

---

## Étude systématique des terriers du Parc National du Niokolo-Koba, Sénégal

**Auteur :** Vandebos, Jérôme

**Promoteur(s) :** Vermeulen, Cédric

**Faculté :** Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

**Diplôme :** Master en bioingénieur : gestion des forêts et des espaces naturels, à finalité spécialisée

**Année académique :** 2023-2024

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/21537>

---

*Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---



# **Étude systématique des terriers du Parc National du Niokolo-Koba, Sénégal**

**JÉROME VANDEBOS**

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE  
MASTER BIOINGÉNIEUR EN GESTION DES FORETS ET DES ESPACES NATURELS À FINALITÉ  
SPÉCIALISÉE**

**ANNÉE ACADÉMIQUE 2023-2024**

**PROMOTEUR : CÉDRIC VERMEULEN**

© Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique de Gembloux Agro-Bio Tech.

Le présent document n'engage que son auteur.

# **Étude systématique des terriers du Parc National du Niokolo-Koba, Sénégal**

**JÉROME VANDEBOS**

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE  
MASTER BIOINGÉNIEUR EN GESTION DES FORETS ET DES ESPACES NATURELS À FINALITÉ  
SPÉCIALISÉE**

**ANNÉE ACADÉMIQUE 2023-2024**

**PROMOTEUR : CÉDRIC VERMEULEN**

# Remerciements

Je souhaite tout d'abord exprimer ma sincère gratitude à mon promoteur, Cédric Vermeulen, pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser ce travail de fin d'études dans le cadre magnifique du parc national du Niokolo-Koba. De plus, ses conseils avisés sur le terrain ainsi que ses relectures m'ont été d'une aide précieuse tout au long de ce travail.

Ensuite, je tiens à remercier Jacques Gomis, conservateur du parc, pour m'avoir permis d'effectuer mes recherches dans ce parc exceptionnel. Par ailleurs, je suis reconnaissant envers la bourse ULiège, dont le soutien financier a facilité mon voyage, ainsi qu'à Nature+ pour leur appui.

En outre, je souhaite remercier Philippe Taminiaux, qui, depuis plusieurs années, permet à des étudiants de réaliser leurs travaux de fin d'études dans une structure d'accueil incroyable qu'est le Niokolodge et qui a su m'accueillir chaleureusement. Je tiens également à remercier toute l'équipe du Niokolodge pour leur hospitalité et leur soutien durant cette aventure.

D'autre part, je suis profondément reconnaissant à la fondation Ellég pour la fourniture des pièges photographiques et leur soutien financier. Je remercie également Sadialiou Diallo pour son engagement et son aide précieuse lors de la prospection de terrain, ainsi qu'à Cheikh Sow.

De plus, je n'oublie pas Mutien-Marie Gariagliany et Sophie Vroomen, dont l'accueil chaleureux au laboratoire et l'aide à la réalisation des analyses génétiques ont été essentiels à la réalisation de ce travail. Grâce à vous, j'ai énormément appris.

J'aimerais également adresser un remerciement spécial à Jeannine Bortels pour ses conseils pratiques en entomologie, ainsi que pour le prêt du matériel entomologique, qui a grandement facilité mes recherches.

Je souhaite également remercier Simon Lhoest pour ses conseils précieux dans le traitement des données, qui ont été d'une grande aide.

Fany Brotcorne mérite également une mention spéciale pour son aide dans l'élaboration du protocole concernant les singes verts et pour ses conseils précieux de terrain. Je tiens également à adresser mes remerciements à Éric Heymans et Sabine Bertouille pour leur humour constant, ainsi que pour leurs conseils et leur soutien tout au long de ce TFE.

Enfin, je souhaite exprimer ma gratitude à Justine Broers et Alexandre Delplanque pour leurs messages motivants et leurs relectures précieuses, qui ont enrichi mon travail.

Pour conclure, je tiens à remercier mes amis, qu'ils soient de Gembloux ou d'ailleurs, pour leur soutien indéfectible durant ces années d'études parfois difficiles. Je n'oublie pas mes grands-parents et mes parents, dont l'encouragement constant a été une source de motivation.

# Résumé

Une étude portant sur la faune des terriers a été réalisée au parc national du Niokolo-Koba, au Sénégal, du 22 février au 30 avril 2024, et a couvert deux zones d'intérêt. La première zone a été investiguée pour y étudier la faune fréquentant les terriers, l'influence des paramètres environnementaux sur cette fréquentation, et l'identification des pathogènes chez ces espèces. Cette phase s'est déroulée autour du Niokolodge, un lodge dédié à l'écotourisme et à la conservation du parc, inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO.

L'étude des terriers a couvert une superficie de 100 km<sup>2</sup>, incluant 30 km de transects stratifiés, et a caractérisé 74 terriers. Parmi eux, 50 ont été suivis par pièges photographiques, totalisant 1 000 cameras.jours, permettant de détecter 2 685 événements indépendants et d'identifier 52 espèces, dont 29 fréquentaient les terriers. De plus, 19 de ces espèces étaient nouvelles par rapport à l'étude précédente de Daelemans (2023). Les données de cette étude combinées à celles de 2023 ont révélé 238 co-occurrences d'espèces, dont 21 significatives, illustrant l'importance des interactions interspécifiques.

L'étude des paramètres environnementaux a révélé que les terriers situés sur des sols sableux et ceux abritant des insectes présentent une richesse spécifique plus élevée. De plus, les terriers dans les végétations de type forêt claire et savanes boisées affichent également une richesse spécifique supérieure par rapport à ceux situés dans les savanes arbustives. L'analyse par NMDS (*Non-metric Multidimensional Scaling*) a mis en évidence des communautés fauniques distinctes associées à la bambousaie et à la forêt claire, soulignant ainsi la spécificité écologique de ces habitats.

Des captures d'insectes, d'arachnides et de chiroptères ont également été effectuées dans les terriers, identifiant *Nycteris macrotis* parmi les chiroptères, ainsi que 14 familles d'insectes et d'arachnides, dont *Rhipicephalus sanguineus*, une espèce de tique. L'analyse des pathogènes a montré une forte prévalence de *Francisella* chez cette tique, suggérant un risque potentiel de transmission à l'humain de *Francisella tularensis*, l'agent responsable de la tularémie.

La seconde partie de l'étude, sur quatre jours, s'est concentrée sur les interfaces des contacts entre *Chlorocebus sabaeus* et les humains au camp touristique « Camp du Lion ». Il a été constaté que ces primates, après avoir potentiellement fréquenté les terriers et y avoir été exposés à des pathogènes, interagissent souvent avec les humains, notamment lors de la recherche de nourriture. L'analyse des fèces *Chlorocebus sabaeus* a révélé la présence de *Cryptosporidium* spp. et *Treponema* spp. *Cryptosporidium* est un genre de parasites unicellulaires pouvant provoquer des infections gastro-intestinales chez divers mammifères, y compris les humains, entraînant des symptômes tels que la diarrhée, des douleurs abdominales et des nausées. *Treponema*, quant à lui, est un genre de bactéries responsable de maladies comme le pian, une infection cutanée transmissible entre humains. Ces résultats soulignent les risques de transmission de maladies zoonotiques entre la faune et les humains dans cet environnement partagé.

En conclusion, cette étude met en avant l'importance de surveiller les terriers et leur faune, les considérant comme des points chauds potentiels du point de vue « une seule santé » (One Health).

**Mots-clefs** : Terrier, pièges-photographiques, paramètres environnementaux, analyse génétique, co-occurrence, zoonoses, semi-aride, Niokolo Koba

# Abstract

A study on burrowing fauna was conducted in the Niokolo-Koba National Park, Senegal, from February 22 to April 30, 2024, covering two areas of interest. The first area investigated the fauna frequenting the burrows, the influence of environmental parameters on this visitation, and the identification of pathogens in these species. This phase took place around Niokolodge, an ecotourism lodge dedicated to park conservation, which is listed as a UNESCO World Heritage site.

The burrow study covered an area of 100 km<sup>2</sup>, including 30 km of stratified transects, and characterized 74 burrows. Among these, 50 were monitored using camera traps, totaling 1 000 camera.days, which allowed the detection of 2 685 independent events and the identification of 52 species, of which 29 frequented the burrows. Furthermore, 19 of these species were new compared to the previous study by Daelemans (2023). The combined data from this study and that of 2023 revealed 238 species co-occurrences, with 21 being statistically significant, highlighting the importance of interspecific interactions.

The analysis of environmental parameters revealed that burrows located in sandy soils and those harboring insects exhibit higher species richness. Additionally, burrows situated in open forest and wooded savanna vegetation also displayed greater species richness compared to those located in shrubby savannas. Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS) analysis highlighted distinct faunal communities associated with bamboo groves and open forests, underscoring the ecological specificity of these habitats.

Insect, arachnid, and chiropteran captures were also conducted, identifying *Nycteris macrotis* among the bats, as well as 14 families of insects and arachnids, including *Rhipicephalus sanguineus*, a tick species. Pathogen analysis revealed a high prevalence of *Francisella* in this tick, suggesting a potential risk for transmission to humans of *Francisella tularensis*, the causative agent of tularemia.

The second part of the study, conducted over four days, focused on the interactions between *Chlorocebus sabaesus* and humans at the tourist camp « Camp du Lion ». It was observed that these primates, after potentially frequenting the burrows, often interact with humans, particularly during foraging activities. Fecal sample analysis of *Chlorocebus sabaesus* revealed the presence of *Cryptosporidium spp.* and *Treponema spp.*. *Cryptosporidium* is a genus of unicellular parasites that can cause gastrointestinal infections in various mammals, including humans, resulting in symptoms such as diarrhea, abdominal pain, and nausea. *Treponema*, on the other hand, is a genus of bacteria responsible for diseases such as yaws, a skin infection transmissible between humans. These findings underscore the risks of zoonotic disease transmission between wildlife and humans in this shared environment.

In conclusion, this study emphasizes the importance of monitoring burrows and their biodiversity, considering them potential hotspots from a One Health perspective.

**Keywords:** Burrow, camera traps, environmental parameters, genetic analysis, co-occurrence, zoonoses, semi-arid, Niokolo Koba.

# Table des matières

Remerciements .....	3
Résumé.....	4
Abstract .....	5
Liste des figures.....	9
Liste des tableaux.....	10
Liste des annexes.....	10
1. Introduction.....	11
1.1 Contexte global .....	11
1.2 Construction et structure des terriers.....	11
1.3 Fonctions des terriers dans les écosystèmes .....	12
1.4 Fréquentation des terriers par la faune .....	13
1.5 Les terriers, zones de contacts interspécifiques .....	13
1.5.1 Etapes de transmission de pathogènes à l'humain.....	13
1.5.2 Espèces fréquentant les terriers présentant un risque zoonotique .....	15
1.6 Méthodes d'étude de la faune des terriers.....	16
1.6.1 Pièges photographiques.....	16
1.6.2 Analyses génétiques .....	17
1.6.3 Etude des interfaces de contacts entre humains et primates non humains.....	17
1.7 Le singe vert .....	18
1.7.1. Classification taxonomique .....	18
1.7.2 Répartition.....	19
1.7.3 Habitat et écologie .....	20
1.8 Objectifs .....	21
2. Matériel et méthode .....	22
2.1 Zone d'étude .....	22
2.1.1 Localisation.....	22
2.1.2 Climat.....	23
2.1.3 Types de sol et géomorphologie .....	23
2.1.4 Types de végétation .....	24
2.1.5 La faune des terriers.....	26
2.2 Prospection.....	26

2.2.1	Carte phytogéographique .....	26
2.2.2	Parcours des transects et caractérisation des terriers.....	28
2.2.3	Capture des insectes et autres arthropodes .....	30
2.2.4	Traitements des données.....	31
2.3	Mise en place des pièges photographiques .....	32
2.3.1	Problèmes rencontrés .....	32
2.3.2	Solutions apportées.....	33
2.3.3	Traitement des données .....	33
2.4	Étude préliminaire des interfaces de contact entre singes verts et humains.....	34
2.4.2	Traitement des données .....	35
2.5	Etude des pathogènes .....	35
2.5.1	Récolte des fèces.....	35
2.5.2	Analyse des pathogènes.....	36
3.	Résultats .....	37
3.1	Caractéristiques environnementales des terriers .....	37
3.2	Occurrences.....	39
3.2.1	Pièges photographiques.....	39
3.2.2	Capture de chiroptères.....	42
3.2.3	Entomofaune et autres arthropodes des terriers .....	42
3.3	Cooccurrences interspécifiques .....	43
3.4	Suivi de deux terriers sur 3 ans .....	46
3.5	Influence des facteurs environnementaux sur la fréquentation des terriers .....	47
3.5.1	Régression linéaire multiple .....	47
3.5.2	Analyse Non-Métrique de l'Échelle Multidimensionnelle (NMDS) .....	48
3.6	Etude des interfaces de contacts entre primate et primates non humains.....	49
3.7	Analyse des pathogènes.....	51
3.7.1	PCR ciblées.....	51
3.7.2	Analyse 16s.....	52
4.	Discussion .....	53
4.1	Caractérisation des terriers .....	53
4.2	Occurrences d'espèces.....	54
4.2.1	Comparaison avec l'étude de Daelemans 2023 .....	54
4.2.2	Comparaison avec d'autres études .....	54
4.2.3	Insectes et autres Arthropodes.....	56

4.3. Co-occurrences d'espèces .....	56
4.4 Suivi des terriers sur 3 années.....	57
4.5 Facteurs environnementaux .....	57
4.5.1 Influence du type de sol sur la richesse en espèces.....	57
4.5.2 Impact de la présence d'insectes sur la richesse des espèces .....	58
4.5.3 Type de végétation et richesse en espèces.....	58
4.6 Etude des singes verts au camp du lion .....	59
4.6.1 Budget d'activité .....	59
4.6.2 Interfaces de contacts et risques de transmission zoonotique.....	59
4.7 Risque zoonotique et terriers.....	61
4.7.1 Insectes et autres arthropodes .....	62
4.7.2 Mammifères .....	62
4.8 Suggestions.....	62
4.8.1 Etude des terriers .....	62
4.8.2 Singe verts .....	63
4.8.3 Prévention des risques .....	64
5. Conclusion .....	65
6. Contribution personnelle de l'étudiant.....	66
7. Bibliographie.....	67
8. Annexe.....	78

# Liste des figures

Figure 1 : Schéma des fonctions écologiques remplies par les ingénieurs des écosystèmes (Sun et al., 2021).....	12
Figure 2 : Stades de transmission des agents pathogènes à l'humain (Wolfe et al., 2007).....	14
Figure 3 : Singe vert ( <i>Chlorocebus sabaues</i> ) (Vandebos Jérôme). ....	18
Figure 4 : Répartition du genre <i>Chlorocebus</i> (Williams et al.,2021). ....	18
Figure 5 : Cartographie des zones d'études, OpenStreetMap. ....	22
Figure 6 : Carte pédologique de la zone d'étude, issue de la carte pédologique du Sénégal, région de Tambacounda, 1966. ....	23
Figure 7 : Exemple de parcelle de photointerprétation sur Collect Earth Online. ....	27
Figure 8 : Carte des types de végétation de la zone d'étude des terriers, Vandebos Jérôme. ....	27
Figure 9 : Localisation des transects et des terriers autour du Niokolodge, Vandebos Jérôme. ....	28
Figure 10 : Photographies illustrant les catégories de brulis ; Catégorie 1 : Feu récent, traces de carbone visibles sur le sol et les arbres, absence d'herbacées et de régénération ,Catégorie 2 : Feu de brousse survenu il y a plus d'un mois, régénération de la végétation observable, Catégorie 3 : Feu de brousse ancien, présence de hautes graminées, absence de traces de carbone.....	29
Figure 11 : Photographies illustrant les catégories de fréquentation des terriers ; Catégorie 1 : Fréquentation élevée, traces et paroi lissées, peu de débris à l'entrée du terrier, Catégorie 2 : Fréquentation moyenne, feuilles dispersées et tassées à l'entrée du terrier. Catégorie 3 : Fréquentation faible, feuilles non tassées en grande quantité à l'entrée du terrier et paroi non lissé. ....	29
Figure 12 : Photographie de la voiture télécommandée munie d'une caméra utilisée pour l'exploration des terriers. ....	30
Figure 13 : Photographie d'un piège à chute. ....	31
Figure 14 : Boîte contenant les insectes et autres arthropodes collectés, Jérôme Vandebos ..... 31	31
Figure 15 : Photographie du système de protection solaire mis en place sur les caméras exposées au soleil ..... 33	33
Figure 16 : Caméra ayant subi un feu de brousse ..... 33	33
Figure 17 : Proportion de terriers en fonction des types d'habitats (1), du type de géomorphologie (2), du type de sol (3), du couvert de la canopée(4). .... 37	37
Figure 18 : Proportion des orientations des gueules de terriers ..... 38	38
Figure 19 : Histogramme des répartitions des classes de diamètres mesurées des gueules de terriers. .... 38	38
Figure 20 : Histogramme des RAI pour 100 jours des 52 espèces observées (pénétrant ou étant indifférentes ou non à la gueule de terrier) par les pièges photographiques. .... 40	40
Figure 21 : Capture de chiroptères : A) Dispositif de capture avec des filets japonais B) Individu capturé dans un terrier ( <i>Nycteris macrotis</i> ). .... 42	42
Figure 22 : Photographie de l'intérieur d'un terrier complexe témoignant de la communication entre plusieurs gueules ( prise avec la voiturette modifiée). .... 43	43
Figure 23 : Matrice des couples de cooccurrences observés dans 90 terriers. .... 44	44
Figure 24 : Photographies d'un terrier complexe suivi sur 3 années (année 2023 à gauche, année 2024 à droite). .... 46	46
Figure 25 : Analyse multidimensionnelle non paramétrique (NMDS) des espèces associées à 50 terriers. Les flèches illustrent les paramètres environnementaux, tandis que les symboles représentent les terriers classés en fonction de cinq types de végétation. .... 49	49

Figure 26 : Budget d'activités et des proportions de contacts avec les humains occupés par <i>Chlorocebus sabaesus</i> .....	50
Figure 27 : Evolution des proportions de temps alloués au contact direct et indirecte sur la journée	50
Figure 28 : Graphique des abondances relatives des taxons bactériens,(Novogene) .....	52
Figure 29 : Liste d'espèces recensées dans les terriers d'oryctérope par Whittington-Jones. (Whittington-Jones et al., 2011).....	55
Figure 30 : Schéma récapitulatif des risques zoonotiques associés aux terriers .....	61

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des espèces pénétrant dans les terriers avec leur statut UICN, le nombre d'observations associées, le RAI (100 jours) et le pourcentage de terriers occupés (2024).....	41
Tableau 2 : Résultat des captures d'insectes et d'autres arthropodes des terriers.....	42
Tableau 3 : Tableau des proportions de terriers occupés par les cooccurrences les plus observées.....	43
Tableau 4 : Résultats des cooccurrences significatives du test exact de Fisher.....	45
Tableau 5 : Résultats de l'ANOVA de l'influence des paramètres environnementaux sur la richesse en espèces pénétrant dans les terriers.....	47
Tableau 6 : Résultats du test de Tukey sur les facteurs influençant significativement la richesse spécifique d'espèces pénétrant dans les terriers.....	47
Tableau 7 : Résultats des analyses de pathogènes pour les PCR ciblées.....	51
Tableau 8 : Paramètres environnementaux et densités de terriers des trois sites d'étude (Whittington-Jones, 2011).....	53
Tableau 9 : Listes des espèces des mammifères recensées dans les terriers d'oryctérope par Skinner et Smithers (1990) (Skinner et Smithers,1990).....	55
Tableau 10 : Comparaison du budget d'activités temps du genre <i>Chlorocebus</i> en milieux anthropisés et non anthropisés. (Saj,1998).....	59

## Liste des annexes

Annexe 1 : Fiche de terrain pour la caractérisation des terriers.....	78
Annexe 2 : Éthogramme de <i>Chlorocebus sabaesus</i> .....	78
Annexe 3 : Éthogramme des contacts direct et indirect de <i>Chlorocebus sabaesus</i> .....	79
Annexe 4 : Fiche d'encodage all occurrence sampling.....	79
Annexe 5 : Fiche d'encodage du scan.....	79
Annexe 6 : Détails de récolte des échantillons utilisés pour les analyses de pathogènes .....	79
Annexe 7 : Tableau reprenant le nombre d'évènement indépendant par espèces selon trois classes. La classe 1 signifie que l'animal a été indifférent à la gueule de terrier. La classe 2 signifie que l'animal a exprimé un intérêt pour la gueule. La classe 3 signifie que l'animal a pénétré dans la gueule du terrier. ....	80
Annexe 8 : Tableau qui reprend le nombre de détections d'évènement indépendant par espèces selon trois classements. La classe 1 signifie que l'animal a été indifférent à la gueule de terrier. La classe 2 signifie que l'animal a exprimé un intérêt pour la gueule. La classe 3 signifie que l'animal a pénétré dans la gueule du terrier c'est-à-dire qu'il y rentre ou qu'il en sort où un membre du corps franchi la limite de l'entrée de la gueule du terrier.(Daelemans ,2023).....	80

# 1. Introduction

## 1.1 Contexte global

L'eau, l'abri et la nourriture sont trois éléments essentiels à la survie de la faune dans tous les environnements (Krebs, 1985). Cela est particulièrement vrai pour les zones arides et semi-arides, caractérisées par des variations de température extrêmes et de faibles précipitations (Whittington-Jones, 2011). La faune, confrontée à ces conditions, a dû développer diverses adaptations pour survivre dans ces régions. Parmi ces adaptations, la construction de structures tridimensionnelles souterraines appelées « terriers » a évolué dès le Carbonifère et pourrait avoir contribué au succès de nombreuses formes de vie précoces du règne animal. Ce fut probablement le premier type d'« abri » chez les vertébrés (Kinlaw, 1999 ; Whittington-Jones et al., 2011).

Dans le contexte actuel de réchauffement climatique, marqué par une augmentation des événements extrêmes, une perte accélérée de biodiversité et l'émergence de nouvelles maladies (Millennium Ecosystem Assessment, 2005 ; IPCC, 2023), les terriers pourraient jouer un rôle crucial dans la préservation des écosystèmes, mais également dans la transmission de pathogènes. En tant que micro-habitats stables face aux perturbations climatiques croissantes, ils contribuent à maintenir des refuges pour diverses communautés végétales et animales, rendant ainsi les écosystèmes plus résilients (Hausmann et al., 2018 ; Sun et al., 2021). Par ailleurs, les terriers peuvent servir de zones de rencontre pour diverses espèces, facilitant potentiellement le partage de pathogènes (Diatta et al., 2005; Coppola, Maestrini et al., 2020). L'empiètement croissant des activités humaines sur les territoires des animaux, et par conséquent sur les zones de terriers, peut engendrer un déséquilibre écologique, favorisant l'émergence de nouvelles maladies transmissibles à l'homme et vice versa, appelées zoonoses. Ainsi, une approche One Health, intégrant la santé humaine, animale et environnementale (FAO et al., 2008), est essentielle pour l'étude des terriers afin de mieux comprendre les dynamiques écologiques futures et l'émergence de nouvelles zoonoses.

## 1.2 Construction et structure des terriers

Les espèces qui construisent les terriers sont appelées « ingénieurs des écosystèmes » (Bragg et al., 2005 ; Gálvez-Bravo et al., 2009 ; Whittington-Jones et al., 2011). Ils sont définis comme des organismes modifiant directement ou indirectement la disponibilité des ressources pour d'autres espèces, en provoquant des changements dans l'état physique des matériaux biotiques ou abiotiques (Jones et al., 1994). Ces ingénieurs appartiennent à quatre taxons différents : les mammifères, les reptiles, les oiseaux et les invertébrés (Coggan, 2018). Les terriers construits par ces ingénieurs peuvent varier en type. Un exemple représentatif en Afrique subsaharienne est celui de l'oryctérope, *Orycteropus afer* (P., 1766), qui construit différents terriers classés en trois catégories par Smithers (1971), Melton (1976) , Skinner et Smithers (1990) :

- Les terriers creusés lorsque l'animal cherche de la nourriture, qui sont peu profonds ou parfois assez grands pour recouvrir le corps de l'animal ;
- Les terriers utilisés comme refuge temporaire, qui peuvent mesurer plusieurs mètres de long ;
- Les terriers les plus complexes, composés d'une ou plusieurs entrées appelées « gueules », donnant sur une ou plusieurs chambres généralement d'un mètre de large pouvant servir à la reproduction.

