

Dispersion des graines par *Eulemur coronatus* (Gray, 1942) dans la Montagne des Français

Seed dispersal by crowned lemurs (Gray, 1942) in the Montagne des Français

Jean Christophe Rabemarosoa¹, Vavindraza¹, Cynthia Louise Frasier², Jonah Rantsimbazafy¹⁻³, Florine¹, Emile Louis Jr. Edwar⁴

¹ Ecole Doctorale Ecosystèmes Naturels (EDEN), Université de Mahajanga (UMG),

rabemarosoajeanchristophe@gmail.com, viviana.vavy@yahoo.fr, florinefandresena@gmail.com

² Omaha's Henry Doorly Zoo and Aquarium, Center for Conservation and Research, 3701 South 10th Street, Omaha, NE 68107, USA, cynthiaf@omahazoo.com

³ Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, BP 906 Antananarivo 101, Madagascar, jonah@gerp-mg.org

⁴ Madagascar Biodiversity Partnership, NGO, VO12 Bis A, Manakambahiny, Antananarivo 101, Madagascar, kelynews1@yahoo.fr

RÉSUMÉ. Plusieurs études ont été effectuées sur les germinations des graines déféquées par les lémuriens mais la variation saisonnière de taux de germinations et la période de latence des graines des espèces consommées par *Eulemur coronatus* n'ont pas encore été étudiées. Ainsi deux groupes d'*E. coronatus* ont été suivis afin de réaliser des tests de germination ex situ, dans le but d'évaluer la variation saisonnière du taux de germination ainsi que la période de latence des graines de deux espèces végétales consommées (*Treculia madagascariensis* et *Xanthocercis madagascariensis*). La méthode de *focal animal sampling* (Altmann, 1974) a été utilisée pour collecter de données comportementales pendant l'année 2021-2022. Les résultats ont montré que les taux de germinations des graines provenant de matière fécale pendant la saison sèche sont plus élevés (72,5% et 57,5%) que pendant la saison humide (32,5% et 42,5%) pour les deux espèces. Selon le modèle de risques de Cox, la période de latence des graines fécales est plus courte pendant la saison sèche pour l'espèce *Treculia madagascariensis*, tandis que pour l'espèce *Xanthocercis madagascariensis*, la période de latence des graines fécales est similaire entre les saisons sèche et humide. La variation du taux de germination et de la période de latence entre les deux saisons dépend de l'espèce.

ABSTRACT. Several studies have been carried out on the germination of seeds defecated by lemurs, but the seasonal variation in germination rates and the latent period of seeds of species consumed by *Eulemur coronatus* have not yet been studied. Two groups of *E. coronatus* were therefore monitored in order to carry out ex situ germination tests, with the aim of assessing the seasonal variation in the germination rate and the latency period of the seeds of two species consumed (*Treculia madagascariensis* and *Xanthocercis madagascariensis*). The *focal animal sampling* method (Altmann, 1974) was used to collect behavioural data during 2021-2022. The results showed that seed germination rates from fecal matter during the dry season were higher (72.5% and 57.5%) than during the wet season (32.5% and 42.5%) for both species. According to the Cox hazard model, the latent period of fecal seeds is shorter during the dry season for the *Treculia madagascariensis* species, while for the *Xanthocercis madagascariensis* species, the latent period of fecal seeds is similar between the dry and wet seasons. The variation in the germination rate and the latent period between the two seasons depends on the species.

MOTS-CLÉS. Ambohit'Antsingy, *Eulemur coronatus*, germination, période de latence, saisonnières.

KEYWORDS. Ambohit'Antsingy, *Eulemur coronatus* germination, latency period, seasonal.

1. Introduction

Madagascar se distingue par la richesse exceptionnelle de sa faune et de sa flore. Elle est reconnue non seulement pour la grande diversité de ses espèces [MYE 00], mais aussi pour son taux élevé d'endémisme [GAN 01]. On estime que près de 90 % de la flore et de la faune de l'île sont uniques au territoire [TAT 06] ; [HOB 08], ce qui en fait un véritable foyer de biodiversité [GOO 03], avec 90 %

de ses plantes et animaux étant endémiques [TAT 06] ; [HOB 08]. La diversité et l'endémisme des espèces de Madagascar sont impressionnantes, même au sein des différents groupes taxonomiques [MIT05].

Madagascar compte environ 112 espèces de lémuriens, toutes endémiques [SCH 20], dont la grande majorité près de 94 % est actuellement menacée d'extinction [MIT 14], principalement à cause de l'exploitation forestière illégale, de la chasse sélective et des effets du changement climatique. *Eulemur coronatus*, situé dans la partie du nord de Madagascar, est classé parmi les espèces en danger [UIC 08]. La plus grande menace de cette espèce est la perte de son habitat due au feu de brousse, ainsi que la coupe illicite pour le charbonnage. Ainsi la reforestation de l'écosystème s'avère inévitable. Une récente étude a montré qu'*Eulemur coronatus* est frugivore et consomme 66 d'espèces dans la forêt Montagne des Français [RAB en révision] et il contribue activement au renouvellement des espèces végétales dont il se nourrit, en facilitant leur régénération naturelle [CHE 15] ; [STE 22]. Bien que les recherches aient été menées sur la germination des graines déféquées par les lémuriens, peu d'études ont examiné la variation saisonnière du taux de germination et la durée de dormance des graines issues des plantes consommées par *Eulemur coronatus*. Ce lémurien se nourrit principalement de fruits d'espèces telles que *Treculia madagascariensis* et *Xanthocercis madagascariensis*, dont les graines pourraient avoir des capacités de germination influencées par des facteurs saisonniers, tels que les conditions climatiques variées entre la saison sèche et humide.

