

CASE REPORTS ARTICLE

ISSN 2429-5396

FRAGMENTATION FORESTIERE ET EMERGENCE ZONOTIQUE A MADAGASCAR : UNE APPROCHE BIOETHIQUE DE LA GESTION DES ECOSYSTEMES A L'ERE POST-PANDEMIQUE



FOREST FRAGMENTATION AND ZONOTIC EMERGENCE IN MADAGASCAR: A BIOETHICAL APPROACH TO ECOSYSTEM MANAGEMENT IN THE POST-PANDEMIC ERA

| Rakotovao Harinaivo Roméo |

École Doctorale de Gestion des Ressources Naturelles et Développement, Université d'Antananarivo, Madagascar

| DOI: 10.5281/zenodo.21028007 | Received June 03, 2026 | | Accepted May 25, 2026 | | Published June 30, 2026 | | ID Article | Rakotovao-Ref36-6-22ajiras170626 |

RÉSUMÉ

Introduction : Madagascar constitue un cas d'étude critique à la croisée de la crise mondiale de la biodiversité et de l'émergence des maladies infectieuses. La convergence entre une déforestation accélérée, principalement imputable à l'agriculture sur brûlis (tavy), à l'exploitation forestière illicite et à la pression démographique, et la pandémie de COVID-19 a mis en lumière l'urgence de repenser la gestion des paysages forestiers à travers une perspective intégrée, scientifique et éthique. **Objectif :** Cette revue narrative vise à analyser les mécanismes écologiques par lesquels la fragmentation forestière favorise l'émergence zoonotique à Madagascar, à évaluer la pertinence et les limites du cadre, "Une seule santé," dans ce contexte, et à proposer un référentiel bioéthique renouvelé pour guider la gestion post-pandémique des écosystèmes malgaches. **Résultats :** La synthèse de la littérature démontre que la fragmentation forestière opère comme un catalyseur majeur de l'émergence zoonotique par cinq mécanismes interdépendants : augmentation des interfaces homme-faune, restructuration défavorable des communautés animales, stress physiologique de la faune, concentration des ressources partagées et modification des comportements humains à risque. Le cadre, "Une seule santé," bien qu'adapté conceptuellement, demeure insuffisamment opérationnalisé en raison de cloisonnements institutionnels et de contraintes socio-économiques profondes. L'analyse révèle cinq tensions éthiques persistantes opposant conservation et subsistance, santé publique et bien-être animal, précaution et preuve, et intérêts locaux et globaux. **Conclusion :** Une gestion résiliente des paysages malgaches exige de dépasser les approches sectorielles pour adopter une bioéthique de la connectivité fondée sur la justice environnementale, la responsabilité interconnectée et la réciprocité. Cette orientation implique l'intégration de l'évaluation des risques zoonotiques dans les politiques d'aménagement du territoire, le renforcement de la surveillance participative et la mobilisation de financements internationaux reconnaissant la valeur des services écosystémiques globaux.

Mots-clés : Fragmentation forestière ; émergence zoonotique ; bioéthique ; Madagascar ; , "Une seule santé," ; One Health ; gestion des paysages ; post-pandémie

ABSTRACT

Introduction: Madagascar represents a critical case study at the intersection of the global biodiversity crisis and the emergence of infectious diseases. The convergence of accelerated deforestation, driven primarily by slash-and-burn agriculture (tavy), illegal logging, and demographic pressure, with the COVID-19 pandemic has highlighted the urgent need to rethink the management of forest landscapes through an integrated, scientific, and ethical perspective. **Objective:** This narrative review aims to analyze the ecological mechanisms by which forest fragmentation promotes zoonotic emergence in Madagascar, to evaluate the relevance and limitations of the "One Health" framework in this context, and to propose a renewed bioethical framework to guide post-pandemic management of Malagasy ecosystems. **Results:** The synthesis of the literature demonstrates that forest fragmentation acts as a major catalyst for zoonotic emergence through five interdependent mechanisms: increased human-wildlife interfaces, unfavorable restructuring of animal communities, physiological stress in wildlife, concentration of shared resources, and modification of high-risk human behaviors. The "One Health" framework, while conceptually well-suited, remains insufficiently operationalized due to institutional silos and deep socioeconomic constraints. The analysis reveals five persistent ethical tensions opposing conservation and subsistence, public health and animal welfare, precaution and evidence, and local versus global interests. **Conclusion:** Resilient management of Malagasy landscapes requires moving beyond sectoral approaches to adopt a bioethics of connectivity grounded in environmental justice, interconnected responsibility, and reciprocity. This orientation entails integrating zoonotic risk assessment into land-use planning policies, strengthening participatory surveillance, and mobilizing international funding that recognizes the value of global ecosystem services.