### 1.3 Fonctions des terriers dans les écosystèmes

Les ingénieurs des écosystèmes, en construisant des terriers, répondent non seulement à leurs propres besoins spécifiques, mais remplissent également diverses fonctions écologiques importantes. Ces fonctions peuvent être regroupées en cinq catégories distinctes (Figure 1) (Sun et al., 2021). Premièrement, le renouvellement du sol (1), grâce à l'apport de grandes quantités de sédiments des couches profondes à la surface qui modifie les propriétés physico-chimiques du sol (2) et influence les communautés végétales (3). Deuxièmement, les terriers fournissent des ressources limitées (4), telles que des abris contre les prédateurs, des refuges thermiques, des ressources alimentaires et des sites d'accouplement pour diverses espèces. Ces ressources attirent différentes espèces, formant des communautés commensales des terriers (5).

La composition et la richesse en espèces au sein de ces communautés peuvent varier considérablement en fonction des sites, comme le montre une étude réalisée en Afrique du Sud par Whittington-Jones et al. (2006) portant sur trois zones distinctes avec des terriers d'oryctérope. Les communautés et les richesses en espèces animales différaient selon les sites présentant des paramètres environnementaux différents, notamment le type de sol, la végétation et la topographie. Par exemple, les sites caractérisés par des sols sableux et une topographie composée de plaines et de pentes colluviales abritaient une richesse et une diversité spécifiques plus élevées par rapport à ceux présentant des sols argileux et une topographie composée de montagnes à flancs raides.

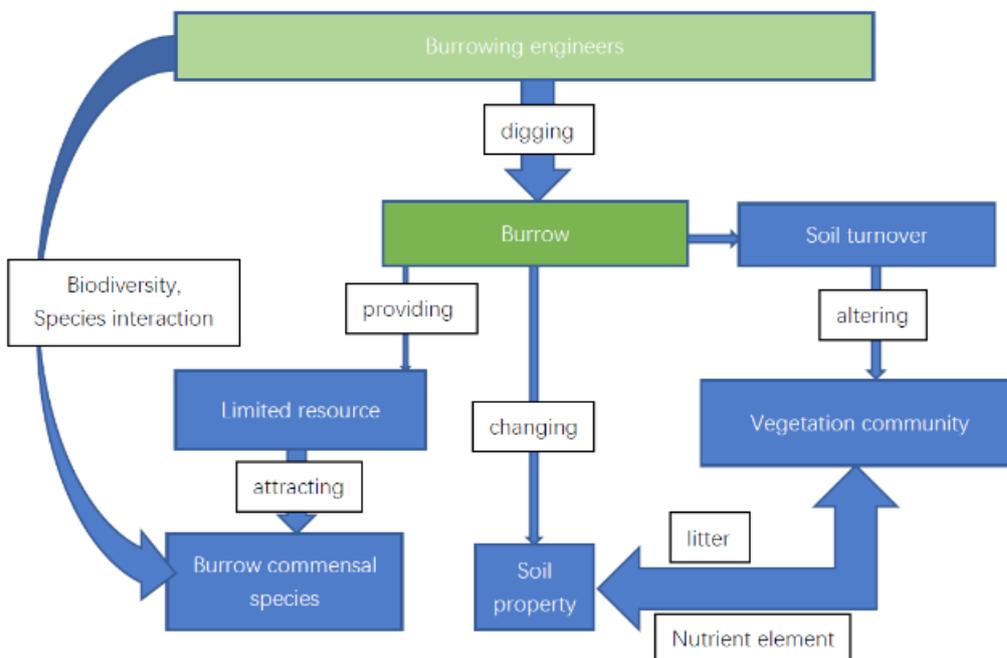


Figure 1 : Schéma des fonctions écologiques remplies par les ingénieurs des écosystèmes (Sun et al., 2021).

## 1.4 Fréquentation des terriers par la faune

Une diversité taxonomique animale remarquable fréquente les terriers, comprenant au moins 58 % des mammifères terrestres (Coppola et al., 2020), ainsi que des reptiles, des oiseaux et des arthropodes (Kinlaw, 1999). Les terriers sont ainsi utilisés par une variété considérable d'espèces qui peuvent être réparties en quatre catégories (Kinlaw, 1999) :

- Excavateurs primaires : il s'agit des ingénieurs des écosystèmes qui creusent activement les terriers, tels que le porc-épic, *Hystrix cristata* (L., 1758), et l'oryctérope (*Orycteropus afer*) ;
- Modificateurs secondaires : ils habitent et adaptent les terriers existants sans nécessairement les creuser eux-mêmes, comme la mangouste à queue blanche, *Ichneumia albicauda* (C., 1829) ;
- Occupants simples : ils occupent les terriers sans participer à leur construction ni à leur modification, comme certains mammifères tel que les chiroptères de la famille des Nycteridae (Monadjem et al., 2020) ou encore des oiseaux comme l'hirondelle bleue, *Hirundo atrocaerulea* (S., 1850) (Evans et Bouwman, 2010) ;
- Commensaux : ils dépendent des terriers pour leur habitat, mais leur relation avec ces derniers peut varier en termes d'obligation et de dépendance tels que des reptiles comme le python des rochers, *Python natalensis* (F., 1833) (Kinlaw, 1999).

## 1.5 Les terriers, zones de contacts interspécifiques

Des études démontrent que de nombreuses espèces fréquentent un même terrier, un phénomène connu sous le nom de « cooccurrence interspécifique » (Kinlaw, 1999 ; Di Blanco, Desbiez, Francescantonio et Bitetti, 2020 ; Andersen, Bennett et Holbrook, 2021). Par exemple, les terriers d'oryctéropes peuvent être occupés par plus de 21 espèces de mammifères (Skinner et Smithers, 1990), 16 espèces d'oiseaux (Hockey et al., 2005) et diverses espèces d'invertébrés, incluant des parasites tels que des tiques du genre *Ornithodoros*, des puces, des acariens et des asticots hématophages, capables de survivre plusieurs mois dans les terriers sans apport alimentaire (Cumming, 1970 ; Peirce, 1974).

Cette concentration faunique dans un espace restreint, combinée aux conditions d'humidité, de chaleur et à l'accès régulier à des hôtes, facilite la transmission de pathogènes entre espèces, incluant virus, bactéries et parasites (Whittington-Jones, 2006). Cette dynamique présente un risque croissant pour les humains, en raison de l'empiètement accru sur les habitats naturels, entraînant une augmentation des interfaces de contact entre espèces et, par conséquent, une intensification des transmissions de pathogènes, aboutissant à des zoonoses.

### 1.5.1 Etapes de transmission de pathogènes à l'humain

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), les zoonoses sont définies comme des « maladies et infections qui sont transmises naturellement entre les animaux vertébrés et les humains » (FAO/WHO Expert Committee on Zoonoses et al., 1959). Elles représentent environ 60 % des maladies infectieuses connues et jusqu'à 75 % des maladies infectieuses émergentes dans le monde (Jones et al., 2008). Elles sont également responsables de près de 2,7 millions de décès chaque année (Gebreyes et al., 2014). Dans ce contexte, il est crucial de comprendre comment ces zoonoses peuvent franchir la barrière entre les espèces animales et les humains.

La transmission de pathogènes aux humains peut être classifiée en cinq stades, comme illustré à la Figure 2 et décrit par Wolfe et al. (2007) :

- Stade 1 : pathogènes présents exclusivement chez la faune dans des conditions naturelles. Par exemple, les parasites du genre *Plasmodium*, responsable du paludisme, qui tendent à être spécifique à une espèce hôte ou à un groupe d'espèces hôtes étroitement apparentées ;
- Stade 2 : pathogènes animaux transmis à l'humain sans transmission établie entre humains, tels que *Bacillus anthracis* (agent du charbon), le virus Nipah ou la rage ;
- Stade 3 : pathogènes animaux capables de réaliser quelques cycles de transmission secondaire entre humains, générant des épidémies humaines occasionnelles. Cela inclut souvent des maladies graves et mortelles, comme les infections par des filovirus tels qu'Ebola ;
- Stade 4 : pathogènes avec un cycle naturel d'infection chez les animaux et une transmission secondaire significative entre humains. Des exemples bien connus incluent le virus de la fièvre jaune, de la dengue et de la grippe A ;
- Stade 5 : pathogènes exclusivement transmis entre humains. Parmi ceux-ci figurent le virus de la rougeole, *Treponema pallidum* (agent de la syphilis) et le VIH-1.

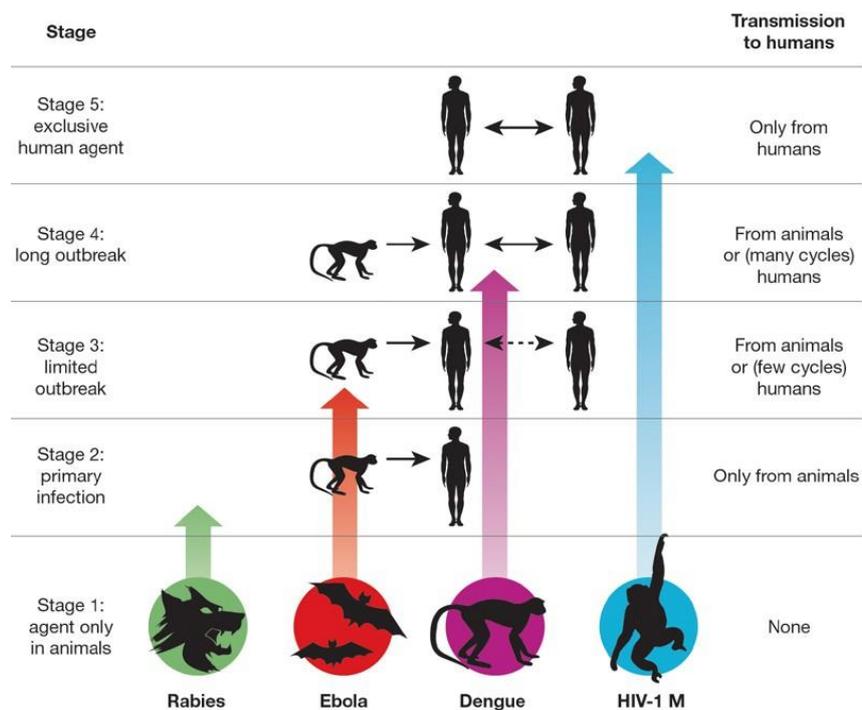


Figure 2 : Stades de transmission des agents pathogènes à l'humain (Wolfe et al., 2007).

La transition entre ces étapes est influencée par divers facteurs, notamment l'abondance des hôtes existants, le type de pathogène et la fréquence des contacts directs ou indirects, ainsi que les voyages internationaux (Wilson, 1995 ; Taylor, 2001). Ces contacts peuvent se produire par différentes voies : par l'air, via des vecteurs tels que les moustiques ou des parasites comme les tiques, par l'alimentation, ou par des contacts directs ou étroits avec des fluides corporels tels que le sang, les excréments ou la salive (Morse, 1995). Un autre facteur crucial est la distance phylogénétique entre les hôtes, qui affecte la capacité des pathogènes à franchir les barrières entre les espèces (Antia, 2003).

### 1.5.2 Espèces fréquentant les terriers présentant un risque zoonotique

Parmi les espèces fréquentant les terriers, les mammifères représentent le groupe le plus souvent associé aux agents pathogènes zoonotiques. Ceci s'explique par la faible barrière phylogénétique au transfert d'agents pathogènes entre certaines espèces de mammifères et les humains. Les primates non humains, par exemple, partagent un microbiote similaire à celui des humains. Bien qu'ils ne constituent que 0,5 % de toutes les espèces vertébrées, ils sont responsables d'environ 20 % des principales maladies humaines (Wolfe et al., 2007).

En Afrique du Sud, des primates du genre *Chlorocebus* ont notamment été observés comme fréquentant les terriers à des fins d'abris thermiques (Turner et al., 2019). Parmi les espèces de ce genre, les singes verts, *Chlorocebus sabaues* (L., 1766), présentent un risque accru de transmission de pathogènes en raison de leur contact étroit avec les humains à travers les camps touristiques, le bétail et les animaux de compagnie (Brennan et al., 1985 ; Thatcher et al., 2019). La littérature mentionne différents pathogènes portés par les primates du genre *Chlorocebus*, notamment les adénovirus, qui sont des contributeurs majeurs aux maladies cliniques. Ces virus peuvent provoquer des infections respiratoires légères chez les jeunes enfants et des maladies multi-organiques potentiellement mortelles chez les personnes immunodéprimées (Mancuso et al., 2023). En outre, les singes verts peuvent héberger divers helminthes et parasites, tels que *E. histolytica/dispar*, *B. hominis*, *Cyclospora* sp. et *Cryptosporidium*, ainsi que *Coccidia* spp., *Strongyloides* spp., *Trichuris* spp., *Ascaris* spp. et *Oesophagostomum* spp. Ces parasites sont connus pour être les agents causatifs les plus fréquents de diarrhées débilantes chez les individus immunocompétents et immunodéprimés (Pape et al., 1994 ; Chacin-Bonilla et al., 1992, 2001).

Les rongeurs, qui représentent environ 40 % des espèces de mammifères, et les chauves-souris, environ 20 %, sont également parmi les taxons les plus susceptibles d'abriter et de transmettre des maladies zoonotiques (Gupta et al., 2021 ; Rozenbaum, 2021). Leur capacité à transmettre directement ou indirectement un large éventail d'agents pathogènes microbiens est bien établi. Les chauves-souris, par exemple, agissent comme réservoirs pour divers agents viraux, allant des *flavivirus* et de la rage aux nouveaux *coronavirus* (CoV) (Gupta et al., 2021). En Afrique de l'Ouest, la famille des *Nycteridae*, qui fréquente les terriers (Monadjem et al., 2020), a notamment été associée à la présence de coronavirus (Annan et al., 2013).

Les phacochères au Sénégal représentent également un risque de transmission en raison de leur contact étroit avec les humains, notamment à travers la chasse pour la viande de brousse et la proximité avec les élevages de porcs au Sénégal (Vassiliades, 1973). Cette espèce peut être porteuse de divers pathogènes, tels que le nématode *Trichinella spiralis* ou la bactérie *Bacillus anthracis*, responsables respectivement de la trichinose et de l'anthrax chez l'humain (Dhanasekaran et Thangaraj, 2014).

Parmi les invertébrés, les tiques du genre *Ornithodoros* sont vecteurs de pathogènes, tels que *Borrelia burgdorferi*, responsable de la maladie de Lyme, et *Borrelia crocidurae*, causant la fièvre récurrente à tiques en Afrique de l'Ouest (Cumming, 1970 ; Peirce, 1974).

Les virus de la famille des Flaviviridae, responsables de l'encéphalite à tiques, et le virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo, appartenant au genre *Nairovirus* de la famille des *Bunyaviridae*, sont également transmis par les tiques (Parola et al., 2004). En outre, les terriers peuvent héberger des phlébotomes porteurs du protozoaire *Leishmania*, responsable de la leishmaniose (Reichman et Smith, 1990).

## 1.6 Méthodes d'étude de la faune des terriers

Différentes méthodes existent pour recenser la faune fréquentant les terriers. Les pièges Sherman sont utilisés pour capturer et identifier les petits mammifères (Perrin et Johnson, 1999), tandis que les pièges à chutes permettent de collecter les petits invertébrés à l'entrée des terriers (Ward, 2001). Des observations directes opportunistes et des observations indirectes, telles que la reconnaissance des traces à l'entrée des terriers, peuvent également être effectuées en se basant sur des guides spécialisés (Stuart et Stuart, 2000).

Des méthodes alternatives existent, offrant une moindre présence sur le terrain et une approche moins invasive pour les espèces. Parmi celles-ci, les pièges acoustiques, bien que dépendants des connaissances acoustiques des espèces et sensibles aux bruits extérieurs, sont utilisés pour la détection sonore de la faune (Truskinger, 2014). Les pièges photographiques, quant à eux, sont largement répandus pour le suivi de la faune des terriers (Khwaja et al., 2019 ; Lehmann et al., 2020 ; Bruce et al., 2018 ; Matthews et al., 2023). Ils représentent une alternative efficace aux méthodes plus invasives (ex. pièges Sherman, pièges à chutes) et demandent moins d'efforts sur le terrain. Enfin, l'ADN environnemental (ADNe) qui permet l'identification des espèces cryptiques cibles (Taberlet et al., 2012).

### 1.6.1 Pièges photographiques

Depuis leurs débuts rudimentaires à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, les pièges photographiques ont connu une évolution significative. Initialement, ces équipements lourds nécessitaient des systèmes complexes et des déclencheurs mécaniques (Kucera et al., 2011). Les années 1950 ont vu l'introduction de dispositifs plus compacts et fiables, utilisant des déclencheurs à fil et à faisceau lumineux pour capturer la faune en action. De nos jours, il existe de nombreux modèles de pièges photographiques, basés sur un principe commun : ce sont des dispositifs activés automatiquement, soit par un paramétrage de temps, soit par un mécanisme tel qu'un câble, ou encore par l'interruption d'un faisceau infrarouge passif détectant un changement de température. Ils sont utilisés pour capturer des photos ou des vidéos d'un ou plusieurs individus lors de leur déclenchement (Meek et al., 2015).

L'utilisation des pièges photographiques est omniprésente dans les études fauniques et offre plusieurs avantages, tels que des déploiements prolongés et non invasifs, permettant d'obtenir une analyse précise des populations animales (Trolliet et al., 2014). Ces dispositifs sont particulièrement bénéfiques pour l'étude des espèces rares, cryptiques et sous-étudiées, telles que celles vivant dans des terriers. Par exemple, les pièges photographiques ont été utilisés pour l'étude d'espèces de taxonomie et de taille différentes vivant dans les terriers, telles que des oiseaux comme le pétrel gris, *Procellaria cinerea* (G., 1789) et le pétrel bleu, *Halobaena caerulea* (G., 1789) (Bird et al., 2022), des reptiles comme le grand scinque du désert, *Liopholis kintorei* (S., 1893) (Ridley et al., 2023) ou le python indien, *Python molurus* (L., 1758) (Mukherjee et al., 2017), et des mammifères tels que des rongeurs ou des chauves-souris (Kondo, 2018).

## 1.6.2 Analyses génétiques

Les analyses d'ADN environnemental (ADNe) représentent une technique qui suscite une attention et une utilisation croissantes dans la gestion de la faune. La méthode consiste à prélever des échantillons environnementaux tels que de l'eau, du sol ou de l'air et à les tester afin de détecter la présence de courts brins d'ADN rejetés par les organismes dans l'environnement (Taberlet et al., 2012). Dans le cas des terriers, les échantillons de sol pourraient être utilisés pour identifier les espèces présentes (Katz et al., 2020). Cependant, la capacité à détecter l'ADNe dépend de son taux de production et de sa persistance dans le sol, qui sont soumis à différents facteurs environnementaux tels que le pH, la température, les UV et la teneur en carbone du sol (Sirois et al., 2019). Cette capacité diffère également selon la taxonomie de l'espèce animale qui produit l'ADN (Adams et al., 2019). Une courte durée de vie de l'ADN est idéale pour obtenir des informations sur la présence immédiate des espèces. Toutefois, si l'ADN se dégrade trop rapidement, cela réduit la capacité globale à détecter de nouvelles espèces (Ratsch et al., 2020). Il est donc plus efficace de cibler des échantillons biologiques contenant une plus grande part de matériel génétique, tels que les matières fécales, les poils ou la salive. Ces échantillons permettent d'identifier les espèces ainsi que les pathogènes potentiellement zoonotiques grâce à l'ADN qu'ils contiennent, sans avoir recours à la capture de l'animal (Auffray et al., 2006 ; Gagnon et al., 2022).

Les analyses de l'ARN 16S et les RT-PCR ciblées peuvent être utilisées pour identifier les pathogènes présents dans les échantillons biologiques. Les analyses 16S reposent sur le séquençage du gène de l'ARN ribosomal 16S, une méthode clé pour étudier la diversité bactérienne et archéenne. Cette approche permet d'identifier les bactéries en amplifiant une région conservée de l'ADNr 16S, suivie de son séquençage et de son analyse comparative avec des bases de données de référence telles que SILVA (Klindworth et al., 2013). Les RT-PCR ciblées, quant à elles, sont utilisées pour identifier les virus et autres pathogènes spécifiques en amplifiant des régions génomiques particulières. Cette méthode repose sur l'utilisation d'amorces spécifiques aux séquences virales cibles, permettant une détection sensible et précise des agents pathogènes viraux dans les échantillons (Gallagher et al., 2017).

## 1.6.3 Etude des interfaces de contacts entre humains et primates non humains

En raison des chevauchements biologiques, phylogénétiques et comportementaux entre les humains et les primates non humains, l'étude des interactions et des interfaces de contact entre les deux groupes revêt une importance particulière (Fuentes et al., 2002). Aucun autre groupe d'organismes sur la planète ne partage autant de structures et de comportements avec l'humain (Fuentes, 2006). Ces interactions peuvent, d'une part, être bénéfiques pour l'espèce, notamment en augmentant l'efficacité de la recherche de nourriture pour les primates commensaux, c'est-à-dire ceux qui tirent parti de la nourriture humaine, des déchets ou des cultures pour compléter leur régime alimentaire ou en faire leur principale ressource alimentaire (Gautier et al., 1994), et en réduisant les pressions de prédation (Brennan et al., 1985). D'autre part, elles peuvent être préjudiciables en entraînant des conflits potentiels tels que des agressions accrues de la part des humains et des primates (Brennan et al., 1985), ainsi que des risques de transmission de pathogènes entre espèces, tels que des zoonoses (Chapman et al., 2005 ; Devaux et al., 2019).

Actuellement, l'empiétement croissant de l'activité humaine sur les habitats naturels des primates augmente les zones d'interface, favorisant les interactions entre les humains et les primates non humains (McKinney, 2015). Cette anthropisation de l'environnement menace plus de 50 % des populations de primates (Cowlshaw and Dunbar, 2000; Chapman and Peres, 2001). Néanmoins, certaines espèces montrent une capacité remarquable à survivre dans ces environnements, telles que les zones agricoles, rurales et urbanisées (McKinney, 2015). Les cercopithécinés, par exemple, tolèrent diverses perturbations de l'habitat, avec 79 % des espèces affichant une résistance relative (Albert et al., 2014). Cette tolérance est due à leur flexibilité écologique et comportementale, comme leur capacité à ajuster leur régime alimentaire et leur utilisation de l'habitat aux pressions anthropiques (Biquand et al., 1994, Rowe et Myers, 2011, Saj et coll., 2001). Parmi les cercopithécinés, les macaques (*Macaca* spp.), les babouins (*Papio* spp.) et les singes vervets (*Cercopithecus* spp.) sont particulièrement visibles dans les zones anthropisées (Pristonet McLennan, 2013 ;Chapman et al., 2016 ; Thatcher et al., 2019). Les singes vervets, en particulier, sont fréquemment retrouvés dans les cultures et campements touristiques en Afrique (Brennan et al., 1985 ; Thatcher et al., 2019), ce qui en fait une espèce idéale pour étudier les interfaces des contacts entre humains et primates non humains et les transmissions de pathogènes. L'étude de Brennan et al. (1985) au Kenya a d'ailleurs démontré des attaques fréquentes de vervets envers des touristes, pouvant impliquer des risques de transmission de pathogènes via des morsures.

## 1.7 Le singe vert

### 1.7.1. Classification taxonomique

Ordre : Primate

Sous-ordre : Haplorrhini

Infra-ordre : Simiiformes

Micro-ordre : Catarrhini

Famille : Cercopithecidae

Espèce : *Chlorocebus sabaesus* (L., 1766)



Figure 3 : Singe vert (*Chlorocebus sabaesus*) (Vandebos Jérôme).

Le genre *Chlorocebus*, communément appelé les « singes vervets », est classé dans la famille des *Cercopithecidae*, qui comprend 13 genres au total : *Allenopithecus*, *Allochrocebus*, *Cercocebus*, *Cercopithecus*, *Chlorocebus*, *Erythrocebus*, *Lophocebus*, *Macaca*, *Mandrillus*, *Miopithecus*, *Papio*, *Rungwecebus*, et *Theropithecus* (ITIS, 2024). Cette famille regroupe 78 espèces et 94 sous-espèces endémiques du continent africain, à l'exception notable du genre *Macaca*, principalement présent en Asie de nos jours (Wilson, 2005).