L'étude des impacts saisonniers dans la forêt sèche caducifoliée de la Montagne des Français (MDF), située au nord de Madagascar, revêt une importance particulière en raison des pressions anthropiques telles que l'exploitation pour les biocarburants et les terres agricoles [SAB 09] ; [RAN 13] ; [GOO 18], ainsi que la présence du seul lémurien frugivore de la région, *Eulemur coronatus*. L'objectif de cette étude est d'analyser comment la saisonnalité affecte le taux de germination et la période de latence des graines de ces deux espèces. Nous supposons que les gaines fécales ont une meilleure capacité de la germination que les non fécales, et que cette capacité varie selon la saison.

2. Méthodologie

2.1. Description animal

Les lémuriens couronnés (*E. coronatus*) sont les plus grands frugivores du Montagne des Français, mesurant 31-36 cm de long et pesant 1,1-1,3 kg [TER 97]. Cette espèce est endémique aux forêts à feuilles caduques sèches du nord du Madagascar, présente un dimorphisme sexuel marqué [MIT 14]. Chez le mâle, le manteau dorsal est brun-gris, les flancs et les membres brun châtaign, devenant plus sombre sur la queue. Le ventre est gris crème, et seule l'extrémité du museau est noire, tandis que la face et les oreilles sont gris pâle à blanches. Une couronne brun orangé en forme de V s'étend des sourcils aux joues, marquée en son centre par une tache foncée. Chez la femelle, le pelage est globalement gris, plus clair sur le ventre, la face et les oreilles, avec une couronne châtaign orange, moins marquée et ne descendant pas jusqu'aux joues.

2.2. Site d'étude

L'Aire Protégée de la Montagne des Français une superficie de 6 110 ha et se trouve à 12 km au sud-est de la ville d'Antsiranana, dans le nord de Madagascar (Figure 1 page). Son altitude varie entre 100 et 400 m, et elle représente une zone de transition entre la forêt tropicale humide de moyenne altitude et la forêt sèche caducifoliée de l'ouest [RAM 99]. Quatre espèces de lémuriens sont présentes sur le site de la Montagne des Français : *Eulemur coronatus*, *Lepilemur septentrionalis*, *Daubentonias madagascariensis* et *Microcebus tavaratra* [SAB 09]. Par sa proximité avec la ville d'Antsiranana et la forte demande urbaine en charbon de bois et en matériaux de construction (notamment le bois de charpente), cette zone subit des dégradations, ne conservant que des restes de forêt intacte [DCR 07]. Entre décembre et avril, la saison des pluies se caractérise par une pluviométrie mensuelle moyenne de 178 mm et une température moyenne de 27 °C. En revanche, la saison sèche, qui s'étend

de mai à novembre, enregistre des précipitations mensuelles d'environ 7 mm et une température moyenne de 26 °C [RAS 22].

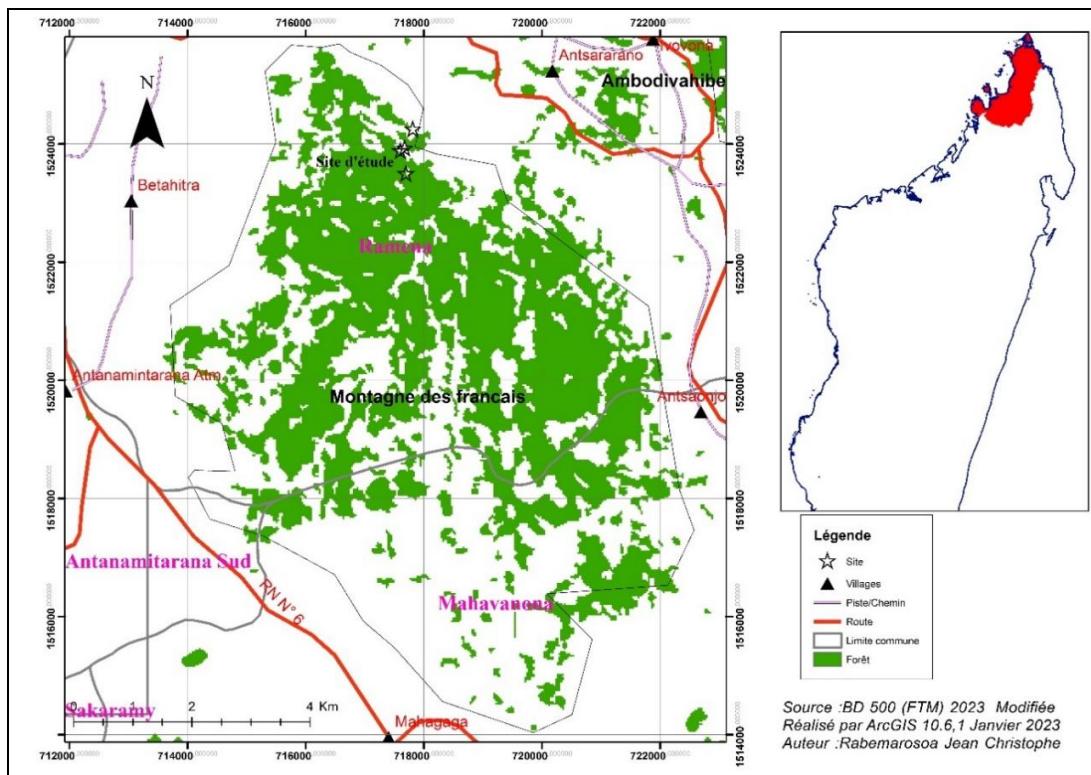


Figure 1. Localisation de site d'étude

2.3. Méthode de suivi du lémurien

La méthode standard d'échantillonnage par animal focal (*focal animal sampling*), [ALT 74] a été adoptée pour le suivi. Deux groupes d'*Eulemur coronatus* habitués à la présence humaine ont été choisis pour l'étude et la collecte de données, qui a duré une année (octobre 2021 à octobre 2022). Le suivi des groupes d'*Eulemur coronatus* se fait 2 fois par semaine par groupe, dès 6h jusqu'au 13h30. La collecte de données a été effectuée d'une façon continue. Les diverses activités ont été enregistrées avec leur durée respective. Les espèces et les parties de plantes consommées ont été notées et identifiées.