Keywords: Forest fragmentation; zoonotic emergence; bioethics; Madagascar; One Health; landscape management; post-pandemic

1. INTRODUCTION

La transformation anthropique des paysages constitue l'un des principaux moteurs de l'émergence des maladies infectieuses à l'interface homme-animal-environnement (Jones et al., 2008 ; Keesing et al., 2010). À l'échelle mondiale, la perte et la fragmentation des forêts tropicales ont été associées à une augmentation significative de la fréquence des épidémies de maladies vectorielles et zoonotiques (Morand & Lajaunie, 2021). Ce constat revêt une acuité particulière à Madagascar, archipel biogéographique unique dont la couverture forestière a été réduite à moins de 10 % de son étendue originelle, avec des processus de fragmentation en cours dans l'essentiel des massifs restants (Vieilledent et al., 2018; Ralimanana et al., 2022). Madagascar est à la fois un point chaud de biodiversité mondiale, abritant plus de 200 000 espèces, dont 90 % sont endémiques, et l'un des pays les plus pauvres du monde, avec plus de 75 % de sa population vivant sous le seuil de pauvreté (Ralimanana et al., 2022). Cette dualité crée un terrain épidémiologiquement vulnérable : la dépendance des populations rurales aux ressources forestières pour leur subsistance les expose directement aux pathogènes de la faune sauvage, tandis que la faiblesse des systèmes de santé publique limite la capacité de détection et de réponse aux émergences (Rajaofera et al., 2025). La pandémie de COVID-19 a exacerbé ces fragilités en détournant des ressources sanitaires déjà limitées et en amplifiant les pressions sur les forêts par nécessité économique (Reuter et al., 2022 ; van Versendaal & Schickhoff, 2024). Le concept d'„Une seule santé,” (One Health), qui reconnaît l'interdépendance fondamentale entre la santé des humains, des animaux et des écosystèmes, offre un cadre conceptuel prometteur pour appréhender ces défis interconnectés (Zhou et al., 2024). Cependant, la traduction de ce cadre en politiques opérationnelles à Madagascar reste fragmentée, insuffisamment financée et éthiquement sous-théorisée.

Cette revue narrative poursuit trois objectifs complémentaires : (1) synthétiser les preuves scientifiques reliant la fragmentation forestière à l'émergence zoonotique dans le contexte malgache, en intégrant les données écologiques, épidémiologiques et sociales ; (2) analyser les réponses politiques et communautaires existantes, en particulier à travers le prisme de l'approche „Une seule santé,” pour en identifier les forces et les lacunes éthiques ; (3) proposer un cadre bioéthique renouvelé pour guider la gestion post-pandémique des paysages de Madagascar, ancré dans les principes de justice, de précaution et de responsabilité interconnectée.

2. MÉTHODES : APPROCHE DE LA REVUE NARRATIVE

2.1. Justification du design et positionnement épistémologique

Une revue narrative thématique a été privilégiée à une revue systématique ou à une méta-analyse en raison de la nature interdisciplinaire et composite du sujet étudié, qui mêle écologie du paysage, épidémiologie des maladies infectieuses, santé publique et bioéthique environnementale. Conformément aux recommandations méthodologiques pour les revues narratives en santé publique et en sciences de l'environnement (Ferrari, 2015; Green et al., 2006), ce design est particulièrement adapté lorsque l'objectif n'est pas de produire une estimation quantitative poolée, mais de construire un cadre conceptuel intégrateur, d'identifier les lacunes dans la littérature et de développer des orientations normatives fondées sur une réflexion analytique approfondie.

L'approche repose sur trois étapes articulées : (a) l'identification et la synthèse des preuves scientifiques concernant les mécanismes écologiques et socio-épidémiologiques liant fragmentation forestière et émergence zoonotique, avec un ancrage sur Madagascar et son contexte biogéographique particulier ; (b) l'analyse critique des cadres de réponse institutionnels, notamment l'approche „Une seule santé,” et des dilemmes éthiques soulevés par les interfaces homme-faune en contexte de pauvreté ; (c) l'élaboration d'un cadre bioéthique argumenté pour orienter la gouvernance future des paysages.

2.2. Stratégie de recherche documentaire

Les sources documentaires ont été identifiées à partir de recherches dans les bases de données PubMed/MEDLINE, Scopus et Web of Science, complétées par Google Scholar pour les documents de littérature grise et les rapports institutionnels. Les équations de recherche ont combiné des termes relatifs à la fragmentation forestière („forest fragmentation,” „deforestation,” „habitat loss,”), aux zoonoses („zoonotic disease,” „emerging infectious diseases,” „spillover,”), à Madagascar („Madagascar,” „Malagasy,”), à la biodiversité et à l'écologie du paysage („landscape ecology,” „wildlife-human interface,”), et à l'éthique/gouvernance („One Health,” „bioethics,” „environmental justice,”).

La période de couverture a été fixée à 2018-2025, afin de capturer les développements les plus récents dans le contexte post-COVID-19, tout en incluant des travaux fondateurs antérieurs lorsque leur pertinence conceptuelle le justifiait. Une

attention particulière a été accordée aux publications traitant spécifiquement de Madagascar, en intégrant également des études comparatives portant sur d'autres régions tropicales (Amazonie, Afrique subsaharienne) lorsqu'elles apportaient des éclairages mécanistiques transposables. Les langues de recherche incluaient le français et l'anglais.

2.3. Critères d'inclusion et d'exclusion

Ont été inclus : les articles originaux, les revues systématiques ou narratives et les rapports d'organismes internationaux portant sur (a) les mécanismes écologiques de l'émergence zoonotique en lien avec la perturbation des habitats forestiers, (b) l'épidémiologie des zoonoses à Madagascar ou dans des contextes biogéographiques comparables, (c) la mise en oeuvre et l'évaluation de l'approche „Une seule santé,” dans les pays à revenu faible ou intermédiaire, (d) les dimensions éthiques et de gouvernance de la conservation de la biodiversité et de la prévention des pandémies. Ont été exclus les travaux ne disposant pas de résumé accessible, les articles de type lettre sans données originales, et les documents en langue autre que le français ou l'anglais.