Le singe vert (*Chlorocebus sabaues*), également connu sous le nom de singe sabaues ou singe callithrix, se distingue des autres espèces de son genre par sa fourrure vert doré, ses mains et pieds pâles, et son bout de queue jaune doré, ainsi que par l'arrière des cuisses et les moustaches des joues. Le scrotum de cette espèce est d'un bleu très pâle (Kingdon, 2015) (Figure 3). Sur la liste rouge de l'IUCN, l'espèce est classée comme étant de préoccupation mineure (IUCN, 2020).

### 1.7.2 Répartition

Le genre *Chlorocebus* est principalement distribué en Afrique, comme illustré dans la Figure 4 de Williams et al. (2021), où il est endémique. Le singe vert, en particulier, est largement présent en Afrique de l'Ouest, avec une aire de répartition s'étendant du Sénégal, y compris le parc national du Niokolo-Koba et le Delta du Saloum, à l'ouest de la Guinée-Bissau jusqu'au Ghana. Cette espèce a également été introduite à Barbade, Saint-Martin, Saint-Kitts-et-Nevis dans les Caraïbes, ainsi qu'au Cap-Vert (Gippoliti, 2003; Kingdon, 2015).

Les singes verts sont également couramment utilisés au Canada dans les laboratoires pour la recherche médicale sur l'épidémiologie et la virologie du virus de l'immunodéficience humaine (VIH), du virus de l'immunodéficience simienne (SIV), du virus de la leucémie à cellules T simiennes (STLV), de l'herpès, de l'hépatite, des vaccins et de la dentisterie (IUCN, 2020).

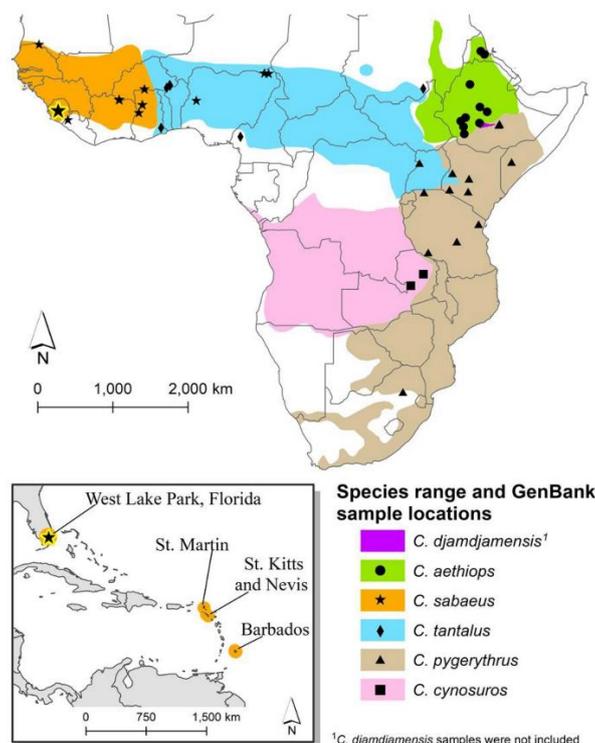


Figure 4 : Répartition du genre *Chlorocebus* (Williams et al., 2021).

### 1.7.3 Habitat et écologie

*C. sabaesus* occupe divers habitats incluant les forêts-galeries, les savanes à acacias, les savanes du Sahel, les savanes de Guinée, les mosaïques savane-forêt, les forêts de mangrove et les lisières des forêts tropicales humides de plaine (Gippoliti, 2003; Galat et Galat-Luong, 2013). Les singes verts vivent en groupes de différentes tailles selon leur environnement. Dans les environnements riches comme les plantations et autres zones anthropisées, ils vivent en petits groupes de moins de 36 individus sur des domaines vitaux restreints (15 à 30 ha). En revanche, dans des habitats plus pauvres, ils forment de plus grands groupes allant jusqu'à 170 individus, avec des domaines vitaux pouvant varier de 40 à 160 ha, comme observé dans la réserve de Bandia au Sénégal où le domaine vital peut s'étendre sur 138 ha pendant la saison sèche, lorsque les singes recherchent de l'eau (Galat-Luong et al., 2016; Galat et Galat-Luong, 1976). Au Sénégal, la taille des groupes varie de 8 à 174 individus, et les grands groupes se divisent en sous-groupes dirigés par un seul mâle pendant la saison des pluies et des naissances (Galat et Galat-Luong, 1977; Galat, 1983). Les singes verts vivent souvent en groupes comprenant plusieurs mâles et plusieurs femelles, avec un mâle dominant. Ils émettent des cris territoriaux forts à l'aube et au coucher du soleil pour indiquer la position du groupe, souvent à partir d'un seul grand arbre.

Diurnes et semi-terrestres, les singes verts passent de 28 % à 61 % de leur temps au sol, 20 % à 80 % à une hauteur de 0 à 5 m, 12 % à 20 % à une hauteur de 5 à 10 m, et 2 % à 8 % à une hauteur de 10 à 20 m. Ils peuvent rarement grimper au-dessus d'une hauteur de 20 mètres et sont capables de nager (Galat-Luong, 1976; Galat, 1983; Galat-Luong et al., 2016). *C. sabaesus* est un omnivore généraliste et opportuniste (Galat et al., 2009), son alimentation est variée et comprend des fruits (24-50 %), des feuilles (28-50 %), des graines (13 %), des fleurs (3-13 %), des bourgeons, des jeunes rameaux, des tiges, de l'écorce, de la gomme (11-15 %), des invertébrés (5-50 %), ainsi que des vertébrés comme des œufs d'oiseaux, des lézards et de petits mammifères. Ils consomment également des épines d'Acacia seyal, des champignons, des fèces d'oiseaux et parfois du sol de termitières (Galat et Galat-Luong, 1977; McGrew et al., 1978; Galat, 1983; Harrison, 1983).

Dans des conditions non anthropisées, une étude menée par Harrison (1982) dans le Parc Niokolo-Koba au Sénégal a montré que les singes verts consacrent 44,8 % de leur temps à la recherche de nourriture, 46,7 % au repos, et 8,5 % à des activités sociales. En milieu anthropisé, une étude menée en Ouganda par Saj (1998) a montré que les singes verts peuvent ajuster significativement cette allocation de temps entre différentes activités. Par exemple, leur temps consacré à la recherche de nourriture peut diminuer à 30 %, tandis que leur régime alimentaire peut comprendre jusqu'à 50,2 % de nourriture humaine, plus riche en calories, réduisant ainsi le temps nécessaire à la recherche de nourriture et augmentant le temps alloué au repos jusqu'à 56 %, avec une diminution du temps consacré au déplacement jusqu'à 10 %.

## 1.8 Objectifs

L'objectif de ce travail de fin d'étude s'inscrit dans la continuité de l'étude réalisée en 2023 par Daelemans sur 42 terriers du parc national du Niokolo-Koba au Sénégal. Cette étude a révélé la présence de 18 espèces fréquentant les terriers, 33 co-occurrences d'espèces et divers pathogènes chez la faune des terriers (Daelemans, 2023). Toutefois, le recours à un échantillonnage non systématique pourrait avoir non seulement limité la capacité de cette étude à caractériser l'influence des paramètres environnementaux sur la fréquentation des terriers, mais également modifié les résultats obtenus.

Cette étude vise donc à caractériser les terriers en intégrant une méthodologie d'échantillonnage systématique, afin de mieux comprendre l'impact des paramètres environnementaux sur la fréquentation des terriers par la faune.

De manière plus spécifique, ce travail de recherche a pour objectifs :

(i) Caractériser les terriers à travers un échantillonnage systématique par transects afin d'évaluer l'influence des différents paramètres environnementaux sur la fréquentation des terriers.

(ii) Identifier et quantifier les potentielles nouvelles espèces et co-occurrences d'espèces dans les terriers.

(iii) Identifier les pathogènes dont les espèces fréquentant les terriers sont vectrices, en particulier chez les singes verts, ainsi que les interfaces de contacts potentielles avec les êtres humains à travers les camps touristiques.

## 2. Matériel et méthode

### 2.1 Zone d'étude

#### 2.1.1 Localisation

La présente étude s'est déroulée au sein du parc national du Niokolo-Koba (PNNK) du 22 février au 30 avril 2024. Ce parc, d'une superficie approximative de 913 000 hectares, est situé dans le sud-est du Sénégal, entre les méridiens 13°42' et 13°30' de longitude ouest, et entre les parallèles 12°30' et 13°20' de latitude nord (Direction des parcs nationaux, 2018). Inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO et désigné comme réserve de biosphère depuis 1981 en raison de son potentiel biologique, le parc a été ajouté à la liste du patrimoine mondial en péril en 2007 en raison de diverses menaces telles que la divagation du bétail, le braconnage et le projet de construction du barrage de Sambagalou (Rapport SOC, 2024). Cependant, le 24 juillet 2024, le PNNK a été retiré de la liste du patrimoine mondial en péril en raison des efforts encourageants déployés par le Sénégal et de l'amélioration de l'état de conservation de ce site naturel (UNESCO, 2024).

Le parc est traversé par le fleuve Gambie et ses affluents, le Niokolo et le Koulountou, avec un écoulement du sud-est vers le nord-ouest. Administrativement, il couvre trois régions : Tambacounda (55,3 %), Kédougou (37,5 %) et Kolda (7,2 %) (Rapport Annuel, 2023). Cette étude s'est déroulée dans la région de Tambacounda du parc, spécifiquement dans deux zones distinctes (Figure 5). Premièrement, l'étude des terriers a été menée sur une superficie de 100 km<sup>2</sup> autour de la structure d'accueil « Niokolodge », située à proximité immédiate du fleuve Gambie. Lodge ayant pour but de promouvoir l'écotourisme, la recherche scientifique et la contribution à la conservation d'un parc inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO (Rapport SOC, 2024). Deuxièmement, l'étude des interactions entre les humains et les singes verts s'est déroulée au sein du camp touristique « Camp du Lion », situé à la confluence du fleuve Gambie et du Niokolo.

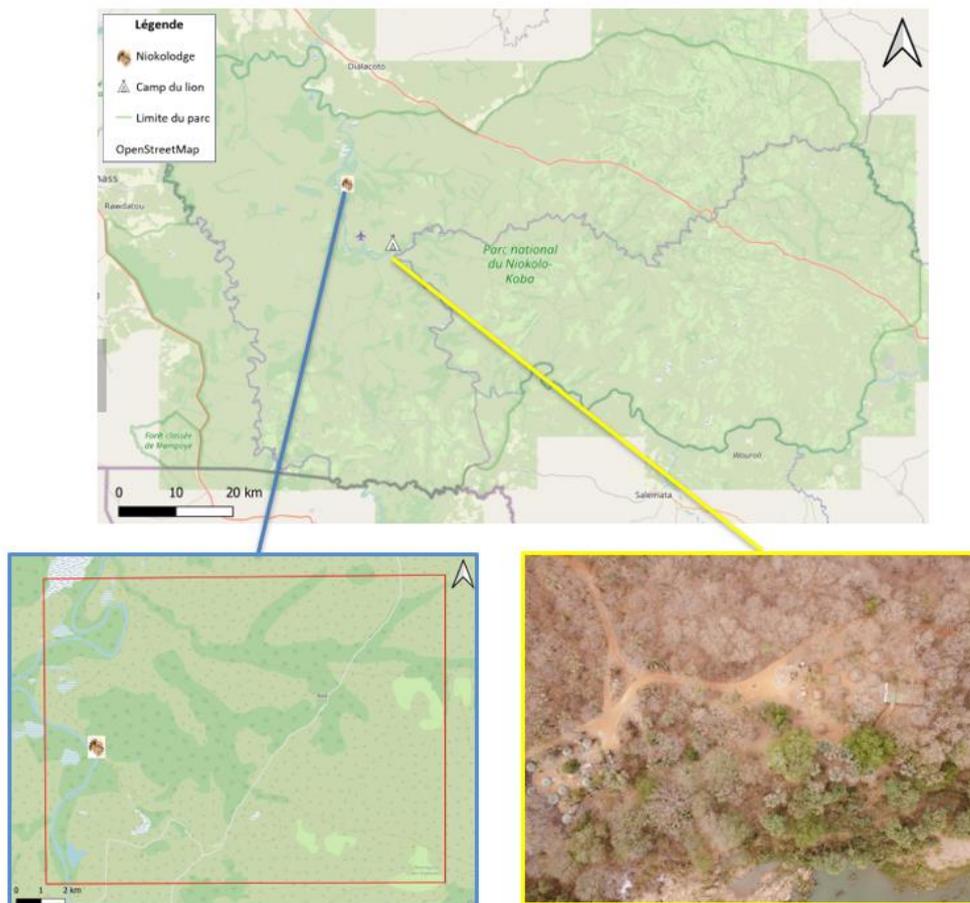


Figure 5 : Cartographie des zones d'études, OpenStreetMap.

## 2.1.2 Climat

Le PNNK présente un climat de type tropical soudanien (type Aw selon la classification de Köppen), caractérisé par deux grandes saisons distinctes. La saison des pluies s'étend de juin à octobre, avec des précipitations variant de 900 à 1200 mm (Direction des parcs nationaux, 2018). La saison sèche se déroule de novembre à mai, période pendant laquelle la dessiccation de la strate herbacée favorise la propagation des feux de brousse. La température moyenne annuelle est de 28,3°C, avec un minimum mensuel moyen d'environ 20°C à 25°C en janvier et décembre, et un maximum mensuel moyen de 35°C à 40°C en mai (Ba et al., 1997).

## 2.1.3 Types de sol et géomorphologie

Le parc peut être divisé en cinq catégories morphologiques spécifiques dans lesquelles les associations de sols sont typiques : les plateaux cuirassés, les glacis colluviaux, les plateaux et vallées à sols ferrugineux, les reliefs de roches basiques et les zones alluviales (Direction des Parcs Nationaux, 2018). Les types de sols les plus observés dans la zone d'étude des terriers (Figure 6) comprennent :

- Le complexe des lithosols, également connu sous le nom de Bowé, sur les plateaux cuirassés ( $I_1$ ) composé de roche latéritique ;
- Le complexe des régosols sur les glacis colluviaux, présentant une texture sablo-argileuse le long des cours d'eau Sinkari Boulou et du Woulou ( $VIII_1$  et  $X_1$ ) ;
- Le complexe des sols ferrugineux tropicaux sur les plateaux et vallées à sols ferrugineux ( $II_2$ ) ;
- Le complexe des sols alluviaux et hydromorphes des zones alluviales, présentant une texture argileuse ( $X_1$  et  $II_{15}+X_2$ ).

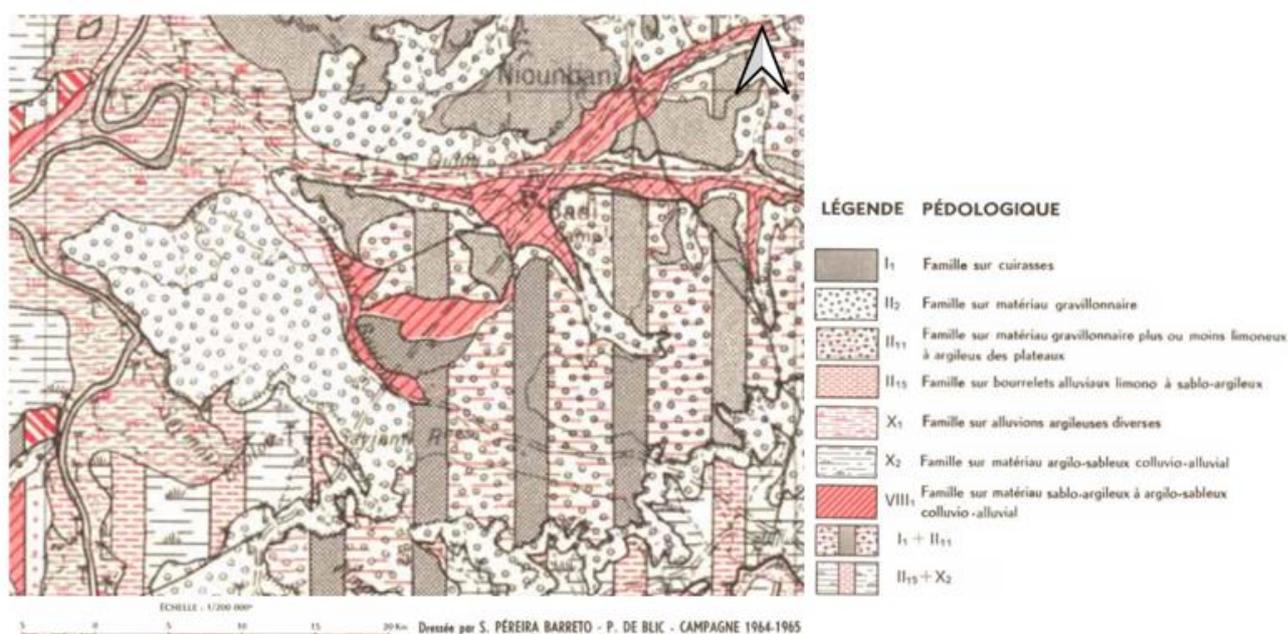


Figure 6 : Carte pédologique de la zone d'étude, issue de la carte pédologique du Sénégal, région de Tambacounda, 1966.

## 2.1.4 Types de végétation

Le PNKK est d'une richesse biologique exceptionnelle, abritant environ 1500 espèces de plantes à fleurs, ce qui représente 62 % des espèces de plantes à fleurs recensées au Sénégal, concentrées sur moins de 5 % du territoire national (Rapport SOC, 2024). Les formations végétales dominantes du PNKK se classent en neuf types distincts, influencés par la nature des sols et le relief (Direction des Parcs Nationaux, 2018 ; Arbonnier, 2019).

Les savanes constituent la formation végétale prédominante dans le parc, se distinguant par la densité et la nature des arbres ou des arbustes qui les composent. Quatre types de savanes sont présents dans le PNKK, chacun associé à des sols spécifiques (Direction des Parcs Nationaux, 2018 ; Arbonnier, 2019):

- La savane herbeuse : associée aux complexes des lithosols sur les plateaux cuirassés (*Bowé*), composés de roche latéritique et en bordures de certaines mares. Elle est caractérisée par une strate herbacée continue riche en individus mais pauvre en espèces. Les espèces dominantes incluent les graminées des genres *Andropogon* et *Pennisetum* ;
- La savane arbustive : localisée sur les plateaux et pentes des collines sur des régosols des glaciaires colluviaux. Elle présente une strate herbacée continue parsemée d'arbustes, combinant la présence d'arbustes avec une couverture herbacée dense. Les espèces dominantes comprennent des Combretaceae comme *Combretum glutinosum*, *Combretum nigricans*, *Terminalia macroptera* et *Terminalia avicennioides*. D'autres espèces notables sont *Strychnos spinosa*, *Pterocarpus lucens*, *Gardenia triacantha*, *Vitex madiensis*, ainsi que des graminées telles que *Andropogon pseudapricus*, *Hyparrhenia dissoluta* et *Schizachyrium semiberbe* ;
- La savane arborée : présente sur les plateaux et pentes des collines, généralement sur les complexes de sols ferrugineux tropicaux des plateaux et vallées. Elle se distingue par un taux de recouvrement des arbres compris entre 5 % et 25 %, avec un tapis herbacé continu. Les espèces dominantes incluent *Azelia africana*, *Vitellaria paradoxa*, *Stereospermum kunthianum*, *Xeroderris stuhlmanii* et *Terminalia macroptera*. La strate herbacée est composée de graminées comme *Diheteropogon amplexans*, *Andropogon pseudapricus* et *Diheteropogon hagerupii* ;
- La savane boisée : se trouve dans les dépressions entre les collines et aux bordures des vallées, souvent sur des complexes de sols ferrugineux tropicaux ou des sols hydromorphes. Elle est caractérisée par un taux de recouvrement des arbres compris entre 25 % et 50 %. La savane boisée présente une couverture dense d'arbres et d'arbustes avec une strate herbacée bien développée. Les espèces dominantes de la strate arborée comprennent *Azelia africana*, *Vitellaria paradoxa*, *Burkea africana*, *Pterocarpus erinaceus*, *Parkia biglobosa*, *Pericopsis laxiflora*, *Lanea acida*, *Cordyla pinnata* et *Stereospermum kunthianum*. La strate herbacée est dominée par des espèces des genres *Andropogon* et *Pennisetum*.

En dehors des savanes, les formations forestières sont également significatives dans le PNKK. Elles incluent les forêts claires et les forêts galeries (Direction des Parcs Nationaux, 2018 ; Arbonnier, 2019):

- La forêt claire : située sur des zones de sols profonds dans le lit majeur de certains cours d'eau, souvent sur des complexes de sols alluviaux et hydromorphes. Elle est caractérisée par un taux de recouvrement compris entre 50 % et 75 %, permettant aux rayons solaires de pénétrer, ce qui crée une formation forestière ouverte. Les arbres dominants incluent *Pterocarpus erinaceus*, *Piliostigma thonningii*, *Pericopsis laxiflora*, *Anogeissus leiocarpus* et *Xeroderris stuhlmannii*. La strate herbacée comprend des espèces comme *Pennisetum* et *Andropogon*. Elle comprend également des espèces ripicoles, c'est-à-dire celles se développant au bord de l'eau ou dans des zones humides, incluant *Ziziphus amphibia*, *Salix coluteoides*, *Cola laurifolia*, *Garcinia livingstonei*, *Alchornea cordifolia*, *Mallotus oppositifolius*, *Pterocarpus santalinoides*, *Cynometra vogelii*, *Symmeria paniculata*, *Hunteria elliotii*, *Syzygium guineense*, *Diospyros elliotii* et *Christiana africana* ;
- La forêt galerie : se trouve dans les vallées et zones plus humides que les plateaux environnants, souvent associées à des complexes de sols alluviaux et hydromorphes. Cette formation est caractérisée par un microclimat frais et humide favorable à une grande diversité végétale, avec des lianes abondantes et des arbres de grande taille. Les arbres atteignent souvent plus de 20 mètres de hauteur et incluent *Ceiba pentandra*, *Pseudospondias microcarpa*, *Cola cordifolia* et *Borassus aethiopum*. Les berges des cours d'eau abritent des espèces comme *Ziziphus amphibia*, *Salix coluteoides* et des épiphytes comme *Saba senegalensis*.

Les prairies marécageuses, les rôneraies et les bambusaies représentent d'autres formations végétales importantes dans le parc, en interaction avec des types de sols spécifiques (Direction des Parcs Nationaux, 2018 ; Arbonnier, 2019) :

- Les prairies marécageuses : situées aux étangs et mares dans les lits majeurs de la Gambie et de ses affluents, sur des complexes de sols alluviaux et hydromorphes. Elles sont constituées d'herbes annuelles ou vivaces de plus de 25 cm de haut, ne dépassant rarement 150 cm au-dessus des eaux. Les graminées aquatiques incluent *Arundinella nepalensis*, *Eichhornia natans*, *Eriochrysis brachypogon*, *Nymphoides indica*, *Oryza barthii* et *Vetiveria nigriflora*. Les bordures des étangs abritent *Borassus aethiopum* et *Piliostigma thonningii* ;
- Les rôneraies : se situent le long des berges et dans les zones humides, souvent sur des sols alluviaux et hydromorphes. Elles sont caractérisées par des peuplements denses de rôniers (*Borassus aethiopum*) ;
- Les bambusaies : se développent sur les sols argilo-sableux des vallées et les dépressions entre les collines, souvent sur des complexes de sols hydromorphes. Dans la zone d'étude, elles se trouvent le long du cours du Sinkari Boulou. Elles consistent en des peuplements de bambous formant des touffes denses. Le bambou (*Oxytenanthera abyssinica*) est la principale espèce, atteignant jusqu'à 13 mètres de haut.