2.4. Collecte de graines

Les matières fécales d'*Eulemur coronatus* contenant les graines, ainsi que les fruits intacts et les graines des plantes tombées par terre au cours de l'alimentation de l'animal ont été collectées. La méthode utilisée pour la collecte des fèces frais est celle de Stevenson [STE 00]. Elle consiste à ramasser des fèces fraîches, qui sont ensuite placées dans des sachets « ziploc » codifiés.

2.5. Étude de la germination

Les études de germination ex-situ ont été menées dans une pépinière avec une toile d'ombrage utilisée pour simuler l'ombrage dans les environnements naturels. Les germoirs de la pépinière, un pour chaque espèce testée, mesuraient 5,5 m x 2,5 m. Les graines ont été plantées à une profondeur de 2 cm. Les graines ont été placées à 2 cm d'intervalle en rangées parallèles, avec 10 cm entre les rangées. Un nombre égal de graines a été planté pour chaque espèce végétale par traitement (n=20). Chaque groupe de traitement a été contrôlé tous les jours pendant 90 jours. La période de latence commençait lorsque les graines étaient semées jusqu'à ce que le cotylédon perce la surface du sol, moment où la germination commençait, selon notre définition opérationnelle.

2.6. Analyse des données

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel R, version 4.0.2. Nous avons fixé le même niveau de signification ($\alpha=0,05$) pour tous les tests statistiques. Un test d'association du chi carré a été appliqué pour comparer le nombre de graines germées et non germées selon les traitements et les saisons. Les valeurs de p ont été ajustées pour les comparaisons multiples à l'aide de la méthode de Benjamini-Hochberg afin de contrôler le taux de fausse découverte [BEN 95] ; [WAI 06]. Enfin, nous avons eu recours au modèle des risques proportionnels de Cox afin de comparer la durée de latence des graines d'une même catégorie entre les deux saisons.

3. Résultats

3.1. Taux de germination

Le tableau 1 présente le taux de germination de deux espèces semés par traitements. Les traitements portant une même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test du chi carré d'association, avec des valeurs p ajustées par méthode FRD (Benjamini–Hochberg false discovery rate) pour les comparaisons multiples.

Nom scientifique	Famille	GNF	GF
<i>Trecolia madagascariensis</i>	MORACEAE	32,5 ^a	52,2 ^b
<i>Xanthocercis madagascariensis</i>	FABACEAE	73,75 ^a	50,6 ^b

Tableau 1. Taux de germination pour deux espèces semés et résultats de test du chi carré, avec des valeurs p ajustées par méthode FRD (Benjamini-Hochberg false discovery rate) entre deux traitements (GNF : Graine non fécale et GF : Graine fécale).

Le tableau 1 montre que le taux de germination des graines fécales était plus élevé que des graines non fécales pour espèce *Trecolia madagascariensis*. En revanche, pour *Xanthocercis madagascariensis*, le taux de germination des graines non fécales s'est avéré supérieur à celui des graines issues des fèces. L'analyse de test du chi carré d'association ($P < 0,05$) a montré qu'il y a une différence statistiquement significative entre les deux traitements pour les deux espèces.

3.2. Période de latence

Le tableau 2 ci-dessous présente les résultats de test modèle de Cox à risques propositionnels la période de latence deux espèces.

Nom scientifique	Famille	df	GNF et GF	
			Z-score	p
<i>Trecolia madagascariensis</i>	MORACEAE	159	-3,073	0,002
<i>Xanthocercis madagascariensis</i>	FABACEAE	239	5,298	<0,001

Tableau 2. Résultats du modèle de Cox à risques proportionnels comparant la période de latence entre graines fécales (GF) et graines non fécales (GNF) pour deux espèces végétales consommées par *Eulemur coronatus*

La période de latence des graines déféquées était significativement plus courte que des graines retirées des fruits pour l'espèce *Treculia madagascariensis*. Les graines de *Xanthocercis madagascariensis* retirées du fruit avaient des périodes de latence significativement plus courtes que les graines déféquées. (Figure 2 et tableau 2).

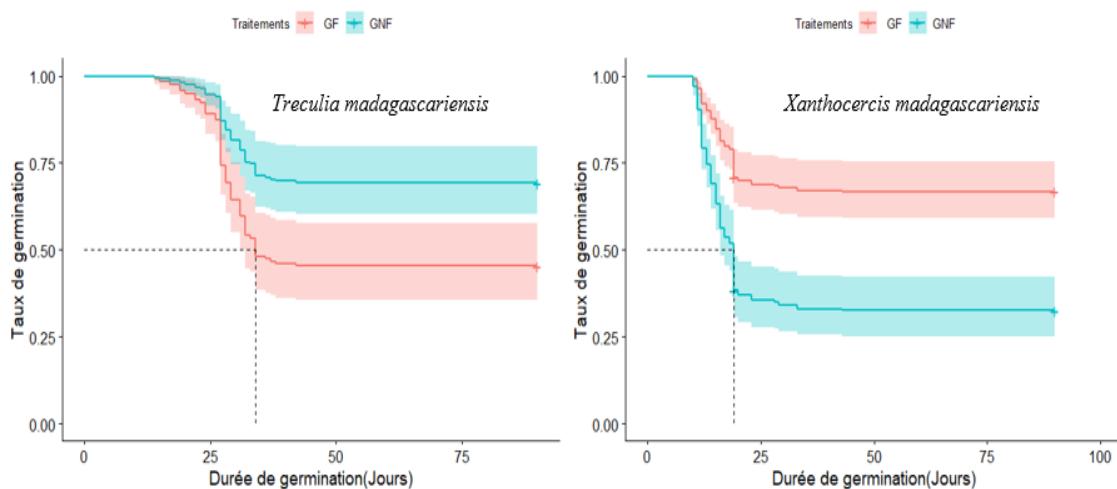


Figure 2. Comparaison de période de latence entre graines fécales et non fécales deux espèces étudiées

3.3. Taux saisonnier de germination de deux espèces

Le tableau 3 ci-dessous montre que le taux de germination de graines fécales deux espèces consommées par *Eulemur coronatus* pendant les saisons sèche et humide. Les traitements portant une même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test du chi carré d'association, avec des valeurs p ajustées par méthode FRD (Benjamini–Hochberg false discovery rate) pour les comparaisons multiples.