2.4. Processus d'analyse et de synthèse

L'analyse documentaire a procédé selon une lecture thématique itérative en deux cycles. Lors du premier cycle, chaque source a été codée selon des catégories prédéfinies (mécanisme écologique, facteur socio-économique, défi de gouvernance, dimension éthique, données épidémiologiques) ainsi que des thèmes émergents. Lors du second cycle, une synthèse transversale a permis d'identifier les convergences, les contradictions et les silences dans la littérature, ainsi que les arguments explicites ou implicites concernant les valeurs, les responsabilités et les arbitrages. Conformément aux standards de rigueur des revues narratives en santé publique, l'argumentation présentée est rigoureusement ancrée dans les sources citées, reconnaît explicitement la complexité et la pluralité des perspectives, et distingue clairement les éléments de synthèse empirique des propositions normatives qui en découlent.

2.5. Limites méthodologiques

Les principales limites de cette approche tiennent à (a) la dépendance à un corpus documentaire défini par des critères de langue (français, anglais), susceptible d'omettre des travaux pertinents publiés en malgache ou dans des revues régionales peu indexées ; (b) l'absence de collecte de données primaires sur le terrain, qui restreint la profondeur de l'analyse contextuelle ; (c) la part nécessairement interprétative et positionnelle inhérente à la composante bioéthique normative. Ces limites sont partiellement atténuées par la triangulation des sources et la transparence de l'argumentation normative.

3. CADRE CONCEPTUEL : FRAGMENTATION, ZONOSSES ET BIOÉTHIQUE DANS UN MONDE INTERCONNECTÉ

3.1. Définitions opérationnelles et dynamiques écologiques fondamentales

La fragmentation forestière est définie ici comme le processus par lequel un habitat forestier continu est subdivisé en parcelles de superficie réduite et spatialement isolées, séparées par une matrice de milieux anthropisés (terres agricoles, zones habitées, infrastructures). Ce processus entraîne une réduction de la superficie totale disponible pour les espèces forestières, une augmentation du ratio lisière/intérieur et un isolement croissant des sous-populations animales et végétales (Fahrig, 2003). À Madagascar, la fragmentation résulte principalement du système d'agriculture itinérante sur brûlis (tavy), de l'exploitation forestière illicite, de l'expansion minière artisanale et de la pression démographique, aboutissant à un paysage en archipel où les îlots forestiers subsistent dans une mer de terroirs agricoles (Vieilledent et al., 2018 ; Ralimanana et al., 2022).

L'émergence zoonotique est entendue comme l'apparition, chez une population humaine, d'un agent pathogène jusqu'alors cantonné à des réservoirs animaux, ou l'augmentation significative de l'incidence ou de l'étendue géographique d'un pathogène zoonotique préexistant. Le processus de spillover (transmission interspécifique) est multifactoriel ; la perturbation des écosystèmes et l'accroissement des contacts homme-faune en constituent des moteurs écologiques centraux (Jones et al., 2008ⁱ ; Keesing et al., 2010ⁱⁱ ; Tounta et al., 2022). Le cadre „Une seule santé,” (One Health) opérationnalise la reconnaissance de l'interdépendance entre santé humaine, animale et écosystémique, promouvant une approche collaborative et transdisciplinaire à l'interface homme-animal-environnement (Zhou et al., 2024).

3.2. Mécanismes écologiques reliant fragmentation forestière et risque zoonotique

Cinq mécanismes interdépendants expliquent le lien entre fragmentation des habitats et risque d'émergence zoonotique, dont la synthèse est présentée dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Mécanismes écologiques de l'émergence zoonotique liés à la fragmentation forestière à Madagascar.

Mécanisme écologique	Processus impliqué	Exemple à Madagascar	Conséquence sur le risque zoonotique
Augmentation des interfaces	Création de lisières forêt/zones habitées étendue	Défrichements agricoles périphériques (tavy)	Contact accru humains–animaux domestiques–faune réservoir
Restructuration des communautés fauniques	Perte d'espèces spécialistes ; prolifération d'espèces généralistes	Expansion de <i>Rattus rattus</i> dans les fragments dégradés	Densification des réservoirs reconnus (ex. peste) ; réduction de l'effet de dilution
Stress physiologique de la faune	Réduction des ressources disponibles et isolement populationnel	Lémuriens contraints à s'alimenter dans les cultures périforestières	Immunodépression potentielle et excrétion accrue de pathogènes
Concentration des ressources partagées	Points d'eau ou fruitiers communs à plusieurs espèces	Abreuvoirs mixtes bétail–faune–humains en zone sèche	Transmission indirecte amplifiée (voie fécale-orale)
Modification des comportements humains	Accès facilité à la forêt pour chasse et collecte de ressources	Chasse de subsistance accrue dans les fragments accessibles	Contact direct avec sang et tissus d'animaux sauvages (risque viral)

Source : Synthèse de l'auteur d'après Morand & Lajaunie (2021), Bloomfield (2020), Keesing et al. (2010), Eppley et al. (2020) et Rajaofera et al. (2025).

Le premier mécanisme, l'augmentation des interfaces, opère en créant des zones de contact étendu entre habitats naturels et zones anthropisées, facilitant les rencontres entre espèces réservoirs et populations humaines ou animaux domestiques. À Madagascar, les défrichements périforestiers engendrent des lisières denses, zones de contact privilégiées. Le deuxième mécanisme concerne la restructuration des communautés fauniques : la fragmentation favorise les espèces généralistes et commensales de l'homme, notamment les rongeurs du genre *Rattus*, réservoirs avérés de *Yersinia pestis* et de *Leptospira* spp., au détriment des espèces spécialistes qui exerceraient un „effet de dilution,” réduisant la densité de contact entre hôtes compétents (Keesing et al., 2010). Ce phénomène a des implications directes pour la dynamique de la peste à Madagascar, maladie endémique dont les foyers sont historiquement associés aux zones de déforestation active (Nicole, 2024).