### 2.1.5 La faune des terriers

Le PNKK abrite une faune exceptionnellement riche et diversifiée, comprenant 330 espèces d'oiseaux, 80 espèces de mammifères, 73 espèces de poissons, 36 espèces de reptiles, 20 espèces d'amphibiens ainsi qu'une entomofaune variée (Direction des Parcs Nationaux, 2018). Dans la zone étudiée (Figure 5), Daelemans (2023) a identifié 18 espèces pénétrant dans les terriers. Parmi ceux-ci figurent plusieurs mammifères, dont des primates tels que le singe vert (*Cercopithecus sabaesus*), le babouin de Guinée (*Papio papio*), et le singe patas (*Cercopithecus patas*). Le phacochère (*Phacochoerus africanus*), un suidé, a également été recensé. Parmi les rongeurs, le rat de Gambie (*Cricetomys gambianus*) et le porc-épic (*Hystrix cristata*) ont été observés. D'autres espèces notables comprennent le ratel (*Mellivora capensis*), la mangouste ichneumon (*Herpestes ichneumon*), la mangouste rayée (*Mungos mungo*), la civette (*Viverra civetta*), l'oryctérope (*Orycteropus afer*), ainsi que des chiroptères (*Chiroptera*). Enfin, plusieurs espèces d'oiseaux, telles que la pintade de Numidie (*Numida meleagris*), la poulette de roche (*Ptilophachus petrosus*), l'érémomèle à dos vert (*Eremomela pusilla*), le tchagra à tête noire (*Tchagra senegalus*), et le Gladiateur de Blanchot (*Malaconotus blanchoti*), sont également présent.

Ces terriers peuvent également être fréquentés simultanément par plusieurs espèces. Daelemans (2023) a observé des associations significatives entre certaines d'entre elles, notamment *Numida meleagris* partageant les terriers avec *Orycteropus afer* et *Phacochoerus africanus* cohabitant avec des chiroptères, ce qui indique une interaction courante. En plus de ces cooccurrences significatives, d'autres associations notables ont été relevées, telles que *Cercopithecus sabaesus* partageant les terriers avec *Numida meleagris* et *Orycteropus afer*, *Cercopithecus patas* avec *Mungos mungo* et *Eremomela pusilla*, ainsi que *Papio papio* avec *Numida meleagris*, *Orycteropus afer*, *Phacochoerus africanus*, et *Ptilophachus petrosus*.

## 2.2 Prospection

### 2.2.1 Carte phytogéographique

Afin d'assurer une prospection systématique et représentative des divers paramètres influençant la fréquentation des terriers, la végétation a été sélectionnée comme principal critère pour orienter la prospection sur le terrain. Étant donné que la végétation est influencée par les différents paramètres environnementaux au PNKK, elle constitue un indicateur significatif pour un échantillonnage de type stratifié.

Préalablement à la prospection sur le terrain, une photo-interprétation d'images satellitaires a été réalisée sur 1000 placettes de 25 mètres par 25 mètres, réparties de manière aléatoire sur la zone d'étude et interprétées manuellement sur la plateforme Collect Earth (Figure 7). Ces placettes ont été catégorisées selon la couverture ligneuse des principaux types de végétation de la zone, à savoir la forêt claire, la savane arbustive, arborée et boisée.



Figure 7 : Exemple de parcelle de photointerprétation sur Collect Earth Online.

La carte phytogéographique a ensuite été générée à l'aide de Google Earth Engine (Figure 8), en utilisant l'algorithme Random Forest, entraîné sur la base des données de photointerprétation des placettes et des 44 relevés de végétation réalisés par Daelemans (2023) autour des terriers. Cette approche visait à intégrer la bambousaie, difficile à classer uniquement sur la base du couvert végétal, et à renforcer les autres types de classes. La carte ainsi obtenue stratifie les zones à prospecter par transect, en se basant sur les cinq principaux types de végétation identifiés dans la zone d'étude (forêt claire, savane arbustive, savane arborée, savane boisée et bambusaie).

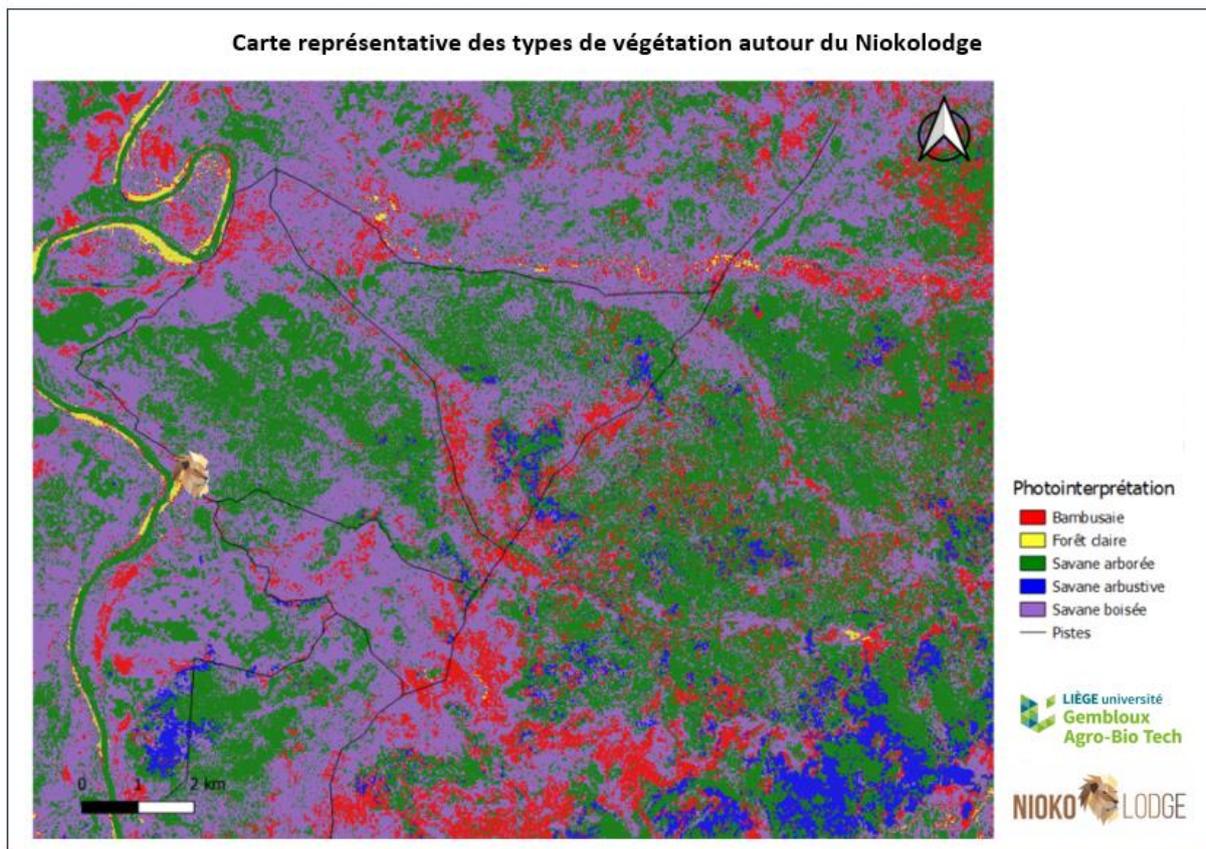


Figure 8 : Carte des types de végétation de la zone d'étude des terriers, Vandebos Jérôme.

## 2.2.2 Parcours des transects et caractérisation des terriers

Sur base de la carte phytogéographique du site d'étude (Figure 8), un total de 30 km de transects a été généré à l'aide du logiciel QGIS (Figure 9). Ces transects ont été disposés de manière à échantillonner chaque type de végétation de manière équitable, soit 6 km par type de végétation. Certains transects ont dû être déplacés après une reconnaissance sur le terrain en raison de zones inondées pendant la saison des pluies ou de sols trop durs pour être excavés par des animaux fouisseurs tels que le porc-épic et l'oryctérope (Kingdon, 2015).

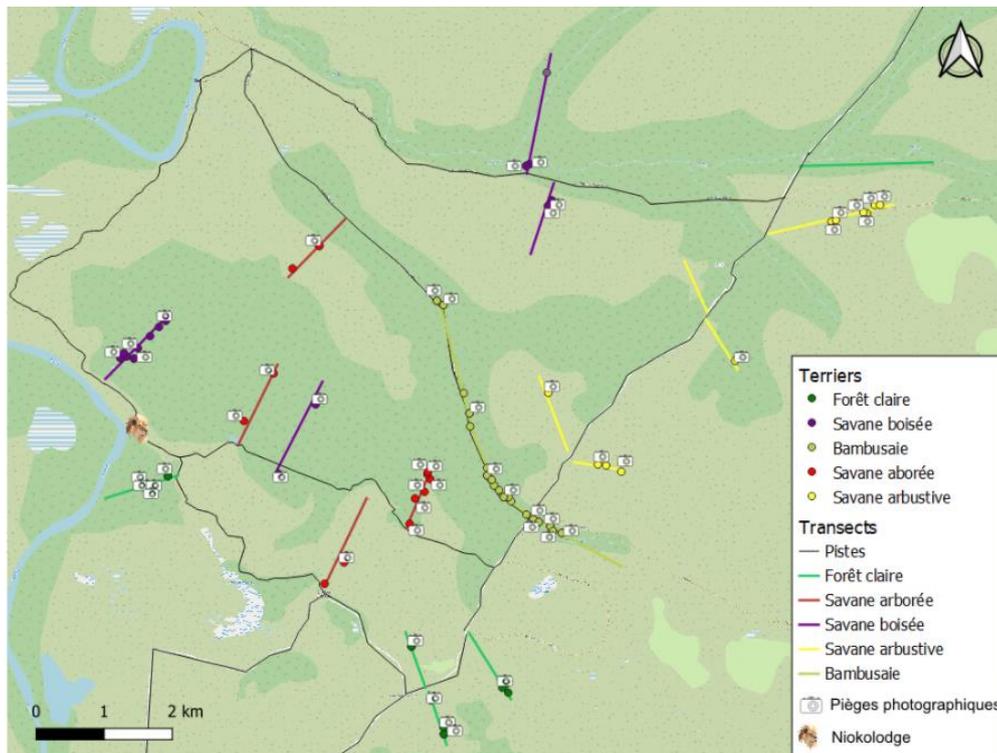


Figure 9 Localisation des transects et des terriers autour du Niokolodge, Vandebos Jérôme.

Pour chaque transect, les coordonnées de départ et d'arrivée ont été exportées depuis QGIS et transférées dans un GPS Garmin 66s. Sur le terrain, chaque transect a été parcouru à pied en ligne droite, principalement le matin (7h à 11h) et en fin d'après-midi (15h à 18h) en raison des fortes chaleurs. À chaque repérage d'un terrier le long du transect, les informations suivantes ont été enregistrées sur une fiche de terrain (Annexe 1) :

- Orientation des gueules : mesurée à l'aide d'une boussole et répartie en 8 directions (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) (McCoy et al., 1993) ;
- Nombre de gueules ouvertes et bouchées : dans un rayon de 25 m autour du terrier ;
- Géomorphologie : selon le relief de la zone ;
- Diamètre diagonal et vertical des gueules : mesuré à 10 cm à l'intérieur du terrier ;
- Couvert de la canopée (%) : estimé visuellement dans un rayon de 10 m autour de la gueule ;

- Type de végétation : conformément à la classification établie (cf. 2.2.1) ;
- Distances euclidiennes : à la piste, au transect et au fleuve, mesurées sur QGIS à l'aide de l'outil de mesure ;
- Présence d'insectes : observée sur les parois et à l'intérieur de la gueule du terrier ;
- Présence de brûlis : évaluée selon une échelle en trois catégories reprises dans la Figure 10 ;



Figure 10 : Photographies illustrant les catégories de brûlis ; Catégorie 1 : Feu récent, traces de carbone visibles sur le sol et les arbres, absence d'herbacées et de régénération ,Catégorie 2 : Feu de brousse survenu il y a plus d'un mois, régénération de la végétation observable, Catégorie 3 : Feu de brousse ancien, présence de hautes graminées, absence de traces de carbone.

- Traces d'animaux : classifiées selon trois catégories repris dans la Figure 11 ;



Figure 11 : Photographies illustrant les catégories de fréquentation des terriers ; Catégorie 1 : Fréquentation élevée, traces et paroi lissées, peu de débris à l'entrée du terrier, Catégorie 2 : Fréquentation moyenne, feuilles dispersées et tassées à l'entrée du terrier. Catégorie 3 : Fréquentation faible, feuilles non tassées en grande quantité à l'entrée du terrier et paroi non lissé.

- Type de sol : des échantillons ont été collectés sur les 50 terriers suivis par pièges photographiques le long des transects pour caractériser le type de sol.

De plus, une exploration de l'intérieur des terriers a été réalisée pour examiner la structure interne et déterminer si les terriers dits « complexes » présentaient des gueules communicants entre elles, ainsi que pour identifier les espèces qui pourraient s'y trouver. Une voiture télécommandée modifiée (Figure 12), équipée d'une lampe frontale et d'une caméra GoPro Hero 7 Black, a été utilisée pour cette tâche. Le système était connecté à un smartphone via Wi-Fi pour un retour vidéo en direct, et une corde était attachée à la voiture pour l'extraire en cas de perte de signal.



*Figure 12 : Photographie de la voiture télécommandée munie d'une caméra utilisée pour l'exploration des terriers.*

### 2.2.3 Capture des insectes et autres arthropodes

Une corrélation significative a été observée entre la variable "Présence d'insectes" et la présence de mammifères dans les terriers dans l'étude de Daelemans (2023). Par conséquent, la collecte d'insectes et d'autres arthropodes dans les terriers a été réalisée en vue d'étudier la richesse spécifique en insectes ainsi que les parasites afin d'analyser leurs potentiels pathogènes.

La capture des insectes a été réalisée selon diverses méthodes. Les insectes volants ont été capturés à l'aide d'un filet fauchoir lors de la caractérisation des terriers et du déploiement des pièges photographiques. Pour les insectes rampants autour des terriers, 10 pièges à chute fabriqués à partir de bouteilles en plastique remplies de liquide savonneux ont été utilisés et déployés sur une période de deux jours après le suivi par caméra (Figure 13), une durée prolongée étant limitée par les fortes chaleurs qui provoquaient l'évaporation rapide du liquide. Une autre méthode utilisée pour collecter des tiques et autres petits insectes dans les terriers a consisté à racler l'entrée des terriers et à disposer

le sol ainsi récolté sur une feuille blanche pour faciliter l'observation et la capture des spécimens (Falcoz, 1915).

Pour chaque spécimen capturé, la date, le lieu, le type de végétation et la méthode de capture ont été consignés. La méthode de conservation la plus courante de stockage a été de les immerger dans de l'alcool à 75°. Les insectes les plus fragiles tels que les lépidoptères et les coléoptères ont été préalablement placés au congélateur avant d'être conservés sous forme de papillote (Franck, s.d.). En ce qui concerne les tiques, une solution de DNA/RNA shield a été utilisée pour permettre une identification ultérieure ainsi que pour l'analyse des pathogènes qu'elles pourraient porter (Diatta et al., n.d.). Les autres insectes et arthropodes ont ensuite été étalés et identifiés au laboratoire entomologique de Gembloux en vue d'être stockés dans la collection entomologique de Gembloux Agro-Bio Tech (Figure 14).



Figure 13 : Photographie d'un piège à chute.



Figure 14 : Boîte contenant les insectes et autres arthropodes collectés, Jérôme Vandebos

## 2.2.4 Traitement des données

La répartition des différentes caractéristiques environnementales a été analysée à l'aide du logiciel Microsoft Excel, à l'exception du graphique représentant les fréquences d'orientation des gueules, qui a été élaboré avec le logiciel RStudio (Version 4.1.1), afin de mettre en évidence certaines caractéristiques pertinentes. Les densités de terriers ont été calculées à l'aide du package « distance » sur RStudio, basé sur les données de distances perpendiculaires des terriers aux transects. Les échantillons de sol ont été caractérisés par un expert en la matière, Gilles Colinet. L'identification jusqu'à l'espèce de certains insectes a été réalisée par les entomologistes Rudy Caparros Megido et Jean-Luc Renneson, tandis que l'identification des tiques a été effectuée par une experte en parasitologie Françoise Maréchal.

## 2.3 Mise en place des pièges photographiques

Les pièges photographiques ont été positionnés le long de chaque transect où des terriers montraient des signes significatifs de fréquentation (Figure 9), afin de maximiser les chances de détecter les espèces présentes. Au total, 44 caméras de type Bushnell, modèle Core DS-4K, ont été utilisées pour surveiller 50 terriers (10 par type de végétation et une gueule par terrier). Chaque caméra a été préalablement testée pour assurer son bon fonctionnement sur le terrain. Les paramètres des caméras ont été ajustés : la taille de l'image a été réglée sur "medium" pour éviter la saturation des cartes SD de 32 GB, l'option "fast motion" a été activée pour maximiser les détections, la durée des vidéos a été fixée à 15 secondes avec un délai de déclenchement d'environ 0,5 seconde après la détection d'un mouvement (Fonteyn et al., 2022). Le capteur a été réglé sur "High", conformément aux recommandations du guide d'utilisation de Bushnell (2021), ce paramètre étant adapté aux conditions où la température de l'air dépasse 40°C pour améliorer la capacité de détection.

Les caméras ont été positionnées à environ 1 m de l'entrée des terriers, à une hauteur de 60 cm, afin d'homogénéiser les détections. Elles ont été placées de préférence à l'ombre de la végétation pour minimiser l'exposition à la chaleur, qui pourrait affecter la capacité des pièges photographiques à distinguer les variations de température environnante. Des petits morceaux de bois ont été disposés derrière chaque caméra pour optimiser le champ de détection du capteur (Figure 15). La zone filmée par les caméras a été dégagée de toute végétation au sol afin d'éviter les déclenchements intempestifs dus au vent.

Pour atteindre l'objectif de 1 000 caméras.jours recommandé par le protocole TEAM (TEAM, 2011) et ainsi détecter la majorité des espèces lors d'un inventaire faunique, chaque caméra a été installée deux fois pendant 10 jours sur les mêmes terriers.

### 2.3.1 Problèmes rencontrés

Plusieurs problèmes ont été identifiés lors de la mise en place des caméras. Les piles utilisées, ayant déjà servi pour des études antérieures en 2022 et 2023, ainsi qu'au personnel du lodge ont rencontré des problèmes d'autonomie. En dépit d'une recharge préalable et de l'indication d'une pleine charge des batteries une fois insérées dans les caméras, celles-ci se vidaient complètement après seulement deux jours sur le terrain. De même, certaines cartes SD ont été corrodées en raison des mauvaises conditions de stockage du matériel et des conditions climatiques, rendant l'enregistrement des vidéos impossible. Le GPS Garmin a également souffert de problèmes d'autonomie à cause de la chaleur, nécessitant le transport et le changement fréquent des jeux de piles (toutes les 30 minutes). En raison des feux de brousse fréquents dans le parc, deux caméras ont été endommagées par le feu malgré les efforts pour dégager préventivement la zone en raison de vents forts et de l'intensité des incendies (Figure 16). En outre, certains pièges photographiques, bien que placés à l'ombre de la végétation environnante, ont présenté des problèmes d'enregistrement dus à des températures élevées, atteignant jusqu'à 69°C ressenti. Les caméras Bushnell étant limitées à 60°C, certaines ont cessé de fonctionner.

### 2.3.2 Solutions apportées

Pour remédier à ces problèmes, une procédure de tri des piles a été mise en place deux jours après leur recharge, en utilisant un voltmètre pour identifier les piles les plus puissantes et celles inutilisables, qui ont ensuite été triées et stockées en vue de leur recyclage. Une nouvelle commande de piles alcalines a été effectuée et de nouvelles cartes SD ont été acquises pour remplacer celles devenues inutilisables. Un test d'autonomie a montré que les piles alcalines offraient une meilleure durée de vie que les piles rechargeables dans les conditions de terrain, avec une autonomie pouvant atteindre plus de 10 jours contre 5 à 6 jours pour les piles rechargeables.

Pour réduire la température ressentie par les caméras et améliorer leur fonctionnement, la végétation environnante a été utilisée pour créer des pare-soleil (Figure 16). Afin de prévenir les incendies, une zone de 10 mètres a été dégagée à la machette dans les zones non brûlées pour éviter la propagation du feu vers les caméras.



Figure 15 : Photographie du système de protection solaire mis en place sur les caméras exposées au soleil.



Figure 16 : Caméra ayant subi un feu de brousse

### 2.3.3 Traitement des données

Les vidéos capturées par les pièges photographiques ont été triées manuellement à l'aide du logiciel Timelapse (version 2.3.0.6). Pour chaque vidéo, les informations suivantes ont été consignées : l'espèce identifiée, sur la base du guide "The Kingdon Field Guide to African Mammals" (Kingdon, 2015), la période de la journée (nuit/jour), l'intérêt pour le terrier, la pénétration d'une gueule, le nombre d'individus, ainsi que des observations éventuelles. Deux événements ont été considérés comme indépendants s'ils étaient séparés par un intervalle d'au moins 30 minutes. L'identification de ces événements indépendants a été effectuée à l'aide du logiciel RStudio.

Par la suite, deux matrices d'abondance ont été élaborées avec le logiciel Microsoft Excel : la première reprenait, pour chaque terrier, le nombre d'événements indépendants par espèce pénétrant ou non dans les gueules des terriers, utilisée pour calculer le taux de détection (RAI, *Relative Abundance Index*), tandis que la seconde ne prenait en compte que les événements indépendants de pénétration, utilisée pour calculer les RAI de pénétration. Une matrice de cooccurrences a ensuite été créée à l'aide du logiciel R, à partir de la matrice de pénétration des terriers et des données de Daelemans (2023). Chaque paire d'espèces a été soumise à un test exact de Fisher pour évaluer si elles étaient liées ou indépendantes.

La richesse spécifique en espèce pénétrant dans les terriers a été calculée pour chaque terrier et mise en relation avec les paramètres environnementaux correspondants afin de modéliser leurs relations, via une régression linéaire multiple. Les types de sols ont été regroupés en deux catégories (sableux et structure) afin d'équilibrer au mieux les données. Les conditions d'application du test ont également été vérifiées pour s'assurer de la linéarité, de l'homoscédasticité et de la normalité des résidus.

Ensuite, la relation entre les différents paramètres a été examinée à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA) afin de prendre en compte les effets combinés des paramètres environnementaux et d'identifier ceux qui influencent le plus la fréquentation des terriers. Un test post-hoc de Tukey HSD a ensuite été réalisé pour identifier, parmi les paramètres environnementaux significatifs identifiés par l'ANOVA, quelles paires diffèrent significativement les unes des autres.

Enfin, une analyse NMDS (*Non-metric Multidimensional Scaling*) a été réalisée pour évaluer la dissimilarité de la composition spécifique des terriers, en utilisant l'indice de Bray-Curtis et la matrice d'abondance de pénétration. Au cours de cette analyse, les terriers ont été positionnés dans un espace ordonné, où les distances entre eux illustrent leur dissimilarité. Ils ont ensuite été regroupés selon cinq grands types de végétation.

Par ailleurs, les paramètres environnementaux ayant montré une signification statistique ( $p < 0,05$ ) en relation avec les axes de l'ordonnement de la NMDS ont été représentés sur le graphique. Cela permet de visualiser l'impact de ces variables sur la distribution des espèces ou des communautés.

## 2.4 Étude préliminaire des interfaces de contact entre singes verts et humains

L'étude des interfaces de contacts entre les singes verts et les primates non humains a été réalisée dans le camp du lion (cf. 2.1.1) sur une période de quatre jours, du 24 au 28 mars 2024. Tout d'abord, un éthogramme des différentes activités observées chez les singes verts a été établi (Annexes 2 et 3). Cet éthogramme s'est basé sur l'étude des singes verts de Harrison (1982) au PNKK en condition non anthropisée et sur l'étude de Saj (1998) en condition anthropisée de *Chlorocebus aethiops pygerythrus* en Ouganda, ainsi que sur des observations ad libitum faites sur le terrain.

Pour étudier ces interfaces de contact, la méthode principale utilisée a été celle de l'échantillonnage de toutes les occurrences (*All Occurrence Sampling*). Cette méthode permet de maximiser les observations des événements rares ou d'intérêt (Altmann J. 1974) comme les interfaces de contact.

Des suivis d'une heure ont été réalisés avec une pause de dix minutes entre chaque suivi, au cours desquels chaque événement impliquant des contacts directs ou indirects était notés et consignés sur une fiche de terrain (Annexe 4).

En parallèle, la méthode du scan a également été utilisée pour obtenir une vision des proportions relatives des comportements (Altmann J. 1974) du groupe de singes verts, y compris la proportion du budget d'activité temps allouée aux interfaces de contact direct ou indirect avec les humains. Des suivis d'une heure ont été effectués où un scan était réalisé toutes les dix minutes, observant les vervets pendant 2 minutes et notant leurs activités (Annexe 5).

Durant ces suivis, les vêtements portés par l'observateur ont été choisis de manière similaire pour ne pas perturber les primates et les habituer plus facilement à la présence de l'observateur. Un comportement neutre a également été adopté afin d'éviter toute interaction avec les singes verts afin de ne pas biaiser l'observation.