Nom scientifique	Famille	Humide GF	Sèche GF
<i>Treculia madagascariensis</i>	MORACEAE	32,50 ^a	72,50 ^b
<i>Xanthocercis madagascariensis</i>	FABACEAE	42,50 ^a	57,50 ^a

Tableau 3. Taux de germination des graines fécales de deux espèces consommées par *Eulemur coronatus* selon les saisons, et résultats du test du chi carré avec correction des p-valeurs par la méthode FRD (Benjamini-Hochberg false discovery rate).

Les résultats ont montré que le taux de germination de la même espèce varie d'une saison à l'autre. Les deux espèces étudiées ont les taux de germination plus élevés en saison sèche par rapport à la saison de pluie ; *Treculia madagascariensis* montre un taux de germination élevé en saison sèche (72,50%) par rapport à la saison humide avec un taux maximal de 32,5%. *Xanthocercis madagascariensis* présente un taux de germination 57.50 % en saison sèche et un taux maximal 42,50 % en saison humide. L'analyse de test du chi carré d'association ($P < 0,05$) a révélé une différence statistiquement significative du taux de germination de graines fécales entre les deux saisons pour *Treculia madagascariensis*, tandis qu'aucune variation saisonnière significative n'a été constatée pour *Xanthocercis madagascariensis*.

3.4. Durée de germination

Le tableau 4 qui présente les résultats de l'analyse statistique de période de latence de graines fécales entre deux saisons pour les deux espèces.

Nom scientifique	Famille	df	GF (Humide)et GF (Sèche)	
			Z-score	p
<i>Treculia madagascariensis</i>	MORACEAE	79	2,68	0,007
<i>Xanthocercis madagascariensis</i>	FABACEAE	119	-0,349	0,727

Tableau 4. Comparaison de période de latence de graines fécales pendant deux saisons pour les deux espèces.

D'après le modèle de Cox à risques proportionnels, *Treculia madagascariensis* a montré que des périodes de latence de graines fécales significativement différentes entre saisons humide et saisons sèche. (Tableau 4). En revanche, aucune différence significative n'a été observée pour espèce *Xanthocercis madagascariensis*. La période de latence de graines fécales pour *Treculia madagascariensis* était plus courte durant la saison sèche que pendant la saison humide, tandis qu'elle restait similaire pour *Xanthocercis madagascariensis* entre les deux saisons (Figure 3).

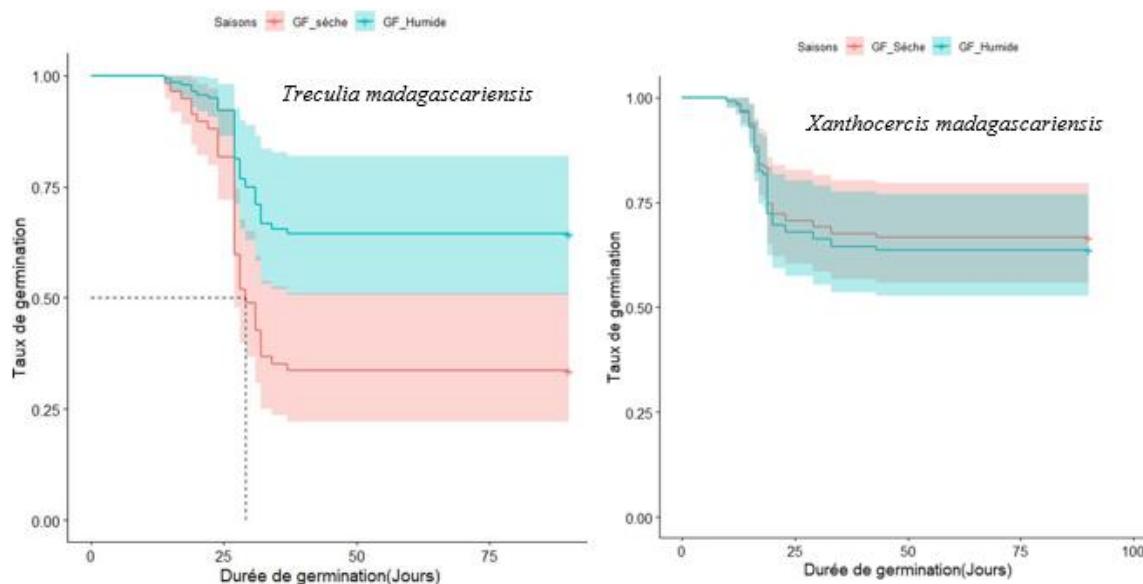


Figure 3. Comparaison de période de latence de graines fécales pendant deux saisons pour les deux espèces.

4. Discussion

De nombreux animaux frugivores favorisent le succès de la germination en éliminant la pulpe entourant les graines et/ou en scarifiant le tégument dans leur système digestif [CHA 96]. Par exemple, des taux de germination plus élevés ont été observés pour les graines extraites des fèces d'autres membres du genre *Eulemur*, tels que *E. sanfordi* [CHE 16]. Dans notre étude, le succès de germination des graines ayant traversé les intestins a augmenté pour *Treculia madagascariensis* (voir Tableau 1). Des taux de germination similaires ont été observés pour des graines provenant de la montagne d'Ambre, ingérées par *E. coronatus* [CHE 15]. Cependant, l'espèce étudiée ici n'a pas montré d'amélioration, comme c'est le cas pour *Xanthocercis madagascariensis*, où le taux de germination était

le plus faible pour les graines provenant des fèces, suggérant que la scarification n'est pas un processus indispensable. Cela suggère que cet arbre ne dépend pas de *E. coronatus* pour sa germination ou sa dispersion, bien qu'il ne soit pas exclu que cette plante bénéficie de l'endozoochorie par d'autres animaux. En plus des variations observées dans le succès de la germination, il a été démontré que le passage intestinal des graines induit une scarification chimique, ce qui peut réduire les périodes de latence [MCK 75] ; [Dew 98] ; [RAZ 10].