Le stress physiologique imposé à la faune déplacée constitue le troisième mécanisme. La contraction des habitats réduit l'accès aux ressources alimentaires et augmente la compétition intragroupe, induisant des réponses de stress hormonal susceptibles d'altérer les fonctions immunitaires et d'accroître l'excrétion de pathogènes (Eppley et al., 2020ⁱⁱⁱ). Le quatrième mécanisme, la concentration des ressources partagées, résulte de la réduction du nombre de points d'eau ou d'arbres fruitiers disponibles dans les fragments, créant des agrégations multiespèces propices à la transmission indirecte d'agents pathogènes. Enfin, le cinquième mécanisme est comportemental : la fragmentation facilite l'accès des humains aux forêts résiduelles pour la chasse de subsistance et la collecte de ressources, augmentant les contacts directs avec le sang et les tissus d'animaux sauvages (Merson et al., 2019 ; Bloomfield, 2020).

3.3. Fondements d'une approche bioéthique pertinente

L'ère post-pandémique appelle une réévaluation éthique fondamentale de notre rapport à la nature. Une approche purement instrumentale, qui ne valoriserait la conservation que pour ses services écosystémiques (comme la régulation des maladies), reste insuffisante si elle ignore les dimensions intrinsèques et relationnelles du vivant. Plusieurs auteurs ont développé des cadres éthiques pertinents pour ce contexte. Le concept de „zoonoéthique,” proposé par Rodríguez (2023) place la prévention des zoonoses dans un cadre de justice globale qui reconnaît la co-vulnérabilité des humains et des animaux sauvages. La „bioéthique écologique,” défendue par Lajaunie et Mazzéga (2018) appelle à une approche pragmatique et interdisciplinaire intégrant les valeurs dans la recherche sur la conservation. LeBlanc (2023) propose de voir dans les

pandémies, le changement climatique et l'effondrement de la biodiversité les symptômes convergents d'une crise des relations homme-nature, appelant une "bioéthique de la connectivité". Ces cadres convergent vers quatre principes directeurs : la justice environnementale et sanitaire (reconnaissance de la vulnérabilité disproportionnée des communautés rurales pauvres), le principe de précaution (action préventive en contexte d'incertitude scientifique), la responsabilité interconnectée (devoir de soin envers les écosystèmes et les générations futures), et la reconnaissance de la valeur intrinsèque du vivant non humain (Santana & Oliveira, 2020 ; Li, 2025).

4. RÉSULTATS : ANALYSE DE LA SITUATION MALGACHE

4.1. Contexte écologique et sanitaire : une vulnérabilité structurelle

Madagascar présente un paysage épidémiologique singulier façonné par son histoire biogéographique et ses trajectoires socio-économiques. Son isolement géographique a non seulement généré une faune et une flore d'une exceptionnelle originalité, plus de 200 000 espèces dont 90 % d'endémiques (Ralimanana et al., 2022), mais également un microbiome animal et des communautés de pathogènes spécifiques dont les potentialités de transmission à l'homme restent imparfaitement documentées. La couverture forestière naturelle, estimée à environ 12 millions d'hectares à l'époque précoloniale, ne représentait plus que 8,9 millions d'hectares en 2014, avec un taux annuel de déforestation brute estimé entre 44 000 et 58 000 hectares selon les périodes (Vieilledent et al., 2018).

Sur le plan sanitaire, la peste bubonique constitue la manifestation la plus emblématique des liens entre perturbations écologiques et risque zoonotique à Madagascar. Le pays notifie annuellement plusieurs centaines de cas humains, concentrés dans les Hautes Terres centrales et les zones de transition forêt-agriculture, où les rongeurs réservoirs (notamment *Rattus rattus*) prolifèrent dans les habitats dégradés (Nicole, 2024). La leptospirose, les arbovirus et les infections parasitaires complètent un tableau épidémiologique dominé par les maladies à interface environnementale. Un aperçu des principales zoonoses d'intérêt est présenté dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Principales zoonoses d'intérêt à Madagascar et leur lien avec la fragmentation forestière

Maladie / Agent	Réservoir principal	Mode de transmission	Lien avec la fragmentation	Références
Peste (<i>Yersinia pestis</i>)	Rongeurs sauvages (<i>Rattus rattus</i>)	Puces vecteurs ; contact direct	Déforestation rapproche les rongeurs des habitations ; chasse de rongeurs	Nicole, 2024 ^{iv} ; Rajaofera et al., 2025 ^v
Leptospirose (<i>Leptospira</i> spp.)	Rongeurs, animaux domestiques	Contact eau/sol contaminés	Agriculture en lisière ; modifications d'écoulement liées au changement d'usage des terres	Nunn et al., 2022 ^{vi}
Maladies émergentes de la faune (lémuriens, chauves-souris)	Mammifères sauvages endémiques	Contact direct (morsure, manipulation) ; contamination environnementale	Empiètement agricole et chasse forcent les contacts ; fragmentation accroît la fréquence des interactions	Eppley et al., 2020 ^{vii} ; Merson et al., 2019 ^{viii}
Rage	Chiens domestiques ; carnivores sauvages	Morsure, griffure	Extension périurbaine en lisière de forêt ; déplacement de populations vers de nouvelles zones	Rajaofera et al., 2025 ^{ix}

Source : Synthèse de l'auteur d'après Nicole (2024), Rajaofera et al. (2025), Eppley et al. (2020), Merson et al. (2019) et Nunn et al. (2022).