## 2.4.2 Traitement des données

Les données issues du scan et de l'échantillonnage de toutes les occurrences ont été traitées à l'aide du logiciel Microsoft Excel. Un graphique de type « secteur » a été généré à partir des données du scan et de l'échantillonnage de toutes les occurrences. Ce graphique permet de visualiser les proportions du budget-temps consacrées aux contacts directs et indirects parmi les autres activités, ainsi que d'avoir un zoom sur les types spécifiques de contacts directs et indirects grâce aux données de l'échantillonnage de toutes les occurrences. Un graphique représentant l'évolution des proportions de contact direct et indirect a également été généré afin d'analyser leurs variations et d'identifier les périodes de pic de contacts.

## 2.5 Etude des pathogènes

### 2.5.1 Récolte des fèces

Pendant la prospection sur le terrain ainsi que la mise en place des pièges photographiques, la recherche de fèces aux abords ou dans la gueule des terriers a été effectuée. Pour chaque fèces récoltée, l'espèce, la date et le nom de la gueule ont été enregistrés. L'intérieur des fèces a été collecté à l'aide de gants et d'une spatule, puis plongé dans des cryotubes contenant une solution de conservation de 2 ml de RNA/DNA shield et placées au congélateur à -20°C (Mutien-Marie Garigliany, communication personnelle, 2024). Pour la collecte des fèces des singes verts, la localisation du site dortoir a d'abord été réalisée au coucher du soleil en suivant le groupe de primates jusqu'à leur site dortoir, puis la récolte des fèces a été effectuée au petit matin. La méthode de collecte et de conservation était la même que celle utilisée pour les fèces récoltées aux abords des terriers. Le détail des récoltes pour chaque échantillon est repris en (Annexe 6).

## 2.5.2 Analyse des pathogènes

L'analyse des pathogènes présents dans les fèces et les tiques a été menée au sein du département de morphologie et pathologie de l'Université de Liège, sous la supervision du Pr Mutien-Marie Garigliany et de sa collaboratrice, Sophie Vroomen.

Les analyses ont commencé par l'extraction de l'ADN des échantillons. Pour les tiques, l'extraction a été réalisée à l'aide du kit W665S66, en utilisant la machine Maelstrom 9600 TANBEAD. Quant aux échantillons de fèces de phacochères, de porc-épics, de singes verts et de chauves-souris, l'extraction a été effectuée selon le protocole NucleoSpin DNA Stool - 740472.50.

Ensuite, des réactions de PCR (réaction en chaîne par polymérase) ont été menées en utilisant des amorces spécifiques aux génomes des pathogènes cibles, puis leurs résultats analysés par électrophorèse sur gel.

Plusieurs PCR ont été réalisées pour les tiques : d'abord, une PCR pour détecter *Borrelia burgdorferi*, la bactérie responsable de la maladie de Lyme, selon le protocole d'Alekseev A.N. et al. (2001). Puis, une PCR a été effectuée pour *Coxiella burnetii*, la bactérie responsable de la fièvre Q, en suivant le protocole de F.M. Schets et al. (2013). Ensuite, une PCR pour détecter les Nairovirus, un genre de virus de la famille des Bunyaviridae, incluant notamment le virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo, selon M. Pilar Alberdi et al. (2012). Enfin, une PCR pour détecter les Flavivirus selon le protocole d'Elizalde et al. (2020), un groupe de virus incluant le virus de la dengue, le virus du Nil occidental et le virus de la fièvre jaune.

Des PCR de type Pan Apicomplexa ont été réalisées selon le protocole de Philippe Gil de Mendonça (2018) sur les échantillons de phacochères, porc-épics et singes verts, afin d'identifier les protozoaires parasites du clade des *Apicomplexa*, incluant des agents pathogènes tels que *Plasmodium* (responsable du paludisme) et *Toxoplasma gondii*.

Pour les échantillons de fèces de chauves-souris, une première PCR a été effectuée pour détecter la présence de coronavirus, conformément au protocole de Xinye Wang et al. (2021), un groupe de virus comprenant plusieurs agents pathogènes bien connus, tels que le virus responsable de la COVID-19. Ensuite, une autre PCR pour identifier les lyssavirus, selon le protocole de Laurent Dacheux et al. (2016), un groupe de virus de la famille des Rhabdoviridae, incluant le virus de la rage. Enfin, une PCR a été effectuée selon le protocole de Darina Koubínová et al. (2013) pour identifier les espèces de chauves-souris.

En complément de ces analyses, une analyse 16S visant à identifier la diversité des bactéries a été effectuée sur les échantillons de fèces de singes verts et de tiques au laboratoire Novogene en Allemagne.

### 3. Résultats

#### 3.1 Caractéristiques environnementales des terriers

Un total de 74 terriers a été caractérisé durant le suivi par transects. La répartition des caractéristiques environnementales des terriers (type de végétation, géomorphologie, type de sol, couvert de la canopée) est présentée dans la Figure 17. Concernant les types de végétation, la bambusaie présente la proportion la plus élevée de terriers avec 31 %, tandis que la savane arbustive en présente la plus faible proportion avec 15 %. Ces proportions se reflètent également dans les densités calculées à l'aide des mesures de distance des terriers aux transects. Les densités observées sont de 458,33 terriers/km<sup>2</sup> dans la bambusaie, 108,33 terriers/km<sup>2</sup> dans la forêt claire, 125 terriers/km<sup>2</sup> dans la savane boisée, 95,78 terriers/km<sup>2</sup> dans la savane arborée, et 92,07 terriers/km<sup>2</sup> dans la savane arbustive.

En termes de géomorphologie, la majorité des terriers se situe sur des plateaux (53 %) et dans des vallons (41 %). Les types de sol les plus courants sont le sol sableux et le limon sableux, représentant respectivement 42 % et 37 % des terriers, tandis que les autres types de sol présentent une distribution plus variée. Concernant le couvert de la canopée, 68 % des terriers se trouvent sous un couvert végétal supérieur à 50 %, indiquant une répartition variée au sein des différentes catégories de couvert végétal, avec toutefois une préférence pour les zones ombragées par le couvert.

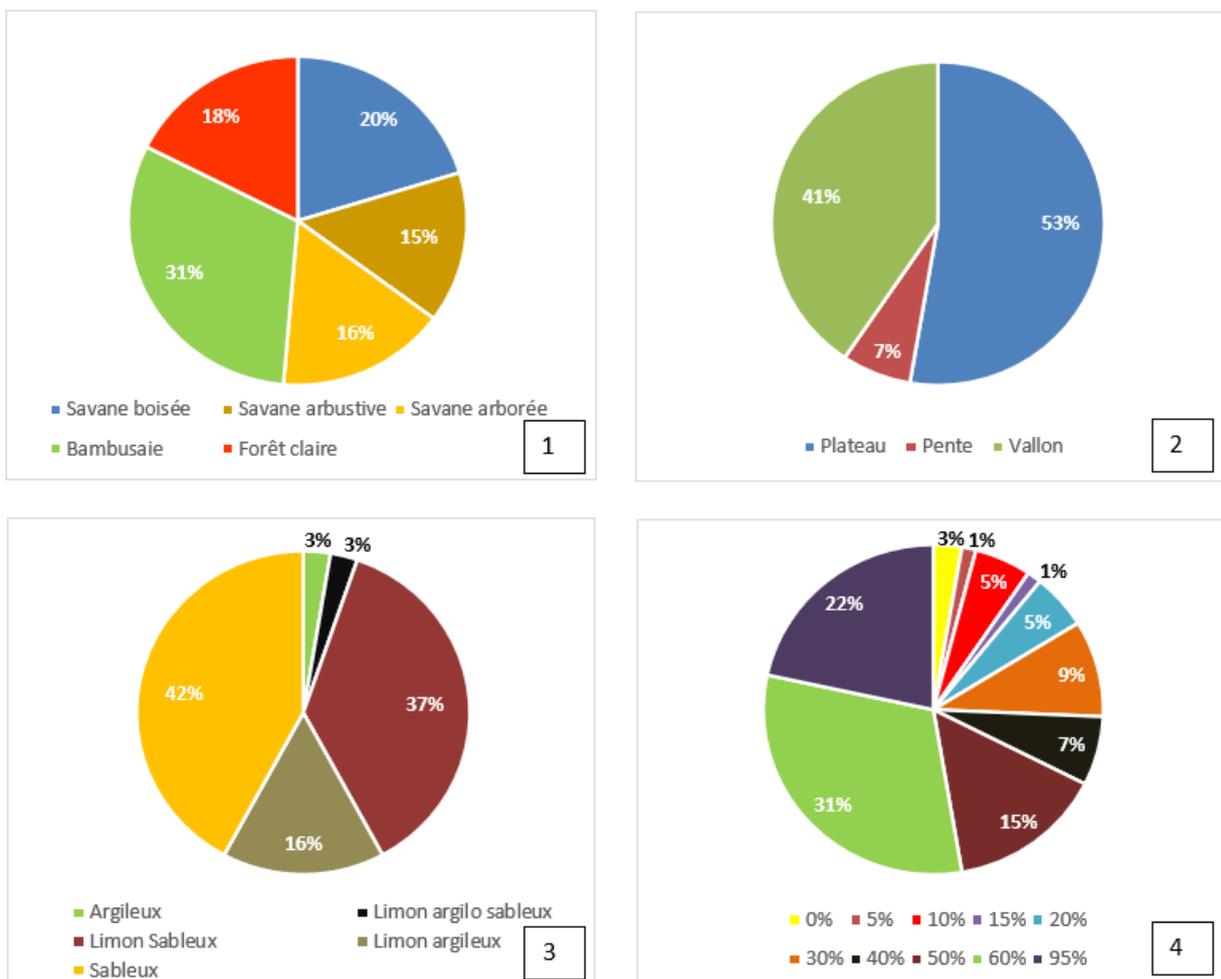


Figure 17 : Proportion de terriers en fonction des types d'habitats (1), du type de géomorphologie (2), du type de sol (3), du couvert de la canopée(4).

La proportion des orientations des gueules de terriers caractérisés est présentée dans la Figure 18. La majorité des terriers (32 %) sont orientés vers l'ouest, suivis de 20 % orientés vers le sud et 14 % vers le nord.

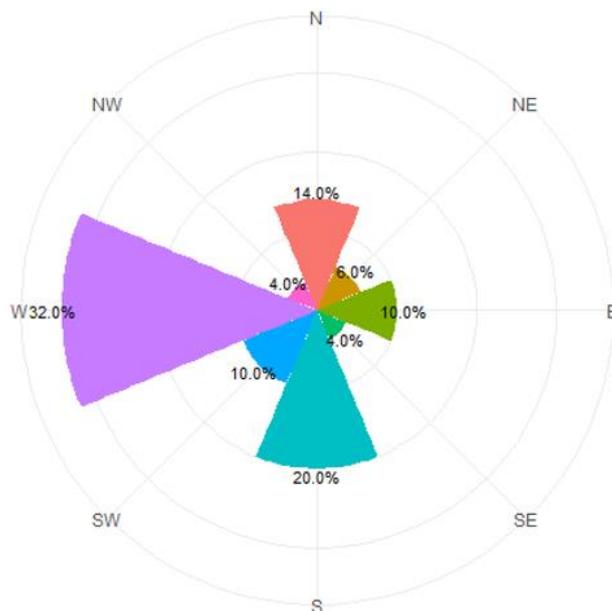


Figure 18 : Proportion des orientations des gueules de terriers

Le nombre moyen de gueules par terrier est de 1,52 avec une proportion de 16 % de gueules présentant un indice de fréquentation 3 (cf. Figure 11). Les diamètres des gueules caractérisées sont repris dans la Figure 19 qui montre une proportion plus importante de gueules présentant un diamètre compris entre 41-45 cm.

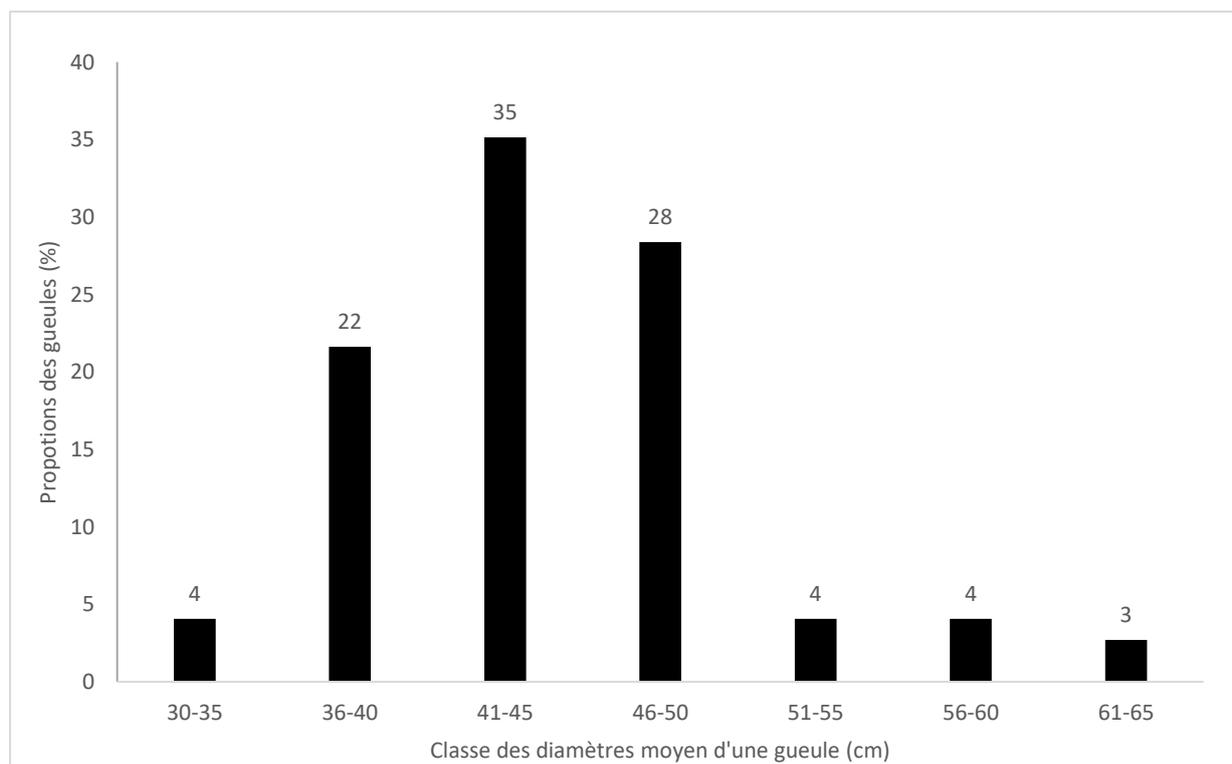


Figure 19 : Histogramme des répartitions des classes de diamètres mesurées des gueules de terriers.

## 3.2 Occurrences

### 3.2.1 Pièges photographiques

Le suivi de 50 terriers, soit 10 par type de végétation, à l'aide de pièges photographiques, a permis d'obtenir un échantillonnage total de 1000 caméras.jours, durant lesquels 2 685 événements indépendants ont été enregistrés. La Figure 20 présente les RAI pour 100 jours des 52 espèces identifiées comme pénétrant dans un terrier ou présentant un intérêt pour celui-ci, ou non. Ce suivi a permis d'identifier 19 nouvelles espèces par rapport à l'année 2023, tandis que 7 espèces n'ont pas été observées durant cette période (*Coracias abyssinicus*, *Drongo brillant*, *Eremomela pusilla*, *Burhinus senegalensis*, *Ploceus sp.*, *Sylvicapra grimmia* et *Panthera leo*), portant la liste totale à 59 espèces identifiées au cours de deux années de suivi. Les valeurs détaillées des RAI pour les années 2023 et 2024 pour chaque espèce peuvent être consultées en annexe (Annexes 7 et 8).

Il est important de noter que les données présentées dans la Figure 20 et le Tableau 1 n'ont pas été combinées avec celles de 2023 en raison de la méthodologie d'échantillonnage non systématique et du placement des caméras utilisées dans l'étude précédente, ainsi que des variations significatives dans l'effort d'échantillonnage entre les différents terriers en 2023, qui pourraient influencer les RAI. Cette comparaison est d'ailleurs détaillée dans la partie discussion (cf. 4.2.1).

Les espèces observées se répartissent en trois principaux groupes taxonomiques. Tout d'abord, les mammifères constituent 58 % des espèces identifiées, avec une prédominance des chiroptères, qui affichent un RAI de 142,5. Parmi les rongeurs figurent des espèces telles que *Hystrix cristata*, *Cricetomys gambianus*, et *Euxerus erythropus*. Ce groupe comprend également un lagomorphe, *Lepus crawshayi*, ainsi que des primates tels que *Cercopithecus patas*, *Cercopithecus sabaceus*, *Galago senegalensis*, et *Papio papio*. Les carnivores sont représentés par des félins comme *Felis serval* et *Panthera pardus*, ainsi que des hyènes, notamment *Crocuta crocuta*. Les mangoustes incluent *Herpestes ichneumon*, *Ichneumia albicauda*, *Mungos mungo*, et *Mungos gambianus*. Parmi les artiodactyles et ongulés, figurent *Hippotragus equinus*, *Ourebia ourebi*, *Alcelaphus buselaphus major*, *Kobus ellipsiprymnus defassa*, et *Phacochoerus africanus*.

Ensuite, les oiseaux représentent environ 38 % des espèces identifiées. Les galliformes, tels que *Francolinus bicalcaratus*, *Numida meleagris*, et *Ptilophachus petrosus*, sont particulièrement présents. Les passériformes incluent des espèces comme *Lamprotornis chalybaeus*, *Laniarius barbarus*, et *Turdoides reinwardtii*. Les rapaces observés comprennent *Accipiter badius sphenurus* et *Otus senegalensis*. Diverses espèces de guêpiers, telles que *Merops bulocki* et *Merops viridissimus*, figurent également parmi les observations.

Enfin, bien que représentant seulement 4 % des observations, les reptiles capturés par les caméras incluent *Varanus niloticus* et *Python sebae*.

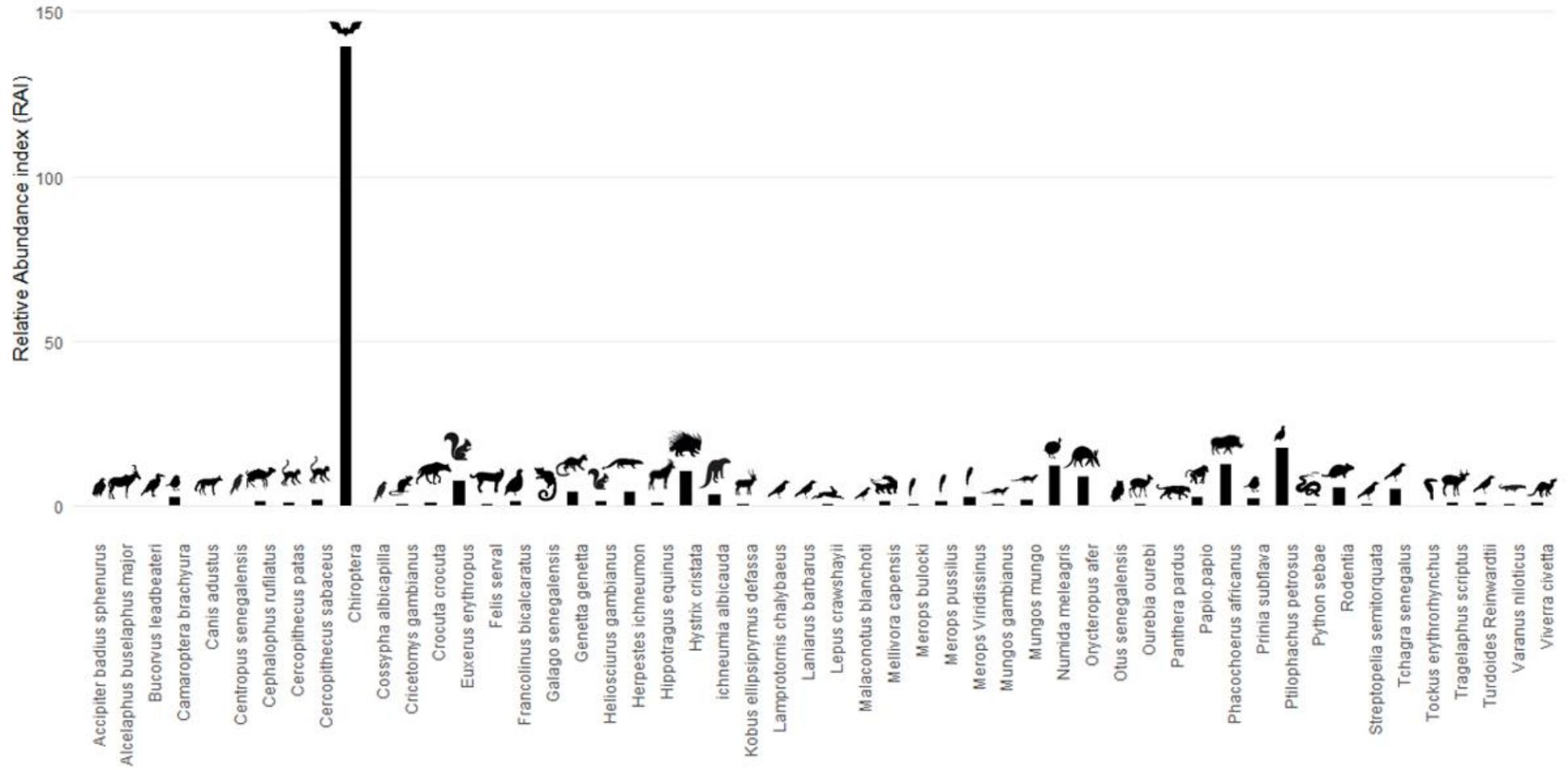


Figure 20 : Histogramme des RAI pour 100 jours des 52 espèces observées (pénétrant ou étant indifférentes ou non à la gueule de terrier) par les pièges photographiques.

Tous les terriers suivis en 2024 ont été pénétrés par au moins une espèce et présentent une pénétration moyenne de 5,48 espèces par terrier. Un total de 29 espèces a été observées pénétrant dans les 50 terriers suivis, avec 59 % des espèces étant des mammifères (Tableau 1). Parmi ceux-ci, les chauves-souris ont un RAI de 98,2 et sont présentes dans 86 % des terriers, suivies par le phacochère, l'oryctérope, le porc-épic, l'écureuil terrestre et la mangouste ichneumon. Ensuite, 34 % des espèces sont des oiseaux, avec la poulette de roche (RAI = 17,2) occupant 48 % des terriers suivis, la pintade de Numidie avec un RAI de 11,9 et une fréquentation de 36 %, et le tchaga à tête noire (RAI = 5,2) occupant 12 % des terriers. Enfin, les reptiles, notamment le varan du Nil et le python de Seba, ont également été observés.

À cette liste peuvent être ajoutées 5 espèces non identifiées dans ce suivi mais observées en 2023 par Daelemans (2023), à savoir 2 espèces d'oiseaux (*Malaconotus blanchoti*, *Eremomela pusilla*) et 3 mammifères (*Viverra civetta*, *Cercopithecus patas*, *Cercopithecus sabaceus*), portant ainsi la liste totale à 34 espèces pénétrant dans les terriers.

