

RÉSUMÉ DE THÈSE /
ACADEMIC THESIS ABSTRACT / RESUMEN DE TESIS ACADÉMICA

Dynamiques des paysages forestiers au Mozambique : étude de l'écologie du Miombo pour contribuer aux stratégies de restauration des terres dégradées

Frédérique MONTFORT

RÉSUMÉ

La dégradation des terres constitue un enjeu écologique, sociologique et économique majeur à l'échelle mondiale. Le Mozambique, qui dispose encore d'une importante ressource forestière dominée par les forêts de Miombo, est particulièrement touché par ce phénomène, avec près d'un quart de ses terres qui seraient déjà dégradées. Ce pays s'est fixé l'objectif ambitieux de restaurer 1 million d'hectares de terres dégradées d'ici 2030. Cependant, il existe très peu de données quantitatives et spatialisées sur l'état des terres et sur la capacité de résilience du Miombo. L'objectif de cette thèse est d'analyser les dynamiques, les caractéristiques et les déterminants de l'évolution des paysages forestiers afin d'alimenter les stratégies de restauration des terres dégradées au Mozambique. Cette étude s'est particulièrement intéressée à comprendre les facteurs de dégradation des terres à l'échelle nationale, à évaluer la résilience de l'écosystème du Miombo dans les systèmes d'agriculture sur brûlis dans la région centrale du pays (Zambézie), et enfin à proposer une approche pour identifier les zones et stratégies potentielles de restauration des paysages forestiers. Dans un premier temps, les analyses de séries temporelles satellitaires (indices de végétation et variables climatiques) ont permis de documenter l'état des terres à l'échelle nationale et de quantifier les facteurs de dégradation et régénération des terres. Des inventaires floristiques, pédologiques et des enquêtes de terrain ont été menés en périphérie du Parc national de Gilé, afin d'analyser les dynamiques de régénération forestière après défriche-brûlis et l'impact des cycles répétés de culture-jachère. Ces connaissances issues des études par télédétection et d'inventaires de terrain ont été combinées dans une approche innovante permettant d'identifier les zones prioritaires de restauration et les options de gestion (restauration passive ou active), afin d'améliorer des fonctions du paysage (accumulation de carbone, connectivité des habitats) et de renforcer la biodiversité. Cette approche s'appuie sur une analyse multicritère et le développement d'indicateurs spatialisés environnementaux et sur les trajectoires des agrosystèmes. Cette thèse contribue à une meilleure compréhension des processus et des facteurs de dégradation des terres ainsi que de l'écologie du Miombo. Elle propose une approche innovante pour contribuer à l'élaboration de projets ou programmes de restauration des paysages forestiers au Mozambique.

Mots-clés : dégradation des terres, restauration des paysages forestiers, régénération forestière, télédétection, inventaires floristiques et de sol, Miombo, Mozambique.

Forest landscape dynamics in Mozambique: a study of Miombo ecology to contribute to restoration strategies for degraded lands

ABSTRACT

Land degradation is a major ecological, sociological and economic issue across the world. Mozambique still has significant forest resources, dominated by Miombo forest, but the country is being severely affected by this phenomenon, with almost a quarter of its lands already reported as degraded. Mozambique has set ambitious targets for the restoration of one million hectares of degraded land over the next ten years. However, the Miombo ecosystem is still under-researched, with very few quantitative and spatialised data on the condition of these forest lands and insufficient knowledge about their resilience. The aim of this PhD thesis is to analyse the dynamics, characteristics and determinants of changes in forest landscapes in order to inform strategies for the restoration of degraded lands in Mozambique. This study focuses in particular on i) understanding the drivers of land degradation on the national scale, ii) assessing the resilience of the Miombo ecosystem in slash-and-burn agriculture systems in the central region (Zambezia) and iii) putting forward an approach for identifying potential areas and strategies for forest landscape restoration. First, we analysed satellite time-series (vegetation indices and climatic variables) to document land conditions on the national scale and to quantify the drivers of land degradation and regeneration. We conducted flora and soil inventories as well as field surveys in the outskirts of the Gilé National Park, in order to analyse the dynamics of forest regeneration after slash-and-burn agriculture, and the impact of repeated crop-fallow cycles. The knowledge gained from an innovative approach combining remote-sensing studies and field inventories was used to identify priority areas for potential restoration as well as management options (passive or active restoration) to improve landscape functions (carbon sequestration, habitat connectivity) and enhance biodiversity. This method is based on a multi-criteria analysis, on the development of spatialised environmental indicators and on agrosystem trajectories on the regional scale. This thesis contributes to a better understanding of land degradation drivers and processes and of Miombo ecology. It puts forward an innovative approach to contribute to the development of projects or programmes for forest landscape restoration in Mozambique.