4.2. Un cercle vicieux : pauvreté, fragmentation et risque sanitaire

L'analyse de la littérature confirme l'existence à Madagascar d'un cercle vicieux reliant pauvreté rurale, insécurité alimentaire, fragmentation des forêts et risque d'émergence zoonotique. La pression pour convertir les terres forestières en terres agricoles est largement motivée par des besoins de subsistance immédiats dans un contexte où les filets de protection sociale sont quasi absents. Cette conversion entraîne une fragmentation progressive des habitats qui, en retour, expose les communautés riveraines à des risques sanitaires accrus, creusant davantage leur vulnérabilité socio-économique.

La chasse de subsistance illustre particulièrement bien cette dynamique. Les travaux de Merson et ses collaborateurs (2019)^x ont démontré que la pauvreté, et non un choix culturel, constitue le principal moteur de la consommation d'espèces protégées à Madagascar. Cette pratique représente une interface directe et à haut risque de transmission zoonotique, notamment par contact avec le sang et les tissus d'animaux sauvages. La pandémie de COVID-19 a amplifié ce phénomène : la disruption des activités touristiques et des chaînes de valeur agricole a intensifié les pressions sur la faune et les forêts, compromettant les gains de conservation durement acquis (Reuter et al., 2022 ; van Versendaal & Schickhoff, 2024, 2025).

4.3. L'approche, "Une seule santé," « OneHealth »: potentiels et obstacles

Le cadre Une seule santé, « OneHealth » est reconnu dans la littérature comme l'approche conceptuelle la plus adéquate pour répondre aux défis interconnectés posés par la fragmentation forestière et l'émergence zoonotique (Zhou et al., 2024). Des initiatives pilotes à Madagascar témoignent de sa pertinence : les programmes de contrôle de la peste intégrant surveillance épidémiologique humaine, monitoring des populations de rongeurs réservoirs et analyse des déterminants environnementaux fournissent des résultats encourageants (Nicole, 2024). Les recherches conduites sous l'égide de consortiums interdisciplinaires ont commencé à documenter la complexité des interfaces homme-animal-environnement dans les zones rurales à faible revenu (Nunn et al., 2022).

Cependant, la mise en œuvre effective se heurte à des obstacles substantiels et bien documentés. La gouvernance de, "Une seule santé," exige une collaboration intersectorielle étroite entre les ministères de la Santé, de l'Environnement et de l'Élevage, que les cloisonnements institutionnels et la compétition pour des ressources limitées rendent difficile à pérenniser. Zhou et ses collaborateurs (2024) soulignent les tensions inhérentes entre les principes théoriques du cadre et les réalités pratiques de sa mise en œuvre dans les pays à revenu faible ou intermédiaire, notamment l'insuffisance des mécanismes de coordination, le manque d'outils de surveillance intégrée et la faible inclusion des savoirs locaux.

4.4. Tensions éthiques émergentes dans la gestion des interfaces

L'analyse fait ressortir cinq tensions éthiques centrales et récurrentes dans la gestion des interfaces homme-faune à Madagascar.

La première oppose conservation et subsistance : les restrictions d'accès aux ressources forestières imposées au nom de la conservation peuvent aggraver l'insécurité alimentaire des communautés les plus vulnérables, posant une question aiguë de justice distributive. La deuxième tension concerne la santé publique et le bien-être animal : les mesures de contrôle des populations réservoirs (dératisation pour la peste) soulèvent des questions sur le bien-être animal et les effets écologiques non intentionnels sur d'autres composantes des écosystèmes. La troisième tension, épistémique, oppose précaution et preuve scientifique : agir sur la base de risques zoonotiques potentiels mais insuffisamment documentés (certains pathogènes des lémurins, par exemple) requiert d'appliquer le principe de précaution en situation d'incertitude, ce qui est politiquement et financièrement difficile à justifier. La quatrième tension est scalaire, opposant les intérêts locaux aux intérêts globaux : la préservation des forêts malgaches constitue un bien public mondial (régulation du climat, biodiversité, prévention des pandémies), mais ses coûts sont supportés localement. Enfin, la cinquième tension est épistémique et interculturelle, concernant la reconnaissance des savoirs locaux face aux approches scientifiques standardisées.

5. DISCUSSION

Interprétation et portée des résultats

Les résultats de cette revue narrative confirment et approfondissent un constat de plus en plus robuste dans la littérature internationale : la fragmentation forestière ne constitue pas simplement un enjeu de conservation de la biodiversité, mais un déterminant écologique majeur de la santé publique. L'examen de la littérature disponible sur Madagascar révèle que les mécanismes par lesquels la modification des paysages influence le risque zoonotique sont actifs et préoccupants dans ce contexte biogéographique particulier. Ce risque, inégalement réparti, pèse de manière disproportionnée sur les communautés rurales déjà vulnérables sur le plan socio-économique, illustrant une injustice environnementale et sanitaire structurelle.

Confrontation avec la littérature internationale

Les conclusions de cette analyse résonnent avec les travaux théoriques et empiriques produits à d'autres échelles géographiques. L'étude de Morand et Lajaunie (2021), portant sur les données mondiales de 1990 à 2016, établit une association positive significative entre la perte de couverture forestière et la fréquence des épidémies de maladies zoonotiques et vectorielles, association confirmée par des études régionales sur l'Amazonie pour le paludisme à *Plasmodium falciparum* (Laporta et al., 2021). Les mécanismes décrits dans ces contextes, connectivité accrue entre vecteurs, hôtes et populations humaines dans les paysages défragmentés, semblent transposables aux interfaces malgaches, avec les adaptations nécessaires aux spécificités biologiques locales.