	Nom latin	Nom commun	Statut UICN	N	RAI	% terriers occupés
Mammifères	<i>Chiroptera</i>	Chauves-souris	/	982	98,2	86%
	<i>Phacochoerus africanus</i>	Phacochère	LC	139	13,9	42%
	<i>Orycteropus afer</i>	Oryctérope	LC	72	7,2	33%
	<i>Euxerus erythropus</i>	Écureuil terrestre rayé	LC	63	6,3	30%
	<i>Hystrix cristata</i>	Porc épic	LC	62	6,2	38%
	<i>Rodentia</i>	Rongeur	/	52	5,2	34%
	<i>Herpestes ichneumon</i>	Mangouste ichneumon	LC	38	3,8	46%
	<i>Ichneumia albicauda</i>	Mangouste à queue blanche	LC	22	2,2	18%
	<i>Mellivora capensis</i>	Ratel	LC	13	1,3	12%
	<i>Mungos mungo</i>	Mangouste rayée	LC	9	0,9	16%
	<i>Heliosciurus gambianus</i>	Heliosciure de Gambie	LC	8	0,8	10%
	<i>Genetta genetta</i>	Genette commune	LC	7	0,7	10%
	<i>Papio papio</i>	Babouin de Guinée	NT	3	0,3	4%
	<i>Cricetomys gambianus</i>	Rat géant de Gambie	LC	3	0,3	4%
	<i>Panthera pardus</i>	Léopard	VU	1	0,1	2%
	<i>Lepus crawshayii</i>	Lièvre des rochers	LC	1	0,1	2%
	<i>Crocuta crocuta</i>	Hyène tachetée	LC	1	0,1	2%
Oiseaux	<i>Numida meleagris</i>	Pintade de Numidie	LC	119	11,9	36%
	<i>Ptilophachus petrosus</i>	Poulette de roche	LC	172	17,2	48%
	<i>Tchagra senegalus</i>	Tchagra à tête noire	LC	51	5,1	12%
	<i>Meropidae</i>	Guepier	/	38	3,8	12%
	<i>Camaroptera brachyura</i>	Camaroptère à tête grise	LC	22	2,2	8%
	<i>Prinia subflava</i>	Prinia modeste	LC	21	2,1	10%
	<i>Turdoides reinwardtii</i>	Cratérope de Reinwardt	LC	9	0,9	10%
	<i>Francolinus bicalcaratus</i>	Francolin	LC	5	0,5	4%
	<i>Laniarius barbarus</i>	Gonolek de Barbarie	LC	1	0,1	2%
	<i>Cossypha albicapilla</i>	Cossyphé à calotte blanche	LC	1	0,1	2%
Reptiles	<i>Varanus niloticus</i>	Varan du Nil	LC	6	0,6	4%
	<i>Python sebae</i>	Python de Seba	NT	4	0,4	4%

Tableau 1 : Liste des espèces pénétrant dans les terriers avec leur statut UICN, le nombre d'observations associées, le RAI (100 jours) et le pourcentage de terriers occupés (2024).

### 3.2.2 Capture de chiroptères

En partenariat avec une association de jeunesse faisant de la capture de chauves-souris en Afrique de l'Ouest, nommée Blairoudeurs, la capture de chauves-souris dans un terrier, suivie au préalable par des pièges photographiques, a permis d'attraper, grâce à des filets japonais (Figure 21), un individu de chiroptère identifié comme *Nycteris macrotis*.



Figure 21 : Capture de chiroptères : A) Dispositif de capture avec des filets japonais B) Individu capturé dans un terrier (*Nycteris macrotis*).

### 3.2.3 Entomofaune et autres arthropodes des terriers

Les captures réalisées avec le filet à fauchoir et les pièges à chute ont permis de collecter 271 individus (Tableau 2). Parmi ceux-ci, 93 % sont des insectes, avec une prédominance d'individus de la famille des Formicidae. Quatre espèces d'insectes ont été identifiées : un phlébotome de l'espèce *Sergentomyia antennata*, une guêpe *Hemipepsis vindex*, ainsi que deux papillons, *Bicyclus pavonis* et *Sarangesa loelius*. Les arachnides, représentant 7 % des individus capturés, incluent 15 tiques identifiées comme *Rhipicephalus sanguineus*, qui ont été utilisées pour les analyses de pathogènes (cf. 3.7)

Classe	Ordre	Famille	Espèces	Nombre individu	Type de piège
Arachnida	Amblypygi	Phrynichidae	/	1	Filet
	Araneae	/	/	3	Piège à chute
	Ixodida	Ixodidae	<i>Rhipicephalus sanguineus</i>	15	Récolte manuel
Insecta	Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Bicyclus pavonis</i>	1	Filet
		Hesperiidae	<i>Sarangesa loelius</i>	12	Filet
	Blattodea	Blattidae	/	13	Piège à chute
		Termitidae	/	4	Piège à chute
	Hymenoptera	Formicidae	/	158	Piège à chute
		Vespidae	<i>Hemipepsis vindex</i>	1	Filet
		Apidae	/	2	Piège à chute
	Diptera	Psychodidae	<i>Sergentomyia antennata</i>	1	Filet
		Drosophilidae	/	55	Filet
		Anthomyiidae	/	2	Filet
		Coleoptera	Carabidae	/	1
			Elateridae	/	2

Tableau 2 : Résultat des captures d'insectes et d'autres arthropodes des terriers.

### 3.3 Cooccurrences interspécifiques

Les données de cooccurrences dans les terriers de 2024 et 2023 ont été compilées pour un total de 90 terriers suivis. Deux terriers ont été supprimés du jeu de données de 2023 afin d'éviter les doublons, car ils ont été repris pour le suivi de 2024 (cf. 3.4). En supposant que les gueules de terriers les plus complexes communiquent entre elles (Figure 22), il en résulte que 74 % des terriers fréquentés présentent des cooccurrences avec un maximum de 11 espèces pouvant pénétrer dans le même terrier.



Figure 22 : Photographie de l'intérieur d'un terrier complexe témoignant de la communication entre plusieurs gueules (prise avec la voiturette modifiée).

La Figure 23 présente la liste détaillée des 238 cooccurrences observées. Parmi celles-ci, les plus représentées sont celles impliquant les chauves-souris (*Chiroptera*), qui représentent 12% de toutes les cooccurrences. Les proportions des cooccurrences les plus fréquemment retrouvées dans les terriers est résumée dans le Tableau 3.

Il ressort de ces données que 25 % des terriers présentent une cooccurrence entre *Chiroptera* et le phacochère (*Phacochoerus africanus*), ce qui en fait l'une des associations les plus fréquentes avec celle de la poulette de roche (*Ptilophacus petrosus*) (25 %) et de la mangouste ichneumon (*Herpestes ichneumon*) (24 %).

co-occurrences	Proportion de terriers
<i>Chiroptera-Phacochoerus africanus</i>	25%
<i>Chiroptera-Ptilophacus petrosus</i>	25%
<i>Chiroptera-Herpestes ichneumon</i>	24%
<i>Chiroptera-Orycteropus afer</i>	19%
<i>Chiroptera-Hystrix cristata</i>	19%
<i>Chiroptera-Rodentia</i>	18%
<i>Chiroptera-Numidia meleagris</i>	18%
<i>Phacochoerus africanus-Rodentia</i>	18%
<i>Chiroptera-Euxerus erythropus</i>	15%
<i>Phacochoerus africanus-Ptilophacus petrosus</i>	14%
<i>Phacochoerus africanus-Orycteropus. afer</i>	14%
<i>Herpestes ichneumon-Ptilophacus petrosus</i>	13%
<i>Numidia meleagris-Orycteropus afer</i>	13%
<i>Phacochoerus africanus-Rodentia</i>	13%
<i>Herpestes ichneumon-Numidia meleagris</i>	12%
<i>Herpestes ichneumon-Rodentia</i>	12%

Tableau 3 : Tableau des proportions de terriers occupés par les cooccurrences les plus observées.

	<i>Chioptera</i>	<i>Phacochoerus africanus</i>	<i>Orycteropus afer</i>	<i>Hystrix cristata</i>	<i>Euxerus erythropus</i>	<i>Herpestes ichneumon</i>	<i>Helioscirus gambianus</i>	Rodentia	<i>Genetta genetta</i>	<i>Ichneumia albicauda</i>	<i>Mellivora capensis</i>	<i>Mungos mungo</i>	<i>Papio papio</i>	<i>Cricetomys gambianus</i>	<i>Varanus niloticus</i>	<i>Python sebae</i>	<i>Numida meleagris</i>	<i>Ptilophachus petrosus</i>	<i>Cameroptera brachyura</i>	<i>Francolinus bicalcaratus</i>	Meropidae	<i>Turdoides reinwardtii</i>	<i>Tchagra senegalus</i>	<i>Prinia subflava</i>	<i>Panthera pardus</i>	<i>Lepus crawshayii</i>	<i>Crocota crocuta</i>	<i>Lanius barbarus</i>	<i>Cossypha albicapilla</i>	<i>Cercopithecus Sabeus</i>	<i>Cercopithecus patas</i>	<i>Eremomella pussila</i>	<i>Viverra civetta</i>		
<i>Chioptera</i>	23	17	17	14	22	5	17	5	9	8	5	2	3	2	2	17	23	4	2	6	4	6	5		1	1	1	1				1			
<i>Phacochoerus africanus</i>		13	5	6	10		12	2	3	4	1	3		1		9	13	3	2	3	2		1				1					1			
<i>Orycteropus afer</i>			5	5	7	2	5	3	4	5	3	3	1	1		12	9	2		3	3	1	2	1						1			1		
<i>Hystrix cristata</i>				7	10	2	8	3	5	3	6		2	1		5	8			4	1	2		1	1										
<i>Euxerus erythropus</i>					8	1	7	1	5	3	2		1	1	1	6	5		1	4	1	2	1			1									
<i>Herpestes ichneumon</i>							3	11	4	4	2	3	1	2	1	11	12	2	2	3	2	3	2	1		1	1								
<i>Helioscirus gambianus</i>								2	2	1	1	2			1	2				2		2	2						1						
Rodentia									3	6	3	1	1	1	2	6	10	1	2	5	1	1	1												
<i>Genetta genetta</i>										1	1	3				1	3	2	1	3	1														
<i>Ichneumia albicauda</i>											2	1		1	1	4	4		1	3	1		2												
<i>Mellivora capensis</i>												1		2	1	3	5	1		2	2	2	1												
<i>Mungos mungo</i>																3	2	1		2	2			1							1		1		
<i>Papio papio</i>																2	3				1														
<i>Cricetomys gambianus</i>																2	1					1													
<i>Varanus niloticus</i>																1	2						1												
<i>Python sebae</i>																2						2	2			1									
<i>Numida meleagris</i>																	10	3	1	1	3	4	3	1		1		1	1	1	1	1			
<i>Ptilophachus petrosus</i>																		3	2	4	5	3	1	1				1						1	
<i>Cameroptera brachyura</i>																			1		2														
<i>Francolinus bicalcaratus</i>																					1														
Meropidae																						1													
<i>Turdoides reinwardtii</i>																							1	1											
<i>Tchagra senegalus</i>																							2			1		1							
<i>Prinia subflava</i>																										1		1							
<i>Panthera pardus</i>																																			
<i>Lepus crawshayii</i>																																			
<i>Crocota crocuta</i>																																			
<i>Lanius barbarus</i>																																			
<i>Cossypha albicapilla</i>																																			
<i>Cercopithecus Sabeus</i>																																			
<i>Cercopithecus patas</i>																																			1
<i>Eremomella pussila</i>																																			
<i>Viverra civetta</i>																																			

Figure 23 : Matrice des couples de cooccurrences observés dans 90 terriers.

Afin d'évaluer si les associations d'espèces étaient significatives, un test exact de Fisher a été réalisé sur chaque couple d'espèces. Les résultats significatifs sont repris dans le Tableau 4. Les résultats mettent en évidence plusieurs associations significatives entre différentes espèces animales.

*Hystrix cristata*, communément appelé porc-épic à crête, se distingue par six associations significatives. Il est fréquemment observé en présence de *Chiroptera* (chauves-souris), *Herpestes ichneumon* (mangouste ichneumon), ainsi qu'avec *Euxerus erythropus* (écureuil terrestre rayé) et d'autres rongeurs (*Rodentia*). D'autres associations l'incluent également avec *Ichneumia albicauda* (mangouste à queue blanche), et *Mungo mungo* (mangouste rayée). *Hystrix cristata* montre donc une forte interaction avec plusieurs espèces de carnivores (mangoustes), ainsi qu'avec des Chiroptères et *Euxerus erythropus* et d'autres rongeurs.

Les chiroptères (chauves-souris) présentent également plusieurs associations notables, notamment avec *Phacochoerus africanus* (phacochère), *Euxerus erythropus* et *Herpestes ichneumon*. Ils sont également associés à *Orycteropus afer* (oryctérope), et à *Hystrix cristata*.

Une autre espèce présentant un nombre important d'associations est *Phacochoerus africanus*. Cette espèce est associée à *Orycteropus afer* (oryctérope), des chauves-souris, ainsi qu'à des rongeurs avec un rapport des cotes de 9, ce qui constitue la plus forte association en termes de rapport des cotes. Cela signifie que les chances de rencontrer *Phacochoerus africanus* sont environ neuf fois plus élevées en présence de rongeurs. L'intervalle de confiance à 95 % pour ce rapport est compris entre 2,53 et 36,21, et le fait que cet intervalle exclut la valeur 1 renforce l'idée d'une association significative entre ces deux espèces.

D'autres associations méritent également d'être mentionnées, comme celle entre *Herpestes ichneumon* et *Rodentia*, avec un rapport des cotes de 8. De plus, des associations notables avec un rapport des cotes de 7, incluent *Orycteropus afer* avec *Mellivora capensis* (Ratel), *Hystrix cristata* avec *Mungo mungo*, *Euxerus erythropus* et *Rodentia* indiquant une forte probabilité de cooccurrence entre ces espèces.

Cooccurrences	P-Value	Rapport des cotes	Intervalle de confiance à 95%
<i>Chiroptera-Phacochoerus africanus</i>	0,0028**	4	1,490833 - 11,69936
<i>Chiroptera-Orycteropus afer</i>	0,0368*	3	1,016643 - 9,215964
<i>Chiroptera-Hystrix cristata</i>	0,0181*	3	1,160413 - 11,82197
<i>Chiroptera-Euxerus erythropus</i>	0,0004***	2	2,455705 - 761,9904
<i>Chiroptera-Herpestes ichneumon</i>	0,0017**	5	1,638056 - 16,03881
<i>Phacochoerus africanus-Orycteropus.afer</i>	0,0039**	4	1,48791 - 12,57645
<i>Phacochoerus africanus-Rodentia</i>	0,0001***	9	2,532514 - 36,20676
<i>Orycteropus afer-Mellivora capensis</i>	0,0129*	7	1,227889 - 48,49289
<i>Hystrix cristata-Euxerus erythropus</i>	0,0167*	4	1,108335 - 15,30885
<i>Hystrix cristata-Herpestes ichneumon</i>	0,0299*	3	1,010082 - 9,076462
<i>Hystrix cristata-Rodentia</i>	0,009**	4	1,266845 - 15,44092
<i>Hystrix cristata-Ichneumia albicauda</i>	0,0202*	6	1,06906 - 30,69222
<i>Hystrix cristata-Mungo mungo</i>	0,0059**	7	1,47336 - 37,41286
<i>Euxerus erythropus-Herpestes ichneumon</i>	0,0108*	4	1,218153 - 16,20179
<i>Euxerus erythropus-Rodentia</i>	0,0021**	7	1,781546 - 28,32218
<i>Euxerus erythropus-Ichneumia albicauda</i>	0,0024**	1	1,959141 - 63,66482
<i>Herpestes ichneumon-Rodentia</i>	0,0002***	8	2,426579 - 31,97238
<i>Herpestes ichneumon-Genetta genetta</i>	0,0134*	1	1,256823 - 690,4819
<i>Heliosciurus gambianus-Genetta genetta</i>	0,0163*	2	1,270733 - 273,6212
<i>Rodentia-Ichneumai albicauda</i>	0,0004***	2	2,807051 - 108,1546
<i>Genetta genetta-Mungo mungo</i>	0,0053**	2	1,889894 - 265,0572

Tableau 4 : Résultats des cooccurrences significatives du test exact de Fisher.

### 3.4 Suivi de deux terriers sur 3 ans

Parmi les terriers suivis par piège photographique et se trouvant sur les transects, deux terriers ont également été suivis en 2022 et 2023. Le premier terrier est un terrier « complexe » qui abrite six entrées situées proches les unes des autres (Figure 24). En 2022 et 2023, quatre entrées étaient non obstruées et présentaient des traces de fréquentation. En 2024, cinq des six entrées étaient bouchées et une seule entrée présentait des traces de fréquentation importante. En 2022 et 2023, quatre de ces ouvertures ont été suivies par deux pièges photographiques pour un total de 20 jours de suivi. En 2022, le suivi a permis d'observer des chiroptères et *Hystrix cristata* pénétrant dans les terriers. En 2023, les observations ont changé : aucune observation de *Hystrix cristata*, mais des observations de *Herpestes ichneumon* et *Phacochoerus africanus* pénétrant dans une des entrées du terrier. En 2024, un piège caméra enregistrant l'entrée non bouchée pendant 20 jours a permis d'enregistrer la pénétration dans le terrier de chiroptères, *Hystrix cristata*, *Phacochoerus africanus*, *Herpestes ichneumon*, ainsi que de nouvelles espèces non observées en 2022 et 2023, telles que des rongeurs (*Rodentia*), *Ichneumia albicauda* et *Ptilophachus petrosus*.



Figure 24 : Photographies d'un terrier complexe suivi sur 3 années (année 2023 à gauche, année 2024 à droite).

Concernant le second terrier suivi, il s'agissait également d'un terrier complexe présentant quatre ouvertures. Le suivi sur une période totale de 20 jours en 2022 et 2023 a permis d'enregistrer la pénétration de deux espèces : *Hystrix cristata* et des chiroptères. En 2024, une entrée du terrier s'était effondrée et deux étaient bouchées. Une entrée a été suivie pendant 20 jours, permettant d'identifier des chiroptères, *Hystrix cristata*, et d'ajouter, par rapport aux observations de 2022 et 2023, la présence de *Phacochoerus africanus*, *Herpestes ichneumon* et des rongeurs (*Rodentia*).

## 3.5 Influence des facteurs environnementaux sur la fréquentation des terriers

### 3.5.1 Régression linéaire multiple

Une régression linéaire multiple a été réalisée afin d'évaluer l'effet des divers facteurs environnementaux sur la richesse en espèces ( $\alpha$ ) pénétrant dans les terriers suivis en 2024. Les résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) associée à ce modèle sont présentés dans le Tableau 5.

Facteurs	P values ( $\alpha$ )
Type de sol	0,0002450 ***
Type de végétation	0,0008667 ***
Présence d'insectes	0,0344232*
Distance à la piste	0,7679681
Distance au fleuve	0,5458144
Diamètre entrée	0,5308158
Nombre entrée	0,1318206
Géomorphologie	0,4961859
Brulis	0,4158642
Orientation	0,2451186

Tableau 5 : Résultats de l'ANOVA de l'influence des paramètres environnementaux sur la richesse en espèces pénétrant dans les terriers.

L'analyse des facteurs environnementaux influençant la richesse spécifique ( $\alpha$ ) a révélé plusieurs résultats significatifs. Le type de sol et le type de végétation ont un effet hautement significatif sur la richesse en espèces. De plus, la présence d'insectes montre un effet significatif sur la richesse spécifique. Pour approfondir l'analyse des différences significatives entre les catégories des différents facteurs, un test de Tukey a été réalisé après l'ANOVA (Tableau 6). Ce test post-hoc permet de comparer les moyennes de plusieurs groupes afin d'identifier spécifiquement quelles catégories se distinguent en matière de richesse spécifique.

	Différence (diff)	Limite inférieure	Limite supérieure	p ajustée (p adj)
<b>Type de sol</b>				
structure - sable	-2,2175	-3,2908	-1,1442	0,0002***
<b>Présence d'insectes</b>				
oui - non	1,1793	0,0372	2,3214	0,0435*
<b>Type de végétation</b>				
Forêt claire - bambusaie	1,4194	-0,9809	3,8197	0,4331
Savane arbustive-bambusaie	-1,4780	-3,8783	0,9223	0,3932
Savane arborée-bambusaie	-0,3452	-2,7454	2,0551	0,9930
Savane boisée-bambusaie	1,6466	-0,7537	4,0468	0,2899
Savane arbustive - Forêt claire	-2,8974	-5,2977	-0,4971	0,0123*
Savane arborée - Forêt claire	-1,7646	-4,1648	0,6357	0,2290
Savane boisée - Forêt claire	0,2272	-2,1731	2,6274	0,9986
Savane arborée - Savane arbustive	1,1328	-1,2674	3,5331	0,6440
Savane boisée - Savane arbustive	3,1246	0,7243	5,5248	0,0063**
Savane boisée - Savane arborée	1,9917	-0,4085	4,3920	0,1390

Tableau 6 : Résultats du test de Tukey sur les facteurs influençant significativement la richesse spécifique d'espèces pénétrant dans les terriers.

Le test de Tukey révèle des différences significatives en termes de richesse spécifique liées aux types de sol, de végétation et à la présence d'insectes. Tout d'abord, concernant le type de sol, une différence hautement significative a été observée. En effet, la richesse spécifique est en moyenne de 2,2 espèces inférieure dans les terriers présentant un sol structuré, comparativement à un sol sableux. L'intervalle de confiance à 95 % compris entre -3,29 et -1,14 suggère que la vraie différence entre les deux groupes se situe dans cette plage de valeurs, ce qui indique une différence significative entre les sols sableux et ceux présentant une structure.

Pour ce qui est du type de végétation, une différence significative a été notée entre les terriers situés dans la forêt claire et ceux dans la savane arbustive. Les terriers de la savane arbustive présentent une richesse spécifique inférieure de 2,9 espèces par rapport à ceux de la forêt claire, avec un intervalle de confiance compris entre -5,3 et -0,5. Par ailleurs, les terriers dans la savane boisée affichent également une richesse significativement plus élevée que ceux de la savane arbustive, avec une différence de 3,12 espèces et un intervalle de confiance compris entre 0,72 et 5,52.

Cependant, d'autres comparaisons entre les types de végétation, telles que celle entre la savane arborée et la bambusaie, ainsi que celle entre la savane boisée et la forêt claire, ne montrent pas de différences significatives ( $p_{adj} > 0,05$ ). Cela suggère que les variations de richesse spécifique entre ces groupes ne sont pas suffisamment marquées pour être considérées comme significatives.

En ce qui concerne la présence d'insectes, une différence significative a également été mise en évidence. Les terriers où des insectes sont présents affichent une richesse spécifique supérieure d'environ 1,18 espèces par rapport à ceux où aucun insecte n'est observé. Néanmoins, l'intervalle de confiance à 95 % compris entre 0,0372 et 2,3214 inclut la valeur 1, ce qui signifie qu'il existe une possibilité, bien que faible, que la différence entre les groupes soit en réalité négligeable.

### 3.5.2 Analyse Non-Métrique de l'Échelle Multidimensionnelle (NMDS)

Pour compléter l'analyse de l'influence des paramètres environnementaux sur la fréquentation des terriers, une Analyse Non-Métrique de l'Échelle Multidimensionnelle (NMDS) basée sur l'indice de diversité de Bray-Curtis a été réalisée (Figure 25). Cette analyse met en évidence les dissimilarités entre les groupes de terriers stratifiés selon la végétation et identifie les facteurs environnementaux pouvant expliquer la formation de ces groupes.

Les terriers situés dans les différents types de savanes (savane boisée, savane arborée, savane arbustive) se regroupent, présentant des communautés d'espèces similaires, tandis que la forêt claire se démarque des savanes par la présence d'espèces telles que *Mellivora capensis* (Ratel), *Ptilopacus petrosus* (Poulette de roche) et *Tchagra senegalus* (Tchagra à tête noire). La bambusaie se démarque également des autres groupes de terriers par la présence d'*Orycteropus afer* (Oryctérope), *Papio papio* (Babouin de Guinée), *Numida meleagris* (Pintade de Numidie) et *Cameroptera brachyura* (Camaroptère à tête grise).

Parmi les facteurs environnementaux, le couvert de la canopée, la géomorphologie de type pente et plateau présentent une  $p$ -valeur significative ( $< 0,05$ ), expliquant l'association entre le facteur environnemental et l'espace ordonné. Pour la bambusaie et la forêt claire, le couvert de la canopée ainsi que la géomorphologie de type pente semble expliquer la représentation de ces groupes. En revanche, la géomorphologie de type plateau démontre la distribution des groupes de savanes.