Keywords: land degradation, forest landscape restoration, forest regeneration, remote sensing, flora and soil inventories, Miombo, Mozambique.

Dinámicas de los paisajes forestales en Mozambique: Estudio de la ecología del miombo para contribuir a las estrategias de restauración de las tierras degradadas

RESUMEN

La degradación de las tierras constituye un gran reto ecológico, sociológico y económico a escala mundial. Mozambique, que todavía dispone de un importante recurso forestal dominado por los bosques de miombo, está especialmente afectado por este fenómeno: casi un cuarto de sus tierras ya estaría degradado. Este país se fijó el ambicioso objetivo de restaurar un millón de hectáreas de tierras degradadas de aquí a 2030. Sin embargo, hay muy pocos datos cuantitativos y espacializados sobre el estado de las tierras y sobre la resiliencia del miombo. El objetivo de esta tesis es analizar las dinámicas, las características y los determinantes de la evolución de los paisajes forestales para contribuir a las estrategias de restauración de las tierras degradadas en Mozambique. Este estudio ha hecho hincapié en i) comprender los factores de degradación de las tierras a escala nacional, ii) evaluar la resiliencia del ecosistema de miombo en los sistemas de agricultura de roza y quema en la región central del país (Zambezia) y iii) proponer un enfoque para identificar las zonas y estrategias potenciales de restauración de los paisajes forestales. En un primer momento, los análisis de series temporales proporcionadas por los satélites (índices de vegetación y variables climáticas) permitieron documentar el estado de las tierras a escala nacional, y cuantificar los factores de degradación y regeneración de las tierras. Se llevaron a cabo inventarios florísticos y edafológicos e investigaciones de campo en la periferia del Parque Nacional de Gilé, para analizar las dinámicas de regeneración forestal tras la agricultura de roza y quema y el impacto de los ciclos repetidos de cultivo-barbecho. Estos conocimientos, provenientes de estudios realizados mediante teledetección e inventarios de terreno, se combinaron con un planteamiento innovador que permite identificar las zonas prioritarias de restauración y las opciones de gestión (restauración pasiva o activa), para mejorar las funciones del paisaje (acumulación de carbono, conectividad de los hábitats) y reforzar la biodiversidad. El planteamiento se basa en un análisis multicriterio, el desarrollo de indicadores medioambientales espacializados y las trayectorias de los agrosistemas. Esta tesis contribuye a una mejor comprensión de los procesos y de los factores de degradación de las tierras y de la ecología del miombo. Propone un enfoque innovador para contribuir a la elaboración de proyectos o programas de restauración de los paisajes forestales en Mozambique.

Palabras clave: degradación de las tierras, restauración de los paisajes forestales, regeneración forestal, teledetección, inventarios florísticos y de suelo, Miombo, Mozambique.



Doi : <https://doi.org/10.19182/bft2023.a37281>

Droit d'auteur © 2023, Bois et Forêts des Tropiques © Cirad
Date de publication : 1^{er} octobre 2023



Licence Creative Commons :
Attribution - Pas de Modification 4.0 International.
Attribution-4.0 International (CC BY 4.0)

Figure 1. A) Organisation générale de la thèse. Le chapitre 1 présente les enjeux, les objectifs et les sites d'étude. Le chapitre 2 porte sur l'estimation et la localisation des changements passés d'état des terres et l'analyse des facteurs sous-jacents à l'échelle nationale, afin d'établir une estimation de la dégradation des terres au Mozambique. Le chapitre 3 s'intéresse aux dynamiques de régénération forestière du Miombo après agriculture sur brûlis en périphérie du Parc national de Gilé dans la province de Zambézie, au centre du pays. Le chapitre 4 fournit des informations sur l'impact de l'intensification de l'agriculture sur la biodiversité des espèces ligneuses, la structure de la végétation et les propriétés du sol. Le chapitre 5 présente l'approche développée pour identifier les zones prioritaires et les stratégies pour la restauration des paysages forestiers au Mozambique à l'échelle de deux districts. Enfin, le chapitre 6 est consacré à la synthèse et à la discussion de l'ensemble des résultats de ce travail de thèse. B) Composantes du paysage en périphérie du Parc national de Gilé : forêt de Miombo à l'intérieur du Parc et champ défriché récemment. Photos : Montfort, 2018.