La dimension socio-économique distingue l'analyse malgache : la pauvreté n'est pas simplement un facteur contextuel mais un élément constitutif et moteur du cercle vicieux dégradation-émergence. Les travaux de Merson et al. (2019) et de Reuter et al. (2022) démontrent que les comportements à risque (chasse de subsistance, consommation d'espèces sauvages) sont largement déterminés par des contraintes de survie et non par des choix culturels, ce qui oblige à complexifier les modèles purement écologiques d'émergence des maladies.

Vers une bioéthique de la connectivité et de la réciprocité

Face aux tensions identifiées, la littérature analysée converge vers la nécessité d'une bioéthique qui dépasse le cadre anthropocentrique étroit. Le concept d' "éthique de la connectivité," développé par Azevedo et ses collaborateurs (2020) dans le contexte de la pandémie de COVID-19, celui de "biophilie responsable," proposé par Li (2025), et la notion de "responsabilité interconnectée," défendue par LeBlanc (2023), offrent des fondements philosophiques cohérents. Ils suggèrent de fonder l'action non pas sur la peur des pathogènes, qui peut conduire à une stigmatisation contre-productive de la faune sauvage, mais sur la reconnaissance de l'interdépendance fondamentale entre les sociétés humaines et le tissu du vivant.

Le Tableau 3 présente les principes bioéthiques proposés et leurs implications pratiques pour la gestion des paysages fragmentés de Madagascar.

Tableau 3 : Principes bioéthiques pour une gestion post-pandémique des écosystèmes fragmentés à Madagascar

Principe bioéthique	Contenu normatif	Implications pour la gestion des paysages	Exemple d'application
Justice environnementale et sanitaire	Répartition équitable des bénéfices de conservation et des risques sanitaires ; reconnaissance des vulnérabilités socio-économiques	Interventions co-bénéfiques pour la santé des écosystèmes et les moyens de subsistance locaux	Surveillance communautaire rémunérée de la faune et des maladies
Précaution et prévention	Agir pour prévenir des dommages graves même en situation d'incertitude scientifique	Intégration systématique de l'évaluation des risques zoonotiques dans les études d'impact environnemental	Moratoire sur la déforestation dans les zones à haut risque de contact homme-grande faune
Responsabilité interconnectée	Co-appartenance et responsabilité mutuelle entre humains, autres espèces et écosystèmes	Modèles de développement non externalisateurs des coûts environnementaux et sanitaires	Campagnes One Health fondées sur la reliance plutôt que sur la peur
Réciprocité et partenariat	Relations avec la nature et entre acteurs fondées sur le respect et la recherche de bénéfices mutuels	Gouvernance collaborative des paysages incluant pleinement les communautés locales	Comités locaux de gestion des interfaces forêt-agriculture co-concevant des règles de coexistence
Valeur intrinsèque et bien-être animal	La nature et les êtres sentients ont une valeur au-delà de leur utilité pour l'humain	Méthodes de contrôle non cruelles et non sélectives ; prise en compte du stress de la faune sauvage	Barrières physiques et cultures de diversion comme alternatives à l'abattage systématique

Source : Développement de l'auteur d'après Rodríguez (2023), Lajaunie & Mazzéga (2018), LeBlanc (2023), Santana & Oliveira (2020) et Li (2025).

Implications pour la gouvernance et l'action publique

Les implications pour la gouvernance sont substantielles. Premièrement, une intégration systématique de l'évaluation des risques zoonotiques dans les politiques d'aménagement du territoire est nécessaire : les études d'impact environnemental devraient inclure un volet, "Une seule santé," analysant les modifications des interfaces homme-faune et leurs potentielles conséquences épidémiologiques. Deuxièmement, le renforcement des systèmes de surveillance intégrée et participative est indispensable : les communautés locales, dotées de savoirs traditionnels sur la faune, peuvent constituer un réseau sentinelle précieux si elles sont impliquées de manière équitable et rémunérée (van Versendaal & Schickhoff, 2025).

Troisièmement, les stratégies de conservation doivent évoluer vers des modèles de gestion des paysages productifs, promouvant des pratiques agroforestières, des zones tampons à faible risque, et des alternatives économiques durables pour les communautés riveraines. Enfin, la mobilisation de financements internationaux innovants, reconnaissant la valeur globale des forêts malgaches comme bien public (régulation des maladies, puits de carbone, biodiversité), est impérative pour rééquilibrer les coûts et les bénéfices de la conservation.

Limites et perspectives de recherche

Cette revue présente plusieurs limites inhérentes à son design. L'absence de collecte de données primaires de terrain restreint la profondeur de l'analyse contextuelle. La couverture linguistique (français, anglais) peut avoir omis des travaux pertinents dans d'autres langues. La dimension normative de l'analyse bioéthique implique un positionnement philosophique qui, bien qu'argumenté, mérite d'être enrichi par des dialogues pluralistes avec les acteurs malgaches concernés.

Les perspectives de recherche prioritaires incluent : (a) des études épidémiologiques longitudinales intégrées mesurant la prévalence de pathogènes dans la faune sauvage en fonction du gradient de fragmentation et corrélant ces données aux incidences humaines ; (b) des programmes de recherche-action participative co-construisant des solutions de gestion des interfaces avec les communautés locales ; (c) la modélisation prospective des trajectoires de paysage malgache sous l'effet combiné du changement climatique, de la dynamique démographique et des politiques économiques, et de leurs conséquences sur le risque zoonotique.