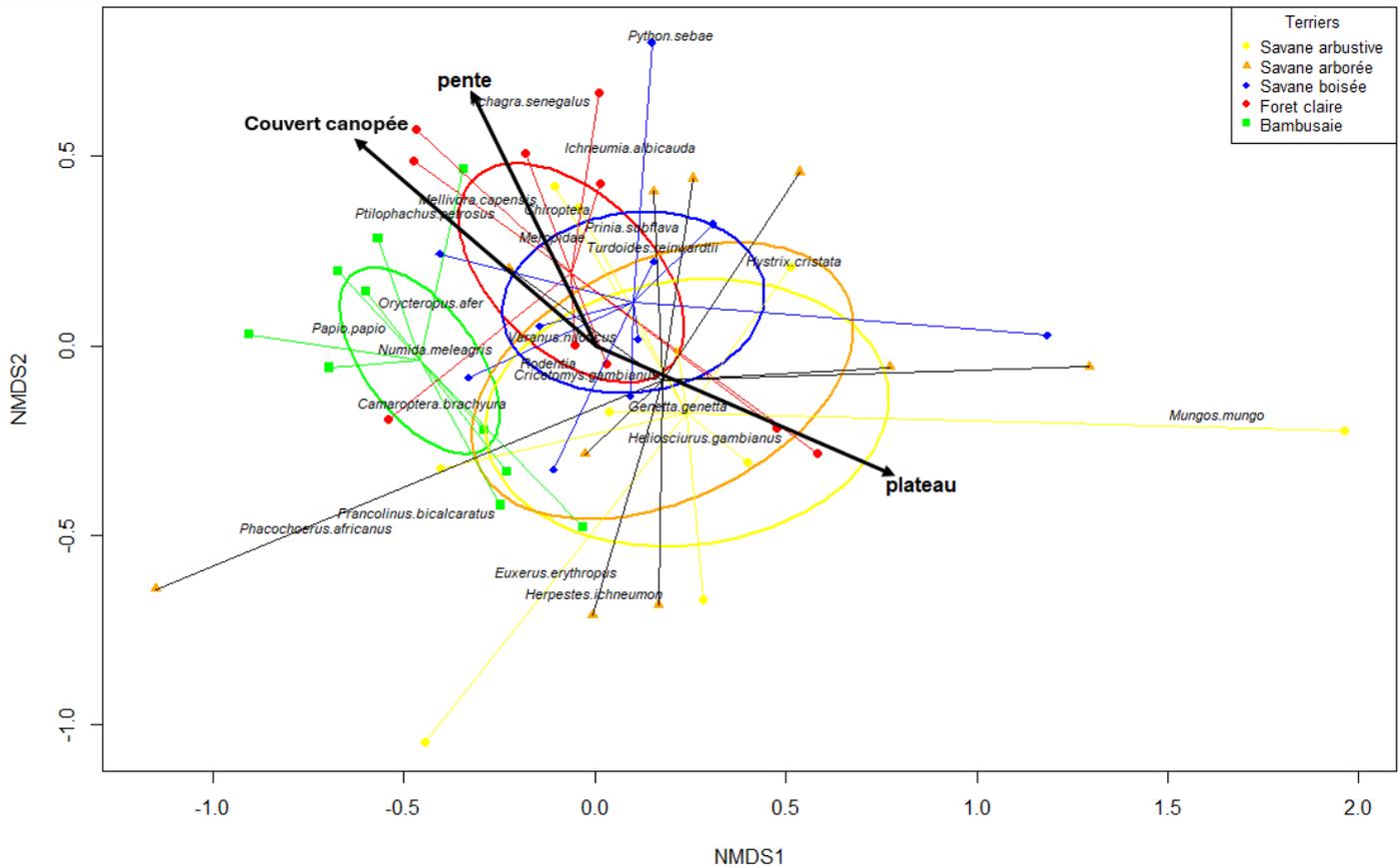


Figure 25 : Analyse multidimensionnelle non paramétrique (NMDS) des espèces associées à 50 terriers. Les flèches illustrent les paramètres environnementaux, tandis que les symboles représentent les terriers classés en fonction de cinq types de végétation.

### 3.6 Etude des interfaces de contacts entre primate et primates non humains

Les résultats de 4 jours de suivi et 23 heures d'observation d'un groupe de 18 singes verts par scan et « *all occurrence sampling* » au sein d'une zone d'interface de contact entre singes verts et humains sont repris dans la Figure 26. Les singes verts ont passé 40 % de leur temps à être inactifs et 16 % de leur temps à se nourrir. Il s'agit en effet des deux activités clés dans la vie d'un animal. Parmi les activités secondaires, il en ressort que les singes verts passent 8 % de leur budget d'activités à avoir des contacts directs (3 %) ou indirects (5 %) avec les humains présents dans le camp. Il est important de contextualiser que ce pourcentage est non négligeable, compte tenu du fait que, durant le suivi, aucun touriste n'était présent dans le camp et seulement quatre employés étaient présents durant les 4 jours de suivi. La contextualisation des interfaces de contacts avec les touristes n'a donc pas pu être réalisée. Néanmoins, une courte observation a été faite après le suivi, où un touriste nourrissait un singe vert, témoignant également de la présence de contacts avec les touristes.

Concernant les contacts directs et indirects, la méthode du « *all occurrence sampling* » permet de visualiser la proportion occupée par les différentes catégories qui composent ces contacts. Il en ressort que, parmi les contacts directs, 58 % d'entre eux sont liés à la nourriture, tels que lorsqu'un primate prend de la nourriture directement de la main ou mendie activement de la nourriture auprès d'un humain.

40 % des contacts directs sont neutres ou affiliatifs, comme lorsque le vervet partage le même espace qu'un humain et le touche, et 2 % sont agonistiques, lorsque le singe vervet montre des signes d'agressivité envers un humain et présente des risques de morsures.

Les contacts indirects sont composés de deux catégories : la première est les contacts indirects neutres (57 %), lorsque les primates touchent les structures utilisées par les humains, telles que les tables, les chaises, ou touchent les ustensiles de cuisine. 43 % sont liés à la nourriture, lorsque les singes pillent les sacs ou objets laissés par les humains, notamment en fouillant dans les poubelles ou en volant de la nourriture directement dans la cuisine.

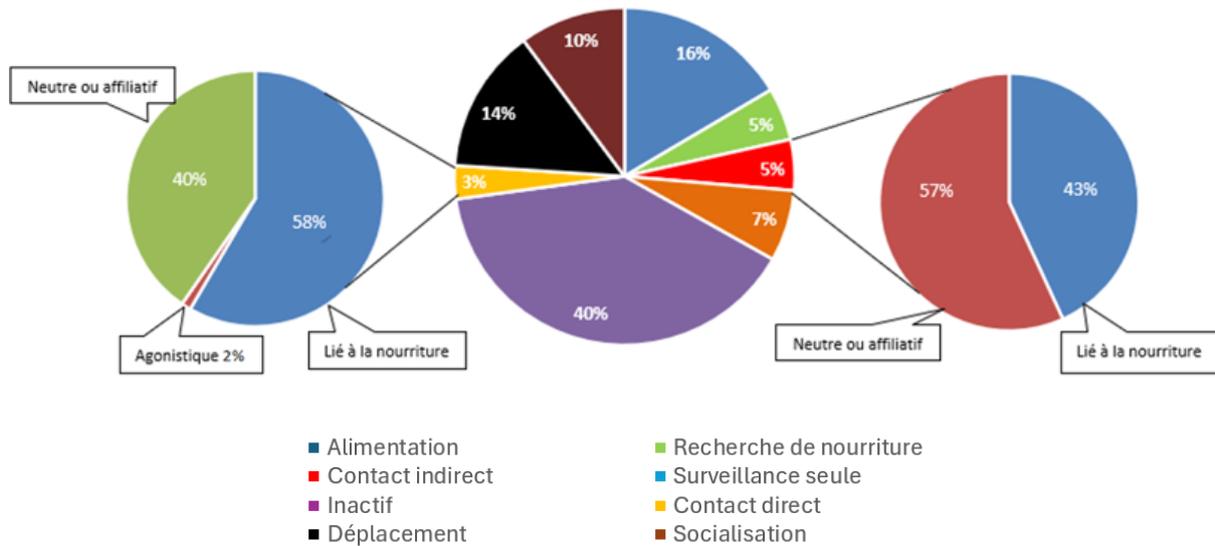


Figure 26 : Budget d'activités et des proportions de contacts avec les humains occupés par *Chlorocebus sabaeus*.

La Figure 27 montre l'évolution des différentes proportions du budget d'activité qu'occupent les interfaces de contacts directs et indirects au cours de la journée. Il en ressort deux pics d'activité. Le premier, vers midi, concerne les interactions directes, correspondant à l'heure des repas où les singes verts se dirigent en grand nombre vers la cuisine et les tables où les gens prennent leurs repas. Ensuite, un pic d'interactions indirectes apparaît vers 14h, lorsque les primates restent dans la zone de la cuisine et les endroits où les déchets sont jetés après les repas.

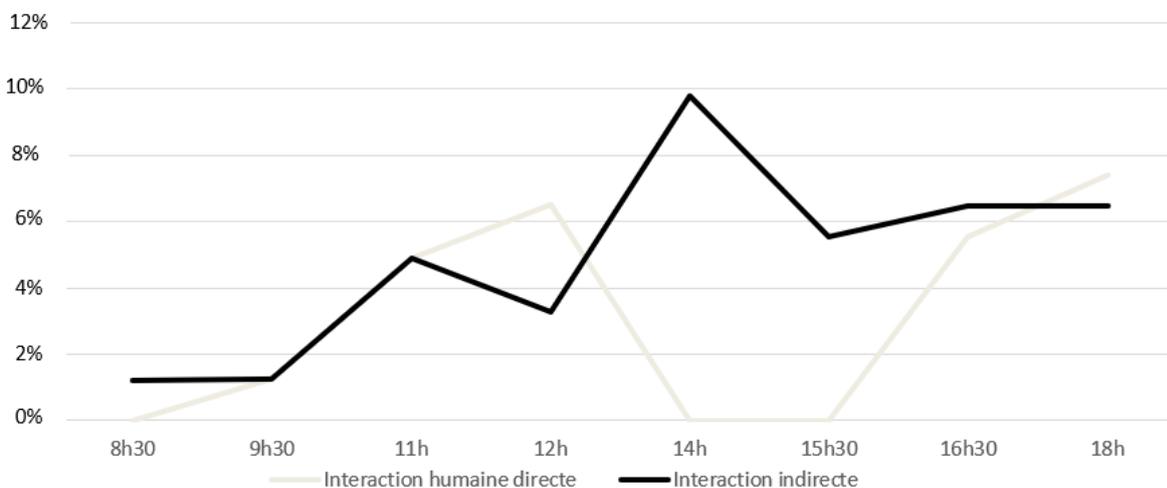


Figure 27 : Evolution des proportions de temps alloués au contact direct et indirect.

## 3.7 Analyse des pathogènes

### 3.7.1 PCR ciblées

Le Tableau 7 présente les résultats des différentes PCR réalisées sur les échantillons prélevés de diverses espèces. Pour les échantillons de fèces de *Chlorocebus sabaenus* pris au sein du camp du Lion, la présence de *Cryptosporidium* spp., genre de pathogènes responsable de diarrhées débilantes chez les humains immunocompétents et immunodéprimés (Chacin-Bonilla et al., 1992, 2001), a été relevée. Concernant les autres échantillons de fèces récoltés aux abords des terriers, *Phacochoerus africanus* semble présenter le même genre d'helminthes.

*Hystrix cristata* présente comme pathogène *Cytoisospora* spp., avec l'espèce identifiée comme la plus proche étant *Cystoisospora timoni* cette espèce n'est pas reconnu comme étant pathogènes pour l'humain.

En ce qui concerne les tiques de l'espèce *Rhipicephalus sanguineus*, aucun pathogène n'a été révélé parmi les différentes PCR réalisées. Pour les chiroptères, la présence de coronavirus et de Lyssavirus est également négative. Cependant, deux genres de chiroptères ont pu être identifiés : *Nycteris* spp., confirmant le résultat de la capture (section 3.2.2), et une espèce semblant proche de *Sturnira tildae*. Il est à noter que cette dernière espèce de chiroptère ne se retrouve pas en Afrique de l'Ouest, et pourrait être proche d'une autre espèce présente dans la zone ( communication personnelle, Blairoudeurs,2024).

Lieu	Echantillons	Analyse	Résultat
Camp du lion	Vervets 1-4	PCR <i>Apicomplexa</i> spp.	NEG
	Vervets 5-8	PCR <i>Apicomplexa</i> spp.	<i>Cryptosporidium</i> spp.
	Vervets 9-12	PCR <i>Apicomplexa</i> spp.	NEG
Terriers	Porc-épics 1-4	PCR <i>Apicomplexa</i> spp.	<i>Cystoisospora</i> spp. (le plus proche : <i>C. timoni</i> )
	Phacochères 1-2	PCR <i>Apicomplexa</i> spp.	<i>Cryptosporidium</i> spp.
	<i>Rhipicephalus sanguineus</i> (Tiques)	PCR Nairovirus	NEG
		PCR Flavivirus	NEG
		PCR <i>Borrelia burgdorferi</i>	NEG
		PCR <i>Coxiella burnetii</i>	NEG
	Chauve-souris 1-2	PCR <i>Coronavirus</i> spp.	NEG
		PCR <i>Lyssavirus</i>	NEG
	Chauve-souris 1	PCR identification d'espèces de chiroptères	Chauve souris 1 : NEG
	Chauve-souris 2		Chauve souris 2 : espèce la plus proche = 82,19% d'identité avec <i>Sturnira tildae</i>
			Chauve-souris 2: 90% d'identité avec <i>Nycteris</i> spp.

Tableau 7 : Résultats des analyses de pathogènes pour les PCR ciblées

### 3.7.2 Analyse 16s

Le graphique présenté dans la Figure 28 illustre le résultat des analyses de la composition relative des communautés bactériennes dans trois échantillons distincts : deux provenant des échantillons de fèces de singes verts et un provenant de tiques. Les différents genres bactériens sont représentés par des couleurs variées, comme indiqué dans la légende à droite du graphique.

Dans les échantillons de fèces de singes verts, le genre *Treponema* se distingue par sa présence significative. Notamment, dans l'échantillon regroupant trois échantillons V6-11-12, *Treponema* constitue environ 25 % de la communauté bactérienne totale, tandis que dans l'échantillon regroupant les autres échantillons de fèces de Vervets (Vothers), il est également présent mais en proportions légèrement moindres. Cette abondance suggère que *Treponema* joue un rôle important dans le microbiome intestinal des singes verts. Il est intéressant de noter que ce genre comprend des espèces comme *Treponema pallidum*, responsable de la syphilis chez l'homme (Centurion-Lara et al., 2006).

En revanche, le genre *Francisella* est absent dans les échantillons de singes verts. Cependant, *Francisella* domine de manière écrasante la communauté bactérienne dans l'échantillon de tiques, représentant environ 90 % de l'abondance totale. Ce résultat est cohérent avec le fait que *Francisella* est un genre souvent associé aux tiques, certaines espèces étant des agents pathogènes bien connus, comme *Francisella tularensis*, responsable de la tularémie (Rahrvani et al., 2022).

En somme, ce graphique met en évidence une différence marquée entre les communautés bactériennes des singes verts et des tiques, avec une prédominance de *Treponema* chez les singes verts et de *Francisella* chez les tiques.

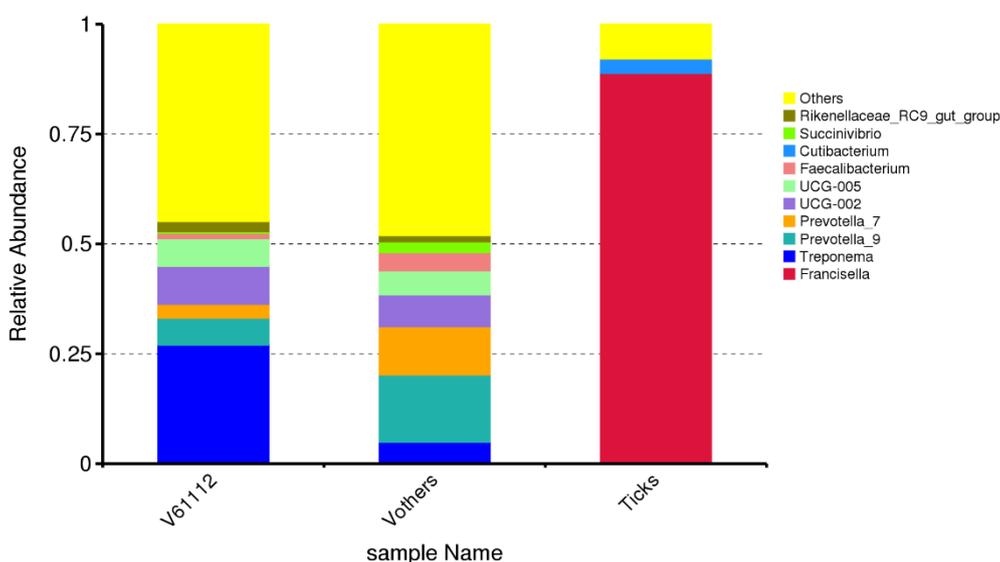


Figure 28 : Graphique des abondances relatives des taxons bactériens, (Novogene).

## 4. Discussion

### 4.1 Caractérisation des terriers

La caractérisation des terriers de la zone d'étude, trouvés sur les transects répartis selon les types de végétation, a permis de visualiser la répartition des facteurs environnementaux associés aux terriers (Figure 17). Néanmoins, bien que la végétation soit un bon indicateur, car elle est souvent influencée par d'autres paramètres environnementaux tels que le type de sol et la géomorphologie, il est important de nuancer cette approche. En effet, des observations sur le terrain ont montré que la relation entre un type de végétation, un type de sol et une géomorphologie donnée n'est pas toujours univoque, par exemple, les savanes et les forêts claires peuvent se retrouver sur plusieurs types de sols et géomorphologies. Par conséquent, stratifier uniquement en fonction de la végétation pourrait conduire à des conclusions simplifiées concernant la répartition des paramètres environnementaux des terriers de cette étude. Il faudrait donc stratifier selon chaque paramètre environnemental afin d'avoir une idée de leur répartition précise.

Les densités de terriers calculées en fonction de la distance aux transects sont respectivement de 458,33 terriers/km<sup>2</sup> dans la bambusaie, 108,33 terriers/km<sup>2</sup> dans la forêt claire, 125 terriers/km<sup>2</sup> dans la savane boisée, 95,78 terriers/km<sup>2</sup> dans la savane arborée et 92,07 terriers/km<sup>2</sup> dans la savane arbustive. Ces densités peuvent être comparées à celles rapportées par Whittington-Jones et al. (2011) dans une étude menée sur les terriers d'oryctérope dans trois zones en Afrique du Sud avec un climat similaire à la zone d'étude (Tableau 8). La densité de terriers observée dans la réserve privée de Kwandwe montre une similitude avec celle de la bambusaie de la zone d'étude. Cette similitude pourrait s'expliquer par des types de sol et une géomorphologie semblable à celles présentes dans la bambusaie. En effet, le site de Kwandwe est caractérisé par des sols de mudstone et grès gris/rouge, des sols sablo-argileux et sableux, et une géomorphologie présentant des pentes colluviales sableuses/argileuses adjacentes et des plateaux. Les bambous de la zone d'étude se trouvant majoritairement sur des sols sableux et dans les pentes colluviales, cela pourrait expliquer cette similitude.

Une autre comparaison peut être faite entre les terriers présents dans les savanes et la forêt claire avec la réserve de Tswalu-Kalahari. Ce site est caractérisé par des sols rouges et des plaines qui sont similaires aux sols rouges et aux plateaux où l'on retrouve majoritairement les savanes et la forêt claire du PNKK. Ces comparaisons suggèrent que des caractéristiques environnementales spécifiques, telles que le type de sol et la géomorphologie, pourraient jouer un rôle dans la distribution et la densité des terriers. Cela indique que la végétation seule ne suffit pas à expliquer la densité des terriers et que des analyses multifactorielles sont nécessaires pour une compréhension plus complète des facteurs influençant la présence des terriers. De plus, ces résultats peuvent orienter les stratégies de conservation en mettant en évidence les conditions environnementales à privilégier pour la protection et la gestion des habitats naturels.

	Parc national des Zèbres de montagnes	Réserve Tswalu Kalahari	Réserve privée Kwandwe
<b>Climat</b>	semi-aride à aride	aride	semi-aride
<b>Type de sol</b>	Mudstones, des grès et des shistes Sols argileux très fertiles.	Sol rouge à grains fins parsemé d'affleurement sargement dispersés de calcrète	Mudstone et grès gris/rouge, sols sablo-argileux et sols sableux.
<b>Végétation</b>	Forêt dominée par <i>Acacia karroo</i> - <i>Pentzia globosa</i>	5 types de végétation mais dominée par <i>Acacia Haemotoxylon</i>	Les espèces dominantes dans cette zone sont <i>Rhus lancea</i> , <i>Acacia karroo</i> , <i>Combretum caffrum</i> et <i>Panicum maximum</i>
<b>Géomorphologie</b>	Montagnes avec vallées à flancs raides, plateaux à pente moyenne, contreforts et plaines ondulées	Plaines avec des basses terres situées entre des dunes parallèles dispersées.	Pentes colluviales sableuses/argileuses adjacentes et plateaux
<b>Densité (terriers/km<sup>2</sup>)</b>	795	122	516

Tableau 8 : Paramètres environnementaux et densités de terriers des trois sites d'étude de Whittington-Jones (Whittington-Jones, 2011).

Par ailleurs, 32 % des gueules des terriers présentent une orientation vers l'ouest. Cette valeur pourrait s'expliquer par la nécessité d'éviter les vents chauds et secs, tels que l'alizé continental d'est ou harmattan, issus de l'anticyclone saharien présent dans le parc de mars à mai et s'accompagnant parfois de brume sèche (Direction des parcs nationaux, 2018). En évitant une orientation vers l'est, les terriers sont également protégés du soleil direct du matin, ce qui peut prévenir une montée rapide de la température intérieure au lever du jour.

## 4.2 Occurrences d'espèces

### 4.2.1 Comparaison avec l'étude de Daelemans 2023

Le suivi par piège photographique a permis d'identifier 16 nouvelles espèces pénétrant dans les terriers par rapport au suivi de 2023. Cette augmentation notable pourrait s'expliquer par plusieurs différences méthodologiques, telles qu'un effort d'échantillonnage plus important et constant (20 jours par terrier) contre moins de 10 jours et non constant en 2023 et avec en 2023 une majorité de terriers situés à proximité des pistes. Ainsi que, la disposition des caméras plus proches des entrées des terriers (1 mètre contre 3,78 mètres en moyenne en 2023) et l'utilisation de pare-soleil qui ont pu augmenter la sensibilité de détection des pièges photographiques expliquant cette différence. En effet, les caméras détectant les différences de température grâce à un capteur infrarouge, une exposition prolongée à la chaleur pourrait réduire leur efficacité.

Ces différences pourraient également se refléter dans les RAI, en moyenne plus élevés en 2024 qu'en 2023 pour les petites espèces telles que les Chiroptères (RAI = 98,2 en 2024 et RAI = 7,12 en 2023). De même, les résultats montrent une augmentation du nombre d'espèces de petite taille avec l'ajout de 4 espèces d'oiseaux, 3 espèces de rongeurs et 2 espèces de reptiles se déplaçant lentement, tels que *Varanus niloticus* et *Python sebae*.

Cependant, bien que ce suivi ait permis d'identifier un grand nombre d'espèces, le fait de revenir plusieurs fois vérifier les pièges photographiques et changer les piles pourrait avoir influencé les résultats et la présence de certaines espèces. De même, le dégagement de la végétation dans le champ des caméras et autour de celles-ci pour éviter les faux déclenchements et la propagation du feu pourrait exercer une influence.

### 4.2.2 Comparaison avec d'autres études

En comparant les espèces identifiées dans cette étude avec celles de Whittington-Jones et al. (2011), qui ont recensé 27 espèces pénétrant dans les terriers d'oryctérope en Afrique du Sud (Figure 29), plusieurs similitudes et différences intéressantes apparaissent. Les deux études ont constaté la présence de Carnivores, Suiformes, Lagomorphes, Passeriformes, Squamates et Rongeurs. Cependant, un RAI élevé de 5,2 pour les rongeurs non identifiés dans cette étude, par rapport à la diversité importante de rongeurs observée dans la Figure 29, suggère une possible sous-représentation du nombre d'espèces de ce taxon dans ce travail. De plus, aucun amphibien n'a été enregistré durant cette étude, mais 10 espèces d'oiseaux ont été recensées, contre 2 dans celle de Whittington-Jones.