Figure 1. A) Overall structure of the thesis. Chapter 1 presents the issues, objectives and study sites. Chapter 2 focuses on estimating and locating past changes in the condition of the land and analysing the underlying factors on the national scale, in order to establish an estimate of land degradation in Mozambique. Chapter 3 investigates the dynamics of Miombo forest regeneration after slash-and-burn agriculture in the outskirts of the Gilé National Park in Zambezia province in the centre of the country. Chapter 4 provides information on the impact of agricultural intensification on the biodiversity of woody species, the structure of the vegetation and soil properties. Chapter 5 presents the approach developed to identify priority areas and strategies for forest landscape restoration in Mozambique on the scale of two districts. Finally, chapter 6 provides a synthesis and discussion of all the results of this thesis work. B) Landscape components in the outskirts of Gilé National Park: Miombo forest inside the Park and recently cleared cropland. Photos: Montfort, 2018.

Figure 1. A) Organización general de la tesis. El capítulo 1 presenta los retos, los objetivos y los lugares de estudio. El capítulo 2 trata de la estimación y la localización de los cambios de estado de las tierras pasados y el análisis de los factores subyacentes a escala nacional, para establecer una estimación de la degradación de las tierras en Mozambique. El capítulo 3 se interesa en las dinámicas de regeneración forestal del miombo después de agricultura de roza y quema en la periferia del Parque Nacional de Gilé, en la provincia de Zambézia, en el centro del país. El capítulo 4 proporciona información sobre el impacto de la intensificación de la agricultura en la biodiversidad de las especies leñosas, la estructura de la vegetación y las propiedades del suelo. El capítulo 5 presenta el planteamiento desarrollado para identificar las zonas prioritarias y las estrategias para la restauración de los paisajes forestales en Mozambique a escala de dos distritos. Finalmente, el capítulo 6 se centra en la síntesis y la discusión del conjunto de resultados de este trabajo de tesis. B) Componentes del paisaje en la periferia del Parque Nacional de Gilé: bosque de Miombo en el interior del Parque y campo desbrozado recientemente. Fotos: Montfort, 2018.

Figure 1. A) Organização geral da tese. O capítulo 1 apresenta os desafios, os objetivos e os lugares de estudo. O capítulo 2 trata da estimac o e da localiza o das mudanças de estado das terras passadas e a análise dos fatores subjacentes a escala nacional, para estabelecer uma estimac o da degrada o das terras em Mo ambique. O capítulo 3 se interessa nas dinámicas de regenera o florestal do miombo depois de agricultura de ro a e queima na periferia do Parque Nacional de Gil , na província de Zambézia, no centro do país. O capítulo 4 proporciona informação sobre o impacto da intensificação da agricultura na biodiversidade das espécies lenhosas, a estrutura da vegetação e as propriedades do solo. O capítulo 5 apresenta o planejamento desenvolvido para identificar as zonas prioritárias e as estratégias para a restauração dos paisagens florestais em Moçambique a escala de dois distritos. Finalmente, o capítulo 6 se centra na síntese e a discussão do conjunto de resultados deste trabalho de tese. B) Componentes da paisagem na periferia do Parque Nacional de Gil : bosque de Miombo no interior do Parque e campo desbrozado recentemente. Fotos: Montfort, 2018.