6. CONCLUSION

Cette revue narrative a démontré que la fragmentation forestière à Madagascar opère bien au-delà d'une menace pour la biodiversité emblématique de l'île : elle constitue un catalyseur écologique de risques sanitaires qui affectent de manière disproportionnée les populations rurales les plus vulnérables. Les mécanismes d'émergence zoonotique identifiés, augmentation des interfaces, restructuration des communautés fauniques, stress physiologique de la faune, concentration des ressources partagées et modification des comportements humains, interagissent de manière complexe dans un contexte de pauvreté structurelle qui amplifie les expositions et limite les capacités de réponse.

L'approche "Une seule santé" offre le cadre conceptuel le plus adapté, mais son opérationnalisation effective à Madagascar exige des investissements substantiels en gouvernance intersectorielle, en surveillance participative et en financements pérennes. Plus fondamentalement, la prévention des futures pandémies ne peut se réduire à une stratégie technique de gestion des risques : elle appelle une transformation éthique de notre rapport aux écosystèmes, fondée sur la justice environnementale, la responsabilité interconnectée et la reconnaissance de la valeur intrinsèque du vivant. Les forêts fragmentées de Madagascar ne sont pas seulement les vestiges d'un patrimoine naturel en péril ; elles sont le miroir des défis interconnectés de notre époque. Leur préservation, et celle des populations qui en dépendent, exigent une vision intégrée et éthiquement informée de la santé, une santé unique et indivisible, ancrée dans le respect des équilibres du vivant.

Déclaration de conflits d'intérêts : L'auteur déclare n'avoir aucun conflit d'intérêts en lien avec le contenu de cet article.

7. REFERENCES

- Jones et al., (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451(7181), 990–993. <https://doi.org/10.1038/nature06536>
- Keesing et al., (2010). Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature*, 468(7324), 647–652. <https://doi.org/10.1038/nature09575>
- Morand et al., (2021). Outbreaks of vector-borne and zoonotic diseases are associated with changes in forest cover and oil palm expansion at global scale. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 661063. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.661063>
- Vieilledent et al., (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. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.04.008>
- Ralimanana et al., (2022). Madagascar's extraordinary biodiversity: Threats and opportunities. *Science*, 378(6623), eadf1466. <https://doi.org/10.1126/science.adf1466>