La période de latence des graines fécales était plus courte pour *Treculia madagascariensis* que pour les graines non fécales, ce qui suggère que la défécation favorise la germination plus rapide pour cette espèce. Ce phénomène peut être expliqué par l'effet de la digestion sur la dormance des graines. Des études précédentes, [LIE 79] ont montré que les graines qui passent par le système digestif de certains animaux voient leur dormance réduite, ce qui accélère leur germination, en particulier pour les espèces végétales néotropicales à grosses graines [FUZ 16]. Des périodes de latence plus courtes sont généralement associées à une meilleure survie, une croissance plus rapide et une fécondité accrue des semis [VER 05]. Dans le contexte nos tests de gémination, cette réduction de la latence pourrait constituer un avantage adaptatif, en favorisant une levée rapide des graines des conditions optimales (humidité, température, substrat), tout en réduisant les risques de perte liées à la sénescence, aux agents pathogènes ou à la prédation. En revanche, pour *Xanthocercis madagascariensis*, les graines non fécales ont montré une période de latence plus courte que les graines fécales, ce qui suggère que le processus de digestion pourrait avoir un effet inhibiteur pour cette espèce. Ce résultat est en accord avec ceux observés par [STE 22], qui ont constaté que l'impact des excréments sur la germination peut varier de manière significative selon les espèces.

Dans une autre étude, [SOL 20] soutient que le taux de germination de certaines espèces varie en fonction de la saison (saison humide ou sèche). Selon ses observations, les taux de germination pendant la saison humide sont étonnamment faibles par rapport à ceux de la saison sèche. Les résultats de notre étude corroborent cette hypothèse : pour les deux espèces analysées (*Treculia madagascariensis* et *Xanthocercis madagascariensis*), le taux de germination des graines issues des fèces était plus élevé durant la saison sèche que pendant la saison humide. Cette faible germination observée durant la saison humide pourrait être liée à l'absence de stérilisation du sol, comme l'indique [RAM 14].

En outre, ce phénomène pourrait s'expliquer par la disponibilité des ressources et par des conditions environnementales plus propices à la germination durant la saison sèche, ainsi que par une dormance temporaire des graines viables, les empêchant de germer immédiatement malgré des conditions favorables [Vle 95] ; [FIN 06] ; [BAS 14]. Le moment optimal de la germination des graines dépend de la détection par les graines d'indices environnementaux fiables qui indiquent le début de la saison de croissance favorable. Par exemple, la germination des graines de certaines plantes alpines nécessite une exposition à des températures hivernales basses suivies de longues périodes de temps chaud, indiquant le début du printemps [SCH 11]. Cependant, dans les forêts tropicales où les saisons sèches sont marquées, l'absence d'humidité est un facteur limitant pour le recrutement des semis pendant la saison sèche, et la germination correspond généralement au début de la saison humide [GAR 83] ; [FRA 74] ; [ESC 18]. Les observations récentes de changements dans les régimes de précipitations sous les tropiques ont suscité des inquiétudes quant à la résistance et à la résilience de ces écosystèmes très menacés [FEG 13] ; [ALL 17], mais nous manquons de connaissances sur la capacité des populations végétales à adapter leur comportement de germination aux changements de la saisonnalité des précipitations [RUB 17].

Les espaces forestiers tels que la Montagne des Français, bien qu'ils bénéficient d'un statut de protection, restent fortement soumis à la pression urbaine en raison de leur proximité immédiate avec la ville d'Antsiranana et de la présence de la Route Nationale 6, qui y mène directement. L'expansion urbaine, souvent non planifiée, engendre une demande croissante en ressources naturelles telles que le charbon de bois, le bois de construction et les terres cultivables. Cette pression accentue la fragmentation des habitats forestiers et réduit considérablement les domaines vitaux pour la faune

endémique, en particulier pour les lémuriens frugivores comme *Eulemur coronatus*. La réduction de ces habitats a des répercussions écologiques majeures, notamment sur les processus de dispersion des graines, un mécanisme essentiel à la régénération naturelle des forêts sèches malgaches. En perturbant ces dynamiques écologiques, l'anthropisation croissante compromet à la fois la biodiversité locale et la résilience des écosystèmes forestiers.

En périphérie urbaine, les interactions entre humains et lémuriens sont de plus en plus fréquentes, donnant lieu à des situations souvent conflictuelles. Attirés par les ressources alimentaires disponibles, notamment les cultures de bananiers, manguiers ou papayers, certains lémuriens s'aventurent dans les zones anthroposées. Ces incursions provoquent parfois la colère des habitants, conduisant à des actes de persécution. En parallèle, la proximité croissante entre humains et lémuriens accroît les risques de zoonoses, c'est-à-dire de transmissions de maladies entre espèces, représentant une menace tant pour la santé humaine que pour celle des primates.

Malgré les efforts de conservation, certaines communautés continuent de chasser les lémuriens, que ce soit pour la consommation de viande de brousse ou pour répondre à des usages traditionnels. Le commerce illégal de lémuriens en tant qu'animaux de compagnie constitue également une menace croissante, alimentée par la demande touristique et le manque de contrôle sur le terrain.

Enfin, la perte de connectivité écologique entre les fragments forestiers accentue la vulnérabilité des populations de lémuriens. Cette fragmentation complique leurs déplacements nécessaires à la recherche de nourriture, de partenaires ou de refuges. Elle compromet également leur rôle écologique fondamental, notamment en tant que disperseurs de graines, un service essentiel au maintien de la dynamique des forêts malgaches.