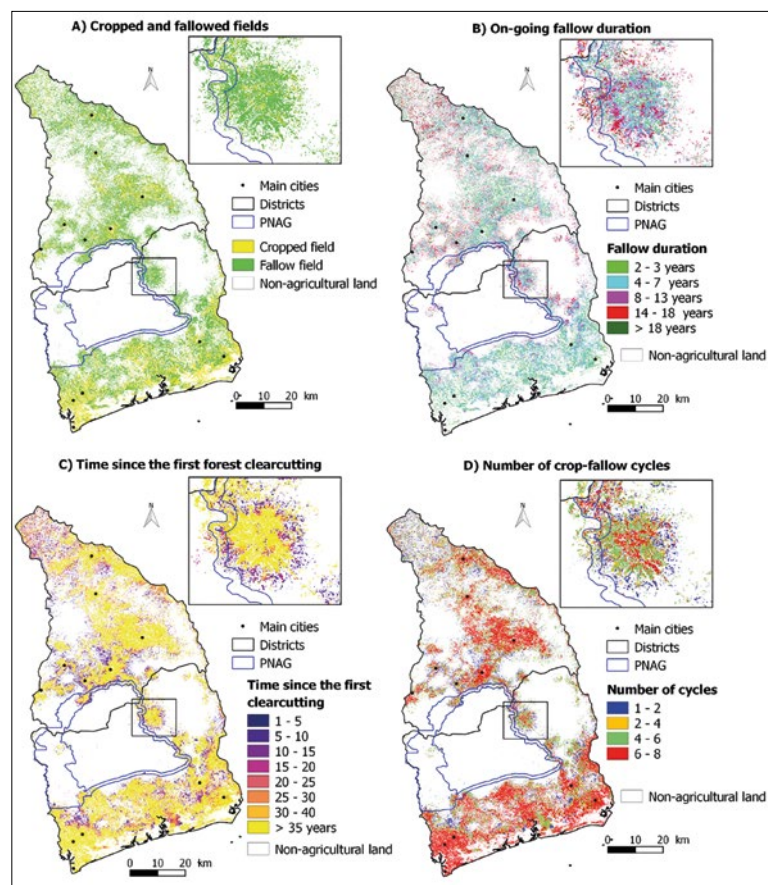


Figure 2. Carte de l'historique de l'utilisation des terres des districts de Gil  et Pebane (province de Zambézie, Mozambique): A) Carte des champs cultivés et en jachère en 2019; B) Carte de la durée de la jachère en cours (en années) en 2019; C) Carte du temps écoulé depuis la première coupe forestière (en années); D) Carte du nombre de cycles culture-jachère.

Figure 2. Map of the land-use history of Gil  and Pebane districts (Zambezia province, Mozambique): A) Map of cropped and fallow fields in 2019; B) Map of on-going fallow duration (in years) in 2019; C) Map showing time since the first forest clearcutting (in years); D) Map of the number of crop-fallow cycles.

Figure 2. Mapa del historial de utilización de las tierras de los distritos de Gil  y Pebane (provincia de Zamb zia, Mozambique): A) Mapa de los campos cultivados y en barbecho en 2019; B) Mapa de la duración del barbecho en curso (en años) en 2019; C) Mapa del tiempo transcurrido desde la primera tala forestal (en años); D) Mapa del número de ciclos cultivo-barbecho.

Grade et dipl me : Docteur en science de l'environnement.

Universit  : AgroParisTech, France.

Date de soutenance : 19 novembre 2021.

Composition du jury

Direction : Lilian Blanc (Directeur, CIRAD, UR Forêts et Sociétés), Valéry Gond (Co-encadrant, CIRAD, UR Forêts et Sociétés), Agnès Bégué (Co-Encadrante, CIRAD, UMR TETIS), Clovis Grinand (Co-encadrant, Nitid e, N'lab).

Membres :

Philippe Lejeune (Président, Université de Li ge, Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique), Stéphanie Carrière (Rapporteuse & Examinatrice, IRD, UMR SENS, France), Kamel Soudani (Rapporteur & examinateur, Université Paris-Saclay, France), Adeline Fayolle (Examinatrice, Université de Li ge, Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique).

Langue de rédaction : Français avec des chapitres en anglais.

Financement : Cette recherche a été financée par Nitid e, l'Association nationale de la recherche et de la technologie (ANRT) et le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD).

Accès au manuscrit : <https://hal.science/tel-03524870>

Contact : adresse e-mail : f.montfort@nitidae.org, adresse postale : Maison de la télédétection, 500 rue Jean-François Breton, 34090 Montpellier

Liste des articles publiés

Montfort F., Bégué A., Leroux L., Grinand C., 2019. Sensitivity Analysis of Land Productivity Change Calculation in Mozambique. IGARSS 2019 - 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Japan, 1633-1636. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2019.8900043>

Montfort F., B gu  A., Leroux L., Blanc L., Gond V., Cambule A. H., Remane I. A. D., Grinand C., 2020. From land productivity trends to land degradation assessment in Mozambique: Effects of climate, human activities and stakeholder definitions. Land Degradation & Development, 32: 49-65. <https://doi.org/10.1002/ldr.3704>

Montfort F., Nourtier M., Grinand C., Maneau S., Mercier C., Roelens J.-B., Blanc L., 2021. Regeneration capacities of woody species biodiversity and soil properties in Miombo woodland after slash-and-burn agriculture in Mozambique. Forest Ecology and Management, 488: 119039. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119039>