- Ralimanana et al., (2022). Madagascar's extraordinary biodiversity: Threats and opportunities. *Science*, 378(6623), eadf1466. <https://doi.org/10.1126/science.adf1466>
- Rajaofera et al., (2025). Public health surveillance of tropical diseases in Madagascar: A scoping review of population burden, intervention strategies, and health system responses. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 19(2), e0012704. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0012704>
- Reuter et al., (2022). Impact of the COVID-19 pandemic on primate research and conservation. *Animals*, 12(10), 1214. <https://doi.org/10.3390/ani12101214>
- van Versendaal et al., (2024). The evolution of threats to protected areas during crises: Insights from the COVID-19 pandemic in Madagascar. *Environmental Management*, 73(4), 789–805. <https://doi.org/10.1007/s00267-024-01934-8>
- Zhou et al., (2024). One Health governance: Theory, practice and ethics. *Environmental Science & Policy*, 157, 103762. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103762>
- Ferrari, (2015). Writing narrative style literature reviews. *Medical Writing*, 24(4), 230–235. <https://doi.org/10.1179/2047480615Z.000000000329>
- Green et al., (2006). Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: Secrets of the trade. *Journal of Chiropractic Medicine*, 5(3), 101–117. [https://doi.org/10.1016/S0899-3467\(07\)60142-6](https://doi.org/10.1016/S0899-3467(07)60142-6)
- Fahrig, (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 487–515. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>
- Keesing et al., (2010). Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature*, 468(7324), 647–652. <https://doi.org/10.1038/nature09575>
- Tounta et al., (2022). Human activities and zoonotic epidemics: A two-way relationship. *The European Journal of Health Economics*, 23(Suppl 1), 71–79. <https://doi.org/10.1007/s10198-022-01507-6>
- Zhou et al., (2024). One Health governance: Theory, practice and ethics. *Environmental Science & Policy*, 157, 103762. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103762>
- Morand & Lajaunie (2021). Outbreaks of vector-borne and zoonotic diseases are associated with changes in forest cover and oil palm expansion at global scale. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 661063. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.661063>
- Bloomfield (2020). Global mapping of landscape fragmentation, human-animal interactions, and livelihood behaviors to prevent the next pandemic. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 46, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.08.009>
- Epplé et al. (2020). Do functional traits offset the effects of fragmentation? The case of large-bodied diurnal lemur species. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 29(5), 233–244. <https://doi.org/10.1002/evan.21852>
- Rajaofera et al. (2025). Public health surveillance of tropical diseases in Madagascar: A scoping review of population burden, intervention strategies, and health system responses. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 19(2), e0012704. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0012704>
- Nicole, (2024). Madagascar's plague: One Health research aims to slow its spread. *Environmental Health Perspectives*, 132(1), 014001. <https://doi.org/10.1289/EHP14109>
- Epplé et al., (2020). Do functional traits offset the effects of fragmentation? The case of large-bodied diurnal lemur species. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 29(5), 233–244. <https://doi.org/10.1002/evan.21852>
- Merson et al., (2019). Poverty not taste drives the consumption of protected species in Madagascar. *Animal Conservation*, 22(2), 180–188. <https://doi.org/10.1111/acv.12440>
- Bloomfield, (2020). Global mapping of landscape fragmentation, human-animal interactions, and livelihood behaviors to prevent the next pandemic. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 46, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.08.009>
- Rodríguez (2023). One Health, ecological bioethics, and the ethics of zoonoses: A call for global action. *Global Bioethics*, 34(1), 2205289. <https://doi.org/10.1080/11287462.2023.2205289>
- Lajaunie et al., (2018). Guest editorial: A pragmatic approach of ethics in interdisciplinary research on biodiversity conservation. *Asian Bioethics Review*, 10(1), 3–9. <https://doi.org/10.1007/s41649-018-0038-3>
- LeBlanc (2023). At the confluence of ethics, laws and society: Global working theory merging bio-ethics. *International Journal of Ethics and Society*, 5(1), 12–28.
- Santana et al., (2020). Fundamentos éticos de las políticas públicas de la guarda responsable de animales y la pandemia de la COVID-19. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 20(2), 55–72. <https://doi.org/10.18359/rbi.5022>
- Li, (2025). Responsible biophilia for zoonosis prevention through a cultural lens. *Journal of Environmental Psychology*, 99, 102375. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2025.102375>
- Nicole, (2024). Madagascar's plague: One Health research aims to slow its spread. *Environmental Health Perspectives*, 132(1), 014001. <https://doi.org/10.1289/EHP14109>
- Nunn et al., (2022). One Health research and practice in Madagascar: An opportunity for transdisciplinary action. *One Health*, 14, 100371. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2022.100371>
- Epplé et al., (2020). Do functional traits offset the effects of fragmentation? The case of large-bodied diurnal lemur species. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 29(5), 233–244. <https://doi.org/10.1002/evan.21852>
- Merson et al., (2019). Poverty not taste drives the consumption of protected species in Madagascar. *Animal Conservation*, 22(2), 180–188. <https://doi.org/10.1111/acv.12440>
- Nunn et al., (2022). One Health research and practice in Madagascar: An opportunity for transdisciplinary action. *One Health*, 14, 100371. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2022.100371>
- Nunn et al., (2022). One Health research and practice in Madagascar: An opportunity for transdisciplinary action. *One Health*, 14, 100371. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2022.100371>
- Nunn et al., (2022). One Health research and practice in Madagascar: An opportunity for transdisciplinary action. *One Health*, 14, 100371. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2022.100371>
- Epplé et al., (2020). Do functional traits offset the effects of fragmentation? The case of large-bodied diurnal lemur species. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 29(5), 233–244. <https://doi.org/10.1002/evan.21852>
- Merson et al., (2019). Poverty not taste drives the consumption of protected species in Madagascar. *Animal Conservation*, 22(2), 180–188. <https://doi.org/10.1111/acv.12440>
- Reuter et al., (2022). Impact of the COVID-19 pandemic on primate research and conservation. *Animals*, 12(10), 1214. <https://doi.org/10.3390/ani12101214>
- van Versendaal et al., (2024) The evolution of threats to protected areas during crises: Insights from the COVID-19 pandemic in Madagascar. *Environmental Management*, 73(4), 789–805. <https://doi.org/10.1007/s00267-024-01934-8>
- (2025) Viability of nature conservation in the midst of crises: A review of community perspectives during the COVID-19 pandemic in Madagascar. *Trees, Forests and People*, 19, 100617. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2025.100617>
- Zhou et al., (2024). One Health governance: Theory, practice and ethics. *Environmental Science & Policy*, 157, 103762. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103762>
- Nunn et al., (2022). One Health research and practice in Madagascar: An opportunity for transdisciplinary action. *One Health*, 14, 100371. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2022.100371>
- Morand et al., (2021). Outbreaks of vector-borne and zoonotic diseases are associated with changes in forest cover and oil palm expansion at global scale. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 661063. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.661063>
- Laporta et al., (2021). Malaria transmission in landscapes with varying deforestation levels and timelines in the Amazon: a longitudinal spatiotemporal study. *Scientific Reports*, 11(1), 6477. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85890-3>
- Merson et al. (2019). Poverty not taste drives the consumption of protected species in Madagascar. *Animal Conservation*, 22(2), 180–188. <https://doi.org/10.1111/acv.12440>
- Reuter et al. (2022). Impact of the COVID-19 pandemic on primate research and conservation. *Animals*, 12(10), 1214. <https://doi.org/10.3390/ani12101214>
- Azevedo et ses collaborateurs (2020). The ethics of isolation, the spread of pandemics, and landscape ecology. *Landscape Ecology*, 35(10), 2133–2140. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01113-4>

Li (2025). Responsible biophilia for zoonosis prevention through a cultural lens. *Journal of Environmental Psychology*, 99, 102375.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2025.102375>

LeBlanc (2023). At the confluence of ethics, laws and society: Global working theory merging bio-ethics. *International Journal of Ethics and Society*, 5(1), 12–28.

van Versendaal et al., (2025). Viability of nature conservation in the midst of crises: A review of community perspectives during the COVID-19 pandemic in Madagascar. *Trees, Forests and People*, 19, 100617. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2025.100617>



How to cite this article: **Rakotovao Harinaivo Roméo**. FRAGMENTATION FORESTIERE ET EMERGENCE ZOONOTIQUE A MADAGASCAR : UNE APPROCHE BIOETHIQUE DE LA GESTION DES ECOSYSTEMES A L'ERE POST-PANDEMIQUE. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2026, 22(6): 26-35. DOI: 10.5281/zenodo.21028007

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>