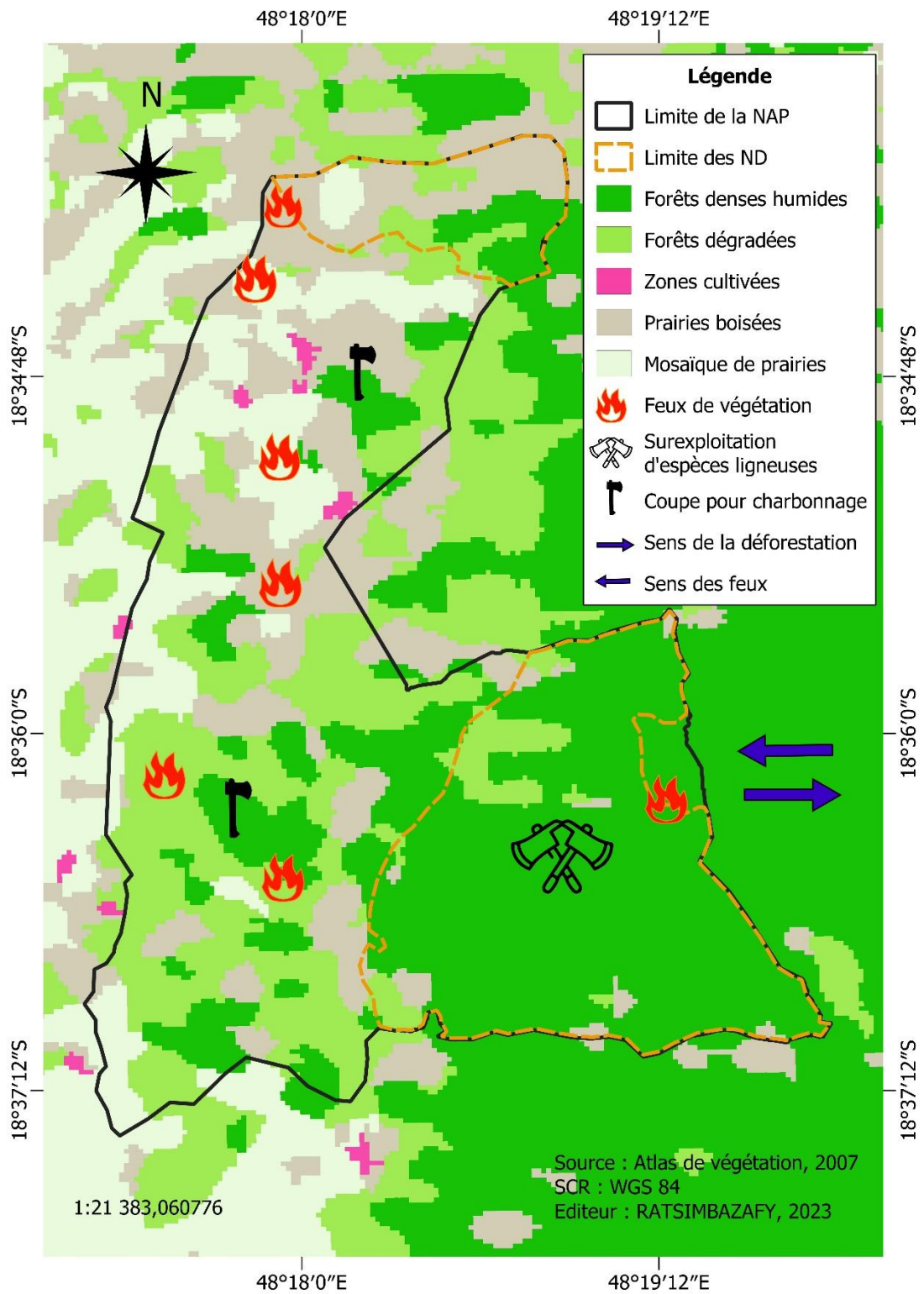
Année	NAP	ND Andriambe	ND Ambolobe	ZT
2016	0	0	0	0
2017	6	0	0	6
2018	1	0	0	1
2019	3	0	0	3
2020	8	0	0	8
2021	5	1	0	4
2022	2	0	0	2
Total	25	1	0	24