En milieu périurbain, la conservation d'*Eulemur coronatus* nécessite une planification spatiale rigoureuse, incluant des corridors d'au moins 20 à 30 m de large avec une densité suffisante d'espèces fruitières autochtones, ainsi qu'une connectivité inférieure à 300 m entre fragments forestiers [IRW 10];[RAMIA 15]. Les lémuriens nécessitent également un couvert forestier continu ou semi-continu pour leurs déplacements arboricoles, ainsi que des zones tampons pour minimiser les conflits avec les populations humaines.

Les initiatives de conservation pour *Eulemur coronatus* doivent accorder une priorité absolue à la préservation des fragments forestiers restants de la Montagne des Français (MDF), qui constituent leur habitat naturel vital. Cependant, face à la fragmentation croissante du paysage due à l'urbanisation et aux activités anthropiques, il est également crucial de maintenir ou restaurer la connectivité écologique entre ces fragments. Cela passe notamment par la création de corridors écologiques composés d'espèces arborées autochtones fruitières, permettant aux lémuriens de circuler librement entre les noyaux de forêt tout en accédant à des ressources alimentaires.

Parallèlement, la mise en œuvre de programmes communautaires intégrés est essentielle. Ces programmes doivent combiner éducation environnementale, reboisement participatif, et formations sur des alternatives économiques durables à la déforestation, comme l'agroforesterie ou la production d'essences à valeur commerciale. La co-conception d'outils pédagogiques adaptés au contexte local, en collaboration avec les écoles et les associations de base, permet de renforcer l'implication des communautés. L'introduction de mécanismes incitatifs, tels que des crédits de conservation ou des paiements pour services environnementaux, a déjà montré son efficacité à Kianjavato, en favorisant une participation durable des populations locales aux efforts de reforestation [MAN 13].

À Kianjavato, le programme de corridors mis en œuvre par Madagascar Biodiversity Partnership (MBP) avec les communautés locales constitue un modèle reproductible. Là, les corridors plantés avec des espèces utiles aux communautés (exemples. : *Moringa oleifera*, *Mangifera indica*, *Cinnamomum camphora*) permettent à des espèces comme *Eulemur rufifrons* et *Varecia variegata* de maintenir leurs fonctions écologiques, tout en créant des sources de revenus [MAN 13].

Pour favoriser les déplacements et le rôle écologique des lémuriens frugivores tels qu'*Eulemur coronatus*, les corridors écologiques doivent répondre à plusieurs critères spécifiques. D'une part, ils doivent inclure des arbres fruitiers à phénologie étalée (par exemple *Noronhia aminae*, *Cordyla madagascariensis*, *Tamarindus indica*), afin d'assurer une disponibilité alimentaire continue tout au long de l'année. D'autre part, la sélection d'espèces ligneuses à croissance rapide et résistantes à la sécheresse, adaptées aux conditions des forêts sèches, est essentielle pour garantir une mise en place rapide de la couverture végétale fonctionnelle.

La planification de tels corridors nécessite une cartographie fine des usages du sol et des régimes fonciers afin d'anticiper et de prévenir les conflits d'usage. Cette planification doit impérativement s'appuyer sur une démarche participative, incluant la validation des tracés et des espèces sélectionnées par les communautés locales (COBA) et les autorités décentralisées.

Enfin, la mise en place de ces corridors doit être accompagnée d'un dispositif de suivi écologique post-plantation. Ce suivi permettra de mesurer la fréquentation des corridors par les lémuriens, d'évaluer leur efficacité en tant que voies de dispersion des graines, et d'ajuster les interventions en fonction des résultats obtenus.

5. Conclusion

Cette étude met en évidence l'importance du rôle écologique des lémuriens frugivores, en particulier *Eulemur coronatus*, dans la dynamique de régénération de la forêt de l'Aire Protégée de la Montagne des Français. Nos résultats montrent que la consommation des fruits par ces lémuriens influence positivement la germination des graines, bien que cette influence varie selon les espèces végétales. Pour *Treculia madagascariensis*, les graines fécales ont présenté des taux de germination plus élevés et une période de latence plus courte par rapport aux graines non fécales, ce qui suggère un rôle direct des lémuriens dans l'accélération de la germination de cette espèce. En revanche, pour *Xanthocercis madagascariensis*, bien que le taux de germination des graines fécales soit plus faible, il est néanmoins significatif, ce qui montre que les lémuriens peuvent également jouer un rôle dans la dispersion, mais de manière moins marquée.

L'étude des variations saisonnières des taux de germination révèle également l'impact des conditions climatiques sur les processus de germination des graines. Les taux de germination étaient globalement plus élevés pendant la saison sèche que pendant la saison humide, confirmant l'importance des conditions environnementales dans la réussite de la régénération végétale. Cependant, cette relation saisonnière pourrait être modifiée par les effets du changement climatique, notamment la variation des régimes de précipitations qui affecte la disponibilité des ressources et la dynamique des semis dans les forêts tropicales sèches.

Les résultats de cette étude mettent en évidence la complexité et l'importance des interactions mutualistes entre *Eulemur coronatus* et diverses espèces végétales dans les forêts du nord de Madagascar. Ces relations écologiques jouent un rôle clé dans la régénération naturelle des écosystèmes, en assurant notamment la dispersion des graines et en facilitant leur germination. Toutefois, ces interactions sont aujourd'hui gravement menacées par la fragmentation des habitats, l'intensification des pressions anthropiques et les effets du changement climatique.