<b>Small mammals</b>	
Rodentia	<i>Desmodillus auricularis</i> <sup>n</sup> <i>Gerbilliscus brantsii</i> <sup>n</sup> <i>Gerbilliscus leucogaster</i> <sup>n</sup> <i>Gerbillurus paeba</i> <sup>n</sup> <i>Mastomys natalensis</i> <sup>n</sup> <i>Michaelamys namaquensis</i> <sup>n</sup> <i>Mus indutus</i> <sup>n</sup> <i>Mus minutoides</i> <sup>n</sup> <i>Mystromys albicaudatus</i> <sup>n</sup> <i>Rhabdomys pumilio</i> <sup>d</sup> <i>Saccostomus campestris</i> <sup>n</sup>
Eulipotyphla	<i>Myosorex varius</i> <sup>n,d</sup>
<b>Other mammals</b>	
Lagomorpha	<i>Lepus saxatilis</i> <sup>n</sup>
Rodentia	<i>Hystrix africaeustralis</i> <sup>n,d</sup> <i>Xerus inauris</i> <sup>d</sup>
Carnivora	<i>Canis mesomelas</i> <sup>n,d</sup> <i>Cynictis penicillata</i> <sup>d</sup> <i>Felis lybica</i> <sup>n,d</sup> <i>Otocyon megalotis</i> <sup>n,d</sup> <i>Proteles cristatus</i> <sup>n,d</sup>
Suiformes	<i>Phacochoerus africanus</i> <sup>d</sup>
<b>Birds</b>	
Passeriformes	<i>Hirundo dimidiata</i> <sup>d</sup> <i>Myrmecocichla formicivora</i> <sup>sd</sup>
<b>Reptiles</b>	
Squamata	<i>Agama aculeata</i> <sup>d</sup> <i>Mabuya capensis</i> <sup>d</sup> <i>Varanus albigularis</i> <sup>d</sup>
<b>Amphibians</b>	
Anura	<i>Bufo garipeensis</i> <sup>n,d</sup>

Figure 29 : Liste d'espèces recensées dans les terriers d'oryctérope par Whittington-Jones. (Whittington-Jones et al., 2011).

Ces différences pourraient s'expliquer par la durée plus longue de l'étude de Whittington-Jones, qui s'est déroulée sur une année entière et a couvert plusieurs saisons, ainsi que par leur méthode, qui incluait l'observation directe des espèces et de leurs traces, ainsi que l'utilisation de pièges Sherman pour identifier les petits mammifères. Cependant, ces techniques peuvent être moins adaptées pour détecter les oiseaux, ce qui pourrait expliquer leur sous-représentation.

Par ailleurs, Hockey et al. (2005) documentent que 16 espèces d'oiseaux utilisent les terriers d'oryctérope pour nicher, ce qui est en accord avec le nombre élevé d'espèces d'oiseaux observées dans cette étude. De plus, cela corrobore les observations faites dans ce travail, notamment sur les *Merops* (Guépiers), qui creusent directement dans la paroi des terriers pour y établir leurs nids.

En comparant à une autre étude réalisée par Skinner et Smithers (1990) qui ont révélé la présence de 18 espèces de mammifères fréquentant les terriers d'oryctérope en Afrique du Sud (Tableau 9), il en ressort également des similitudes et différences intéressantes avec notre étude. Tout d'abord, les chiroptères, lagomorphe, rongeur, carnivore et suiformes sont repris dans les deux études. Néanmoins, la présence de Pholidote avec le pangolin n'a pas pu être établie mais il se pourrait que cette espèce fréquente bien les terriers du parc. En effet, de récentes observations faites au PNKK, rapportées dans l'étude de Ndiaye et al. (2024), ont démontré la présence de pangolins (*Smutsia gigantea*). Cette espèce utilisant les terriers pour son habitat, cela suggère qu'elle pourrait également être retrouvée dans les terriers du PNKK.

Ensuite, parmi les Chiroptères, le genre *Nycteris* est présent dans les deux études, suggérant une présence répandue de ce genre dans les terriers. Cette suggestion est d'ailleurs corroborée par les captures réalisées dans les terriers de la réserve du Boundou situé au nord du PNKK, où *Nycteris macrotis*, *Hipposideros ruber* et *Hipposideros tephros* ont été identifiés (communication personnelle, Blairoudeurs, 2024). Ces captures peuvent également être mises en relation avec les résultats des capteurs acoustiques placés en 2023 par Daelemans (2023) dans la zone d'étude, qui ont identifié les familles *Hipposideridae* et *Nycteridae*, soulignant ainsi la présence de divers genres et espèces de chiroptères dans les terriers du PNKK.

Concernant les primates dans les terriers, les recherches bibliographiques effectuées dans ce travail n'ont permis d'identifier que les observations de Turner et al. (2019) sur *Chlorocebus aethiops* pénétrant dans les terriers d'oryctérope à des fins d'abris thermiques. Cependant, aucune information n'a pu être trouvée concernant les espèces *Chlorocebus sabaeus* et *Papio papio* mentionnées dans cette étude. Cette absence de données pourrait

indiquer une adaptation comportementale différente de ces espèces face aux variations environnementales, ou encore un manque d'études ciblées sur ce comportement particulier.

	Nom latin
<b>Chiroptera</b>	<i>Nycteris hispidus</i>
	<i>Rhinolophus hildebrandtii</i>
<b>Lagomorpha</b>	<i>Lepus capensis</i>
<b>Rodentia</b>	<i>Hystrix africaeaustralis</i>
	<i>Saccostomus campestris</i>
<b>Pholidota</b>	<i>Manis temminckii</i>
<b>Carnivora</b>	<i>Panthera pardus</i>
	<i>Felis caracal</i>
	<i>Felis lybica</i>
	<i>Felis nigripes</i>
	<i>Otocyon megalotis</i>
	<i>Lycaon pictus</i>
	<i>Canis adustus</i>
	<i>Canis mesomelas</i>
	<i>Genetta genetta</i>
	<i>Galerella sanguinea</i>
<i>Mungos mungo</i>	
<b>Suiformes</b>	<i>Phacochoerus aethiopicus</i>

Tableau 9 : Listes des espèces des mammifères recensées dans les terriers d'oryctérope par Skinner et Smithers (1990) (Skinner et Smithers, 1990).

### 4.2.3 Insectes et autres Arthropodes

Concernant la richesse en insectes, l'étude de Whittington (2006), réalisée sur une période d'un an en Afrique du Sud, a recensé 22 familles présentes dans les terriers, capturées à l'aide de pièges à fosse, contre 12 familles dans notre étude. Une explication possible de ce sous-effectif pourrait être une durée de piégeage plus courte, ainsi que le fait que les pièges se vidaient rapidement de leur eau dans cette étude en raison des températures élevées et des animaux venant boire. Par ailleurs, le suivi ayant été réalisé en saison sèche, et les insectes étant plus abondants en saison humide (Direction des parcs nationaux, 2018), le nombre de familles pourrait augmenter avec un suivi couvrant différentes saisons.

En ce qui concerne les pièges à chute, bien qu'ils présentent des avantages, ils ont également des inconvénients. Leur efficacité de piégeage varie en fonction de l'activité des insectes et ils présentent un biais envers les insectes de surface (Topping et Sutherland, 1992; Thomas et Marshall, 1999). Il est également envisageable que le placement de pièges à fosse dans les chambres de couchage des terriers aurait permis de capturer une plus grande diversité d'invertébrés, en particulier des parasites tels que les puces et les tiques (Hancox, 1988). Malheureusement, cette approche est impraticable sans entreprendre la tâche extrêmement laborieuse et invasive d'excavation des terriers.

Parmi les résultats de cette étude, la présence d'une espèce de guêpe identifiée comme *Hemipepsis vindex* a été observée à de nombreuses reprises dans les terriers. Cette présence accrue pourrait être attribuée au fait que cette espèce se nourrit d'araignées vivant dans les terriers (communication personnelle, J-L Renneson, 2024, entomologiste). Ce résultat souligne l'importance des terriers dans la zone d'étude pour l'entomofaune.

### 4.3. Co-occurrences d'espèces

Les résultats de cette étude révèlent 238 co-occurrences dont 21 sont significatives. Ce nombre de co-occurrences important met en lumière la richesse des interactions entre espèces, mais également que ces associations ne seraient pas le fruit du hasard. En effet, parmi les co-occurrences significatives, certaines ont déjà été documentées dans la littérature. Par exemple, la co-occurrence entre *Phacochoerus africanus* et *Orycteropus afer* a été documentée en Afrique du Sud, où les phacochères sont fréquemment retrouvés dans les terriers d'oryctérope, préférant occuper un terrier existant plutôt que de creuser le leur (Melton, 1976 ; White et Cameron, 2009).

Parmi les co-occurrences significatives, quatre impliquent des chauves-souris (*Chiroptera*) avec des animaux fouisseurs (*Phacochoerus africanus*, *Orycteropus afer*, *Hystrix cristata* et *Euxerus erythropus*). Ce nombre important de co-occurrences impliquant des chiroptères pourrait s'expliquer par l'écologie de l'espèce capturée (cf. 3.2.2). En effet, *Nycteris macrotis* a tendance à utiliser fréquemment les terriers des animaux fouisseurs pour y nicher, comme mentionné par Taylor (2019). De plus, son régime alimentaire composé d'arthropodes et d'insectes pourrait expliquer sa présence dans de nombreux terriers, où se trouvent ses proies et où elle ne niche pas forcément. Des observations de chiroptères chassant des insectes dans les terriers ont d'ailleurs été faites durant le suivi par pièges photographique. Cela pourrait justifier ainsi les nombreuses co-occurrences impliquant cette espèce.

D'autres co-occurrences significatives impliquent des associations entre prédateurs et proies, telles que *Icheumia albicauda* et *Herpestes icneumon* avec des rongeurs (Rodentia) qui font partie de leur alimentation comme mentionné dans (Kingdon, 2015). Ces co-occurrences pourraient suggérer que certaines associations sont dues à la prédation, mais elles pourraient également résulter d'une certaine tolérance, comme observé par Bhupathy (1986, 1987) en Inde, où des porc-épic et chauves-souris cohabitent avec le python, un de leurs prédateurs naturels.

Il est également important de reconnaître que certaines co-occurrences pourraient ne pas apparaître et être sous représentées dans cette étude en raison de facteurs biologiques et environnementaux. Par exemple, la structure interne des terriers pourrait influencer la présence de certaines espèces, comme démontré dans l'étude de Mukherjee et al., (2017) où une corrélation négative a été trouvée entre la hauteur des chambres et la co-occurrence « python et chauves-souris ».

## 4.4 Suivi des terriers sur 3 années

Le suivi de deux terriers sur une période de trois ans a permis de montrer l'occupation sur plusieurs années de diverses espèces au sein du même terrier, ainsi que l'abandon de certaines gueules parmi les terriers complexes. Cette étude pourrait être approfondie sur un plus grand nombre de terriers afin de déterminer quels facteurs environnementaux influencent leur abandon ou leur utilisation sur plusieurs années. Parmi ces facteurs environnementaux, le type de sol et la profondeur du substrat pourraient influencer la durabilité des terriers de l'oryctérope (Gordon et al., 1985 ; Reichman et Smith, 1990 ; Whitford et Kay, 1999 ; Woolnough et Steele, 2001 ; Shimmin et al., 2002). Les sols sableux, par exemple, sont plus faciles à creuser mais sont moins susceptibles de fournir un support structurel que les sols dominés par l'argile (Woolnough et Steele, 2001 ; Shimmin et al., 2002), suggérant une durabilité moins importante. Un échantillonnage équilibré entre les différents types de sol pourrait être réalisé afin d'étudier le rythme de création de nouveaux terriers et d'examiner l'effort qu'une espèce fouisseuse déploie pour entretenir un terrier plutôt que d'en créer un nouveau.

## 4.5 Facteurs environnementaux

### 4.5.1 Influence du type de sol sur la richesse en espèces

L'analyse des paramètres environnementaux a montré un effet hautement significatif du type de sol sur la richesse spécifique ( $\alpha$ ) dans les terriers. Les résultats révèlent que les terriers situés dans des sols sableux présentent une richesse spécifique significativement plus élevée que ceux dans des sols structurés. Il est important de souligner qu'à l'état actuel des recherches bibliographiques réalisées dans ce travail, aucune étude n'a encore établi ce lien. Néanmoins, les observations faites à l'aide de pièges photographiques de ce travail pourraient fournir des explications à ce phénomène. En effet, des observations ont été réalisées sur des guêpiers creusant directement leurs terriers dans les parois des terriers sableux, ainsi que sur des phacochères et des mangoustes à queue blanche évacuant du sable des terriers. Cela suggère qu'une plus grande facilité à creuser et à modifier les terriers pourrait influencer la fréquentation des différentes espèces favorisant ainsi une richesse spécifique plus importante. De plus, la composition des gaz dans les terriers pourrait expliquer ce résultat. En effet, celle-ci est influencée par plusieurs mécanismes, y compris la diffusion de l'oxygène et du dioxyde de carbone à travers les pores du sol (Maclean, 1981). Lorsque les particules de sol sont étroitement compactées, comme dans les sols argileux, cette diffusion est peu susceptible de fournir suffisamment d'oxygène aux grands mammifères (Wood, 1997 ; Woolnough et Steele, 2001).

Cela suggère que les terriers dans les sols sableux présentent une meilleure oxygénation et, par conséquent, pourraient favoriser davantage d'espèces. Néanmoins, bien que cette association se révèle significative, le regroupement des autres types de sol dans la catégorie « structure » et l'échantillonnage, qui n'a pas été équilibré selon les types de sol, pourraient influencer la significativité de ces résultats.

#### 4.5.2 Impact de la présence d'insectes sur la richesse des espèces

La présence d'insectes dans les terriers montre également un effet positif significatif sur la richesse spécifique, avec une augmentation d'environ 1,18 espèce en moyenne dans les terriers où les insectes sont présents. Les insectes jouant un rôle crucial dans le régime alimentaire de nombreuses espèces vivant dans des terriers, soit comme source de nourriture principale, soit en attirant d'autres proies (Whittington-Jones, 2006), pourraient ainsi créer un environnement plus riche en ressources, favorisant une plus grande diversité d'espèces. En effet, toutes les espèces d'oiseaux recensées dans cette étude peuvent inclure des insectes dans leur alimentation, de même que 13 espèces de mammifères et le *Varanus niloticus* parmi les reptiles. Cependant, tout comme pour le type de sol, ces résultats doivent être interprétés avec prudence, car le suivi n'a pas été équilibré selon ce paramètre, ce qui pourrait affecter la significativité des résultats.

#### 4.5.3 Type de végétation et richesse en espèces

Les résultats de cette étude montrent une influence significative du type de végétation sur la richesse spécifique et la répartition des espèces au sein des terriers. Les milieux avec une végétation plus dense et un couvert de canopée plus important semblent abriter un plus grand nombre d'espèces, comme le montrent l'analyse NMDS et les comparaisons effectuées avec le test de Tukey. Cette préférence des espèces pour ces types de milieux a également été observée dans l'étude de Mukherjee et al. (2017), réalisée en Inde dans le Parc National de Keoladeo, qui présente un climat semi-aride. Il a été démontré que les porcs-épics préfèrent les terriers entourés d'une végétation dense pour échapper aux conditions climatiques variables. Cela pourrait également être le cas au PNKK, où les milieux plus fermés tels que la forêt claire, la bambousaie et la savane boisée offrent des conditions climatiques moins extrêmes.

De plus, l'analyse NMDS révèle différentes communautés d'espèces selon les types végétations. Par exemple, dans la bambousaie, on retrouve l'oryctérope, la pintade de Numidie, le babouin de Guinée, et le camaroptère à tête grise. Toutefois, la végétation seule ne semble pas expliquer cette communauté. En effet, la littérature ne fournit pas d'explication claire quant à la présence de ces espèces au sein de la bambousaie. Il est donc crucial de considérer d'autres facteurs environnementaux non visibles dans l'analyse NMDS, comme le type de sol, qui pourrait expliquer ces répartitions. Par exemple, les bambousaies de la zone, qui poussent majoritairement sur des sols sableux, pourraient favoriser la présence de l'oryctérope, connu pour préférer ces sols pour creuser ses terriers (Skinner et Smithers, 1990). De même, la pintade de Numidie utilise les sols sableux pour effectuer des bains de poussière, ce qui l'aide à se débarrasser des parasites et à nettoyer ses plumes (Jacob et al., 2022), ce qui pourrait en expliquer sa présence dans cette communauté.

Cependant, pour d'autres espèces de cette communauté, telles que le babouin de Guinée et le camaroptère à tête grise, ainsi que pour les espèces de la communauté de la forêt claire, la littérature ne fournit pas d'explication précise quant à leurs relations écologiques avec ces types de végétation.

Ainsi, il est possible que des interactions complexes et des facteurs environnementaux supplémentaires, non repris dans cette étude ou sous-représentés, contribuent à la formation et à la structuration de ces communautés spécifiques.

## 4.6 Etude des singes verts au camp du lion

### 4.6.1 Budget d'activité

Les données issues du scan ont permis d'évaluer de manière préliminaire les proportions de temps alloués aux diverses activités des singes verts dans un environnement anthropisé. En confrontant ces résultats avec ceux du Tableau 10 repris de l'étude de Saj (1998), qui présente des budgets d'activité des vervets en milieu anthropisé et non anthropisé, et dont les catégories et définitions des budgets d'activité sont similaires à celles de cette étude, des analogies émergent concernant les proportions de temps consacrées à l'inactivité et à l'alimentation, comparées à celles observées chez les vervets du camp du lion. En effet, le temps dédié au repos 40 % représente plus de deux fois celui consacré à se nourrir 16 % dans notre étude, ce qui correspond aux observations rapportées par Saj (1998). En effet cette étude a révélé que l'accès à la nourriture humaine réduit le temps consacré à l'alimentation et augmente le temps d'inactivité. Cette comparaison suggère donc que l'accès à la nourriture humaine dans le camp du lion affecte directement le comportement naturel des singes verts. Cependant, étant donné le nombre limité de jours d'observation et le temps potentiellement nécessaire pour que les singes verts s'adaptent pleinement à l'observateur, ces résultats pourraient être biaisés.

**Table III.** Comparison of time budgets from this study with those from other provisioned and unprovisioned studies vervet\*

Study/location	Foraging strategy	Percent human food in diet	Activity budget (%)			
			Feed	Rest	Social	Move
This study Entebbe, Uganda	Food/crop-raid, handouts	50.2	24.2	44.3	10.7	14.2
Brennan <i>et al.</i> (1985) Amboseli, Kenya	Food-raid, handouts	50	20	43	20	16
Lee (1981) Amboseli, Kenya	Unprovisioned	0	40	32	5-8	25-27
Harrison (1983) Parc-National, Senegal*	Unprovisioned	0	50	45	12	—

\*Categories and definitions of activities for this study were similar to Brennan *et al.* (1985) and Lee (1981) to permit comparison (except for social activity).

\*Excluding infants.

Tableau 10 : Comparaison du budget d'activités temps du genre *Chlorocebus* en milieux anthropisés et non anthropisés. (Saj,1998).

### 4.6.2 Interfaces de contacts et risques de transmission zoonotique

En analysant les différents types de contacts observés et les pathogènes présents et potentiellement présents chez le singe vert (*Chlorocebus sabaues*), il est possible de mieux comprendre les risques de transmission de pathogènes aux humains au sein du camp du lion.

Tout d'abord, les contacts directs, majoritairement liés à la nourriture (58 %), et ceux neutres ou affiliatifs (40 %), pourraient présenter des risques de transmissions zoonotiques. Ces interactions impliquent une proximité physique significative, notamment lorsque les primates prélèvent la nourriture des mains des humains ou les touchent. Cette proximité favorise l'échange direct de fluides corporels, tels que la salive ou les matières fécales, facilitant la transmission de pathogènes comme des virus ou des parasites (Morse, 1995).

Ensuite, bien que les contacts agonistiques soient les moins fréquents (2 %), ils présentent également un risque élevé de transmission. Les morsures ou griffures de primates peuvent introduire des pathogènes directement dans le système sanguin humain.

Enfin, les contacts indirects, qu'ils soient liés à la nourriture ou neutres/affiliatifs, peuvent également conduire à des transmissions par contact des humains avec des surfaces et objets fréquemment touchés ou contaminés par les singes verts, notamment via l'urine ou les selles. Les contacts liés à la nourriture, comme le pillage de sacs ou la fouille dans les poubelles, peuvent également augmenter le risque de contamination croisée. Les primates fouillant dans les déchets peuvent être exposés à des agents pathogènes présents dans les déchets alimentaires, qu'ils peuvent ensuite transporter et transmettre à travers des surfaces ou des aliments volés.

Par ailleurs, les analyses des fèces des singes verts du camp du lion ont révélé la présence de *Cryptosporidium* spp., un genre de parasite intestinal connu pour causer des diarrhées chez les humains immunocompétents et immunodéprimés (Pape et al., 1994; Chacin-Bonilla et al., 1992, 2001). Ce parasite pourrait être transmis par contact direct des humains avec les sécrétions ou excréments des singes verts. D'autres études ont également identifié des parasites intestinaux du même type chez *Chlorocebus sabaeus*, tels que *Entamoeba histolytica/dispar*, *Blastocystis hominis* (Pape et al., 1994 ; Chacin-Bonilla et al., 1992, 2001). Ainsi que des adénovirus, responsables d'infections respiratoires légères chez les jeunes enfants et des maladies multi-organiques potentiellement mortelles chez les personnes immunodéprimées (Mancuso et al., 2023), qui peuvent également être transmis par ce type de contact.

De plus, une étude réalisée par Mediannikov et al. (2020) au Niokolo-Koba sur les singes verts, au camp de Simenti (camp situé à proximité du camp du lion), a démontré la présence de *T. pallidum* subsp. *pertenue*, une bactérie appartenant au même groupe que celles responsables de la syphilis vénérienne humaine. Cette souche est l'agent du pian, qui provoque des infections cutanées chroniques caractérisées par des tumeurs verruqueuses sur la peau qui se transforment en ulcères. La transmission de cette bactérie se fait entre humains par contact cutané avec les bactéries présentes dans les ulcères (WHO, 2019). Ces résultats sont particulièrement intéressants, car les analyses 16S ont révélé une prévalence élevée du genre *Treponema* dans les fèces récoltés au camp du lion, suggérant que, comparativement aux analyses du camp de Simenti, il s'agit de la même bactérie. Les singes verts pourraient donc servir de réservoir pour cette bactérie, et le nombre de contacts identifiés dans cette étude souligne le risque de transmission important associé à celle-ci.

Ces résultats, indiquent donc un risque réel de transmission zoonotique au camp du lion (Sénégal). Cependant, l'étude ayant été réalisée sur une période de 4 jours en l'absence de touristes, la fréquence des contacts pourrait être sous-estimée. De plus, l'étude n'a pas permis de contextualiser les contacts entre les primates non humains et les humains non locaux, tels que les touristes, qui pourraient également présenter des risques zoonotique préoccupants. En effet, car les voyages internationaux contribuant à la propagation des zoonoses (Wilson, 1995), il serait intéressant, de contextualiser ces potentiels contact. Néanmoins, cette étude n'a pas permis de déterminer si les singes verts présents au camp du lion fréquentaient les terriers et pouvaient acquérir des pathogènes dans ces derniers. Il serait donc pertinent de mener des recherches supplémentaires sur les terriers environnants afin de mieux comprendre les dynamiques épidémiologiques et de mettre en place des mesures de prévention adaptées.

## 4.7 Risque zoonotique et terriers

Le schéma de la Figure 30 met en évidence les risques zoonotiques liés aux terriers, en illustrant les résultats de cette étude, notamment les interactions entre différentes espèces animales, insectes, arthropodes et humains.

Dans la partie supérieure gauche du schéma, les bamboueraies sont identifiées comme des habitats où les terriers sont particulièrement nombreux (cf. 3.1). Ces terriers peuvent héberger divers insectes et arthropodes, notamment des tiques telles que *Rhipicephalus sanguineus*, porteuses de pathogènes potentiellement zoonotiques (cf. 4.7.1), et susceptibles d'infecter la faune des terriers ainsi que les humains.

Les flèches du schéma illustrent également comment les terriers, ainsi que les insectes qu'ils abritent, attirent diverses espèces animales, augmentant le risque potentiel de transmission de pathogènes par des contacts interspécifiques.

Parmi les mammifères présents dans les terriers, les chiroptères, tels que *Nycteris macrotis*, peuvent être porteurs de pathogènes à risque et entrer potentiellement en contact avec des primates tels que *Chlorocebus sabaesus*, eux-mêmes en interaction avec les humains dans les camps touristiques, ce qui pourrait présenter un risque zoonotique (cf. 4.7.2).

Ce schéma met en évidence les dangers potentiels des interactions entre ces différentes espèces, soulignant la complexité des risques zoonotiques liés aux terriers.