Annexe 8 : Cartes de la répartition spatio-temporelle des points de feu dans la NAP d'Ambohidray entre 2017-2022





Annexe 9 : Carte de pressions de la NAP d’Ambohidray



Annexe 10 : Fiche d'enquête

FICHE D'ENQUETE**NAP AMBOHIDRAY****Date :****Commune :****Fokontany :****Secteur :****Village :****Sexe :** Homme Femme **Classe d'âge :****Fonction :****Questionnaire :****A propos de l'informateur :**

- Quelle est votre principale source de revenu ? Avez-vous d'autres activités complémentaires ? Lesquels ?

Déforestation :

- Quelles sont les formes de déforestation qui existent dans la NAP d'Ambohidray selon vous ?
- Quelles en sont les principales causes et dans quel secteur se trouvent les personnes concernées ?

Feu :

- Quels sont les types de feux rencontrés dans la NAP d'Ambohidray ?
- Qui sont les acteurs de feu et quelles sont les raisons de la pratique de feu selon vous ?
- Quels sont les précautions utilisées par ces gens pour contrôler les feux selon vous ?
- A quelle saison de l'année y a-t-il le plus de feux ?

Conservation :

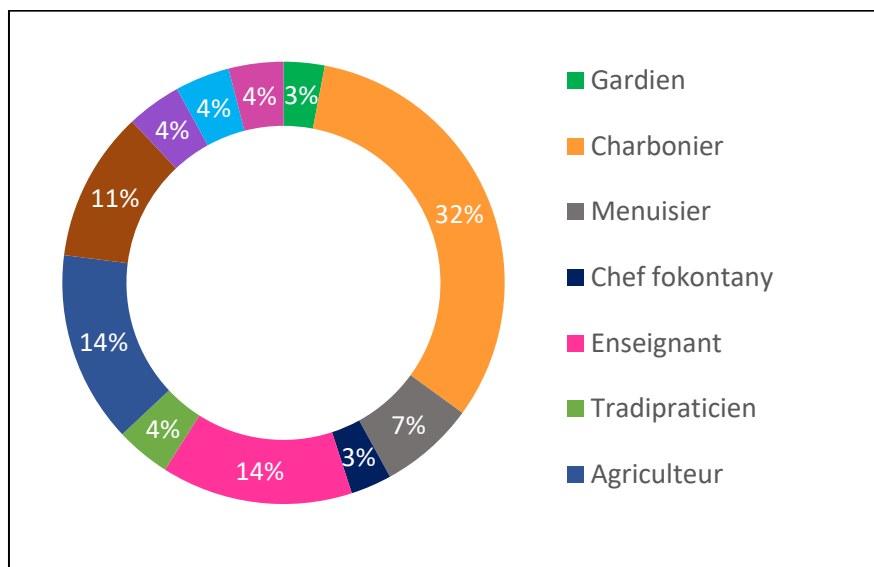
- Avez-vous des soucis face à la protection de la forêt d'Ambohidray ? Pouvez-vous expliquer davantage ?
- Comment trouvez-vous l'évolution des noyaux durs depuis sa conservation ?
- Quelles solutions proposez-vous pour arrêter la déforestation et la pratique de feu dans la NAP d'Ambohidray ?

Annexe 11 : Répartition des répondants par classe d'âge et sexe dans chaque village