Face à ces constats, il est impératif que les stratégies de conservation intègrent la protection et la restauration ciblée des habitats critiques de *E. coronatus*. Plusieurs types de mesures peuvent être envisagés :

- ❖ Mesures de restauration écologique :

- Reboisement ciblé à base d'espèces fruitières autochtones dispersées par *Eulemur coronatus* : *Noronhia aminae*, *Cordyla madagascariensis*, *Tamarindus indica*, *Terminalia crenata*, *Thespesia gummiflua*
- Enrichissement forestier des zones dégradées par plantation de ces espèces en sous-bois ou lisière.
- Création de corridors écologiques espacés de moins de 300 m, de 20 à 30 m de large, favorisant la circulation des lémuriens entre fragments.
 - ❖ Mesures de protection:
- Renforcement des dispositifs de surveillance communautaire contre la coupe illicite de bois et la chasse des lémuriens.
- Délimitation et gestion participative des zones à haute valeur écologique
 - ❖ Institutionnelles et sociales:
- Appui technique par les ONG comme Madagascar Biodiversity Partnership (MBP), et SAGE
- Mise en œuvre locale par les communautés via les COBA avec incitations économiques (écotourisme, agroforesterie).
- Encadrement réglementaire par les institutions (MEDD, directions régionales de l'environnement) intégrant ces actions dans les Plans d'Aménagement et de Gestion
- Éducation environnementale et sensibilisation communautaire sur le rôle écologique des lémuriens et l'importance de conserver leur habitat.
- Programmes de suivi post-plantation : évaluation de la fréquentation des corridors par les lémuriens, succès de la régénération.
- Recherche appliquée sur les interactions plante-dispersant et la résilience aux changements climatiques

En renforçant les interactions écologiques entre la faune et la flore, ces mesures permettront non seulement de mieux conserver *Eulemur coronatus*, mais également d'accroître la résilience des forêts tropicales sèches du nord de Madagascar face aux menaces croissantes. Une telle approche, fondée sur la compréhension fine des relations écologiques, doit être au cœur des politiques de conservation intégrée et des stratégies de restauration à long terme.

5. Bibliographie

- [ALL 17] Allen, K., Dupuy, J. M., Gei, M. G., Hulshof, C., Medvigy, D., Pizano, C., Waring, B. G. Will seasonally dry tropical forests be sensitive or resistant to future changes in rainfall regimes? *Environmental Research Letters*, 12, 023001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5968>. 2017
- [ALT 74] Altmann, J. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* 49, 227- 267. 1974
- [BAS 14] Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego, CA: Academic Press. 2014
- [BES 95] Benjamini Y, Hochberg Y. Controlling the false discovery rate: A practical and powerful approach to multiple testing. *Book of the Royal Statistical Society B*, 57:289-300. 1995
- [CHA 95] Chapman, C. & Chapman, L. 1996. Frugivory and the fate of dispersed and non-dispersed seeds of six African tree species. *Journal of Tropical Ecology* 12(4): 491-504. 1996
- [CHE 15] Chen KS, Li JQ, Rasoarahona J, Folega F, Manjaribe C. Diet and seed dispersal by *Eulemur coronatus* in the Amber Mountain National Park. *International Journal of Biology* 7:20-31. 2015

- [CHE 16] Chen KS, Li JQ, Rasoarrahona J, Folega F, Manjaribe C (2016) Diet and effects of Sanford's brown lemur (*Eulemur sanfordi*, Archbold 1932) Gut-passage on the germination of plant species in Amber forest, Madagascar. *Zoological Studies* 55:21. 2016
- [DCR 07] D'Cruze, N., J. Sabel, K. Green, J. Dawson, C. Gardner, J. Robinson, G. Starkie, M. Vences and F. Glaw. (2007). The first comprehensive survey of amphibians and reptiles at Montagne des Français, Madagascar. *Herpetol. Conserv. Biol.* 2: 87–99
- [DEW 98] Dew JL, Wright P. Frugivory and seed dispersal by four species of primates in Madagascar's eastern rain forest. *Biotropica* 30:425-437. 1998
- [EIS 73] Eisenberg JF, Thorington RW. A preliminary analysis of a Neotropical mammal fauna. *Biotropica* 5:150-161. 1973
- [ESC 18] Escobar, D. F. E., Silveira, F. A. O., & Morellato, L. P. C. Timing of seed dispersal and seed dormancy in Brazilian savanna: Two solutions to face seasonality. *Annals of Botany*, 121, 1197–1209. <https://doi.org/10.1093/aob/mcy006>. 2018
- [FEN 13] Feng, X., Porporato, A., & Rodriguez-Iturbe, I. Changes in rain- fall seasonality in the tropics. *Nature Climate Change*, 3, 811–815. <https://doi.org/10.1038/nclimate1907>. 2013
- [FIN 06] Finch-Savage, W. E., & Leubner-Metzger, G. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171, 501–523. 2006
- [FRA 74] Frankie, G. W., Baker, H. G., & Opler, P. A. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the low- lands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, 62, 881–919. <https://doi.org/10.2307/2258961>. 1974
- [FUZ 16] Fuzessy LF, Cornelissen TG, Janson C, Silveira FAO. How do primates affect seed germination? A meta-analysis of gut passage effects on neotropical plants. *Oikos* 125: 1069-1080. 2016
- [GAN 01] Ganzhorn. U. J., Lowry II. P. P, Schatz.E. G, Sommer.S. The biodiversity of Madagascar: one of the world's hottest hotspots on its way out. 2001
- [GAR 83] Garwood, N. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: A community study. *Ecological Monographs*, 53, 159–181. <https://doi.org/10.2307/1942493>. 1983
- [GOO 18] Goodman SM, Raherilalao MJ, Wohlauser S (2018) The terrestrial protected areas of Madagascar: Their History, Description, and Biota, Volume II. Association Vahatra, Antananarivo, Madagascar. 2018
- [HOB 08] Hobbes J, Dolan A. World Regional Geography. 6th edition. Belmont, CA: Cengage Learning, 752. 2008
- [IRW 10] Irwin, M. T., Wright, P. C., Birkinshaw, C., Fisher, B. L., Gardner, C. J., Glos, J., Goodman, S. M., Loiselle, P., Rabeson, P., Raharison, J.-L., Rakotoarison, N., Raselimanana, A. P., Ratsimbazafy, J., Wilmé, L., & Ganzhorn, J. U. (2010). Patterns of species change in anthropogenically disturbed forests of Madagascar. *Biological Conservation*, 143(10), 2351–2362. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.01.023>
- [UIC 08] IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org
- [MAN 13] Manjaribe C, Frasier, Cynthia LF, Rakouth B, Louis EE Jr (2013). Ecological restoration and reforestation of fragmented forests in Kianjavato, Madagascar. *International Journal of Ecology* 13:1-13
- [MCK 75] McKey D. The ecology of coevolved seed dispersal systems. In: Gilbert LE, Raven PH (eds) *Coevolution of animals and plants*. *University of Texas Press, Austin*, 159-191. 1975
- [MIT 05] Mittermeier RA, Hawkins F, Rajaobelina S, Langrand O. Wilderness conservation in biodiversity hotspot. *Int J Wild* 11:42-45. 2005
- [MIT 14] Mittermeier RA, Louis Jr EE, Langrand O, Schwitzer C, Gauthier CA, Rylands AB, Rajaobelina S, Ratsimbazafy J, Rasoliarison R, Hawkins F, Roos C, Richardson M, Kappeler PM. Lemuriens de Madagascar. *Conservation International*. 2014
- [MYS 00] Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. D. A. Fonseca and J. K.: Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858 *New York: Springer*. 100–126. 2000
- [RAM 99] Ramanamanjato JB, Nussbaum RA, Raxworthy CJ. A new species of *Mabuya* Fitzinger (Squamata: Scincidae: Lygosominae) from northern Madagascar. *Occ. Pap. Mus. Zool. Univ. Michigan* 728:1-22.1999
- [RAM 14] Ramanganirina, M. Interactions entre le *Pteropus rufus*, le *Ficus* et le sol sur la régénération de la forêt à Fort-Dauphin. Mém. CAPEN. Département de formation initiale scientifique. Centre d'étude et de recherche en Sciences Naturelles. *Université d'Antananarivo*, 178pp. 2014