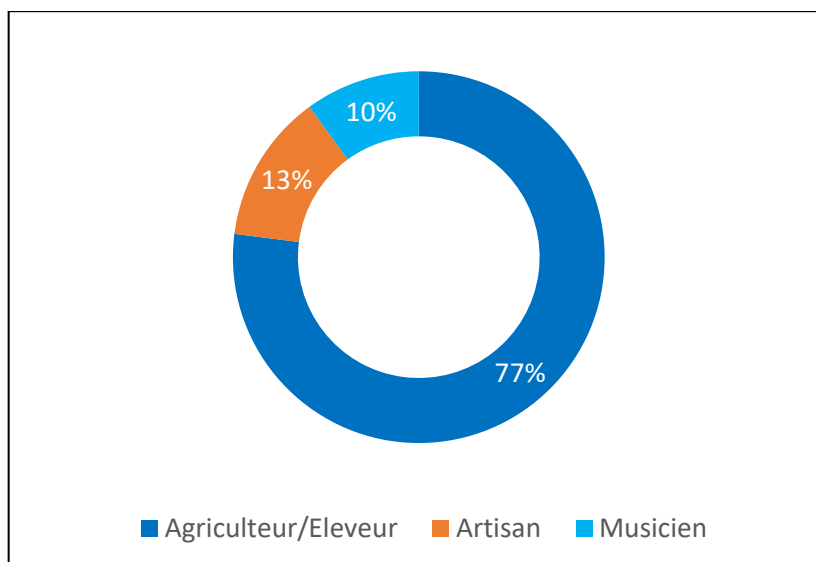
Village	Sexe	Classe d'âge							Effectif
		[10-20[[20-30[[30-40[[40-50[[50-60[[60-70[[70-80[
Ambohidray Sud	H	0	1	1	0	3	0	1	6
	F	0	1	3	0	0	0	0	4
Amparihivola	H	0	2	1	0	2	3	0	8
	F	0	0	0	0	1	1	0	2
Andrebakely	H	0	1	1	2	1	0	0	5
	F	0	1	2	2	0	0	0	5
Effectif		0	6	8	4	7	4	1	30

Annexe 12 : Répartition des répondants par secteur d'activité

Les personnes enquêtées étaient en majorité des charbonniers et agriculteurs. Ces deux activités constituent leurs principales sources de revenu, accompagnés par d'autres activités comme l'artisanat, l'élevage de boeufs et de vovailles. Nous avons rencontré aussi des menuisiers, des chefs fokontany, des enseignants, des tradipraticiens, et un chasseur de miel. Nous avons également eu la chance de discuter avec le chef fokontany et un membre de gestion de la NAP.



Répartition des répondants par secteur d'activité principal



Répartition des répondants par activité secondaire

Planches photographiques



De gauche à droite depuis le haut : Lac Ambolobe (A et B), bordure de la forêt d’Ambolobe (C et D)

Planche photographie 1 : Le noyau dur d’Ambolobe



De gauche à droite depuis le haut : Rizières dans le noyau dur d’Ambolobe (A et B), Rizières dans la zone tampon (C et D), Elevage de bovin (E), Elevage des canards (F)

Planche photographique 2 : Agriculture et élevage à Ambohidray



De gauche à droite depuis le haut : Etat de la couverture du sol après passage de feux (A et B), Déforestation pour le charbonnage (C), Bois d'eucalyptus prêt pour le charbonnage (D)

Planche photographique 3 : Déforestation et feux dans la zone tampon de la NAP d'Ambohidray



De gauche à droite depuis le haut : Pause photo après interview dans le village d'Andrebakely (A), Interview avec le chef fokontany (B), Pause photo de l'équipe après la visite du village Amparihivola (C)

Planche photographique 4 : Pause photo avec l'équipe et les villageois

TITLE : Assessment of deforestation and fire points in the New Protected Area of Ambohidray according to the approaches of the “Global Forest Watch” and “Fire Information for Resource Management System” platforms (2016 – 2022), Morarano-Gare, Alaotra-Mangoro Region.

AUTHOR : RATSIMBAZAFY Sehen

ABSTRACT

A study on deforestation and vegetation fires was carried out in the New Protected Area of Ambohidray, in the Rural Commune of Morarano-Gare, District of Moramanga. The objective is, on the one hand, to evaluate the loss of tree cover in the NPA, and on the other hand, to evaluate the spatio-temporal dynamics of fire points during the period 2016-2022. The results of this study will help managers in decision-making in updating the NPA Development and Management Plan. The data on the loss of tree cover from the GFW platform, as well as the data on fire points from the FIRMS platform were supplemented by socio-economic surveys. This approach made it possible to know the dynamics of the tree cover of the NPA, to know the rate as well as the distribution of fire points in the area, to identify the causes of deforestation and the practice of fire in the environment, as well as than to collect solutions envisaged by local residents. In the Ambohidray NPA, the variation in tree cover loss is irregular during this period. While the fires follow a regular and cyclical rhythm, and extend for six months each year. The buffer zone is the first victim of deforestation and wildfires. Then, the hard core of Andriambe. Ambolobe was not affected by deforestation, and was only affected by fire during this period. Coal mining is the main cause of the loss of tree cover in the buffer zone, while overexploitation is in the hard core. As for the fires, those which appear in the hard core are voluntary fires caused by pyromania. While most fires in the buffer zone are fires for grazing renewal and slash-and-burn cultivation. The socio-economic situation of the population is then the source of their strong dependence on the forest. The GFW and FIRMS platforms are strongly recommended for monitoring forestry developments and fires in Protected Areas, thanks to their near-real-time alert systems. However, the use of GFW data requires great caution to avoid overestimated results. Likewise, it turns out that the data available on FIRMS does not make it possible to evaluate the burned surfaces. Compared to previous studies, tree cover losses and fires in the Ambohidray NPA are more significant.

KEY WORDS : New Protected Area of Ambohidray, Loss of tree cover, Fire points, Global Forest Watch, FIRMS.

REPORTER : Dr RANIRISON Patrick

TITRE : Evaluation de la déforestation et des points de feux dans la Nouvelle Aire Protégée d’Ambohidray selon les approches des plateformes « Global Forest Watch » et « Fire Information for Resource Management System » (2016 – 2022), Morarano-Gare, Région Alaotra-Mangoro.

AUTEUR : RATSIMBAZAFY Sehen

RESUME

Une étude sur la déforestation et sur les feux de végétations a été réalisée dans la Nouvelle Aire Protégée d’Ambohidray, de la Commune Rurale de Morarano-Gare, District de Moramanga. L’objectif est, d’une part, d’évaluer la perte de couvert arboré dans la NAP, et d’autre part, d’y évaluer la dynamique spatio-temporelle des points de feux au cours de la période 2016-2022. Les résultats de cette étude aideront le gestionnaire à la prise de décision dans la mise à jour du Plan d’Aménagement et de Gestion de la NAP. Les données sur la perte de couvert arboré de la plateforme GFW, ainsi que les données sur les points de feux de la plateforme FIRMS ont été complétés par des enquêtes socio-économiques. Cette approche a permis de connaître le dynamique de la couverture arborée de la NAP, de connaître le taux ainsi que la répartition des points de feux dans la zone, d’identifier les causes de la déforestation et la pratique de feu dans le milieu, ainsi que de récolter des solutions envisagées par les riverains. Dans la NAP d’Ambohidray, la variation de la perte de couvert arboré est irrégulière au cours de cette période. Tandis que les feux suivent un rythme régulier et cyclique, et s’étendent pendant six mois chaque année. La zone tampon est la première victime de la déforestation et des feux de végétation. Ensuite, le noyau dur d’Andriambe. Ambolobe n’a pas été touché par la déforestation, et n’a été touché que par un feu durant cette période. Le charbonnage est la cause principale de la perte de couvert arboré dans la zone tampon, tandis que l’exploitation illicite en est dans le noyau dur. Quant aux feux, ceux qui apparaissent dans le noyau dur sont des feux volontaires causés par la pyromanie. Tandis que la plupart des feux dans la zone tampon sont des feux pour le renouvellement de pâturage et la culture sur brûlis. La situation socio-économique de la population est alors la source de leur forte dépendance à la forêt. Les plateformes GFW et FIRMS sont fortement recommandées pour faire un suivi sur l’évolution forestière et les feux dans les Aires Protégées, grâce à leurs systèmes d’alerte à temps quasi-réels. Cependant l’utilisation des données de GFW demande une grande prudence pour éviter des résultats surestimés. De même, il se trouve que les données disponibles sur FIRMS ne permettent pas d’évaluer les surfaces brûlées. Comparés aux études antérieures, la perte de couvert arboré et les feux dans la NAP d’Ambohidray sont plus importants.

MOTS CLES : Nouvelle Aire Protégée d’Ambohidray, Perte de couvert arboré, Points de feux, Global Forest Watch, FIRMS.

RAPPORTEUR : Dr RANIRISON Patrick