- [RAMIA 15] Ramiadantsoa, T., Ovaskainen, O., Rybicki, J., & Hanski, I. (2015). Large-scale habitat corridors for biodiversity conservation: A forest corridor in Madagascar. *PLoS ONE*, 10(7), e0132126. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132126>
- [RAN 13] Ranaivoarisoa JF, Zaonarivelo JR, Lei R, Johnson SE, Wyman TM, Mittermeier RA, Louis EE. Rapid survey and assessment of the northern sportive lemur, *Lepilemur septentrionalis*, in northern Madagascar. *Primate Conservation* 27:23-31. 2013
- [RAS 22] Rasoamazava L, Rakotomalala VF, Sefczek TM, Frasier CL, Dinsmore MP, Rasoloharijaona S, Louis EE Jr. Feeding ecology and the activity trend of *Lepilemur septentrionalis* in the dry forest of Montagne des Français, northern Madagascar. *Folia Primatologica* <https://doi.org/10.1163/14219980-20210702>. 2022
- [RAZ 10] Razafindratsima OH, Razafimahatratra E (2010) Effect of red ruffed lemur gut passage on the germination of native rainforest plant species. *Lemur News* 15:39-42. 2010
- [RUB 17] Rubio de Casas, R., Willis, C. G., Pearse, W. D., Baskin, C. C., Baskin, J. M., & Cavender-Bares, J. Global biogeography of seed dormancy is determined by seasonality and seed size: A case study in the legumes. *The New Phytologist*, 214, 1527-1536. <https://doi.org/10.1111/nph.14498>. 2017
- [SAB 09] Sabel J, Green K, Dawson J, Robinson J, Gardner C, Starkie G, D'Cruze N. The conservation status of mammals and avifauna in the Montagne des Français massif, Madagascar. *Madagascar Conservation and Development* 4:44-51. 2009.
- [SCH 20] Schüßler, D., Blanco, M.B., Salmona, J., Poelstra, J., Andriambeloson, J.B., Miller, A., Randrianambinina, B., Rasolofoson, D.W., Mantilla-Contreras, J., Chikhi, L. Ecology and morphology of mouse lemurs (*Microcebus* spp.) in a hotspot of micro endemism in northeastern Madagascar, with the description of a new species. *American journal of primatology*, 82 (9): e23180. 2020
- [SCH 11] Schwienbacher, E., Navarro-Cano, J. A., Neuner, G., et Erschbamer, B. Seed dormancy in alpine species. *Flora*, 206, 845–856.2011
- [SOL 20] Soloharinivo, M. Autoécologie, Régénération ex situ et reforestation de quelques espèces de plantes consommées par *Lemur catta* à Lavavolo (Région Atsimo 73 Andrefana). *Mémoire de Master*, Parcours, Biologie et Ecologie Végétales, Université d'Antananarivo : Faculté des Sciences. 2020
- [STE 22] Steffens KJE, Sanamo J, Razafitsalama J (2022) The role of lemur seed dispersal in restoring degraded forest ecosystems in Madagascar. *Folia primatologica* 93:1-19.
- [STE 00] Stevenson PR. Seed dispersal by woolly monkeys (*Lagothrix lagotricha*) at Tinigua National Park, Colombia: Dispersal distance, germination rates, and dispersal quantity. *American Journal of Primatology* 50:275-289.2000
- [TAT 06] Tattersall I. *Origin of the Malagasy Strepsirrhine Primates*. Springer, New York. 2006
- [TER 97] Terranova CJ, Coffman BS. Body weights of wild and captive lemurs. *Zoo Biology* 16: 17-30. 1997
- [VER 05] Verdu M, Traveset A (2005) Early emergence enhances plant fitness: A phylogenetically controlled meta-analysis. *Ecology* 86:1385-1394
- [VLE 95] Vleeshouwers, L. M., Bouwmeester, H. J., & Karssen, C. M. Redefining seed dormancy: An attempt to integrate physiology and ecology. *Journal of Ecology*, 83, 1031–1037. <https://doi.org/10.2307/2261184>. 1995
- [WAI 06] Waite TA, Campbell LG. Controlling the false discovery rate and increasing statistical power in ecological studies. *Ecoscience*, 13(4):439-442.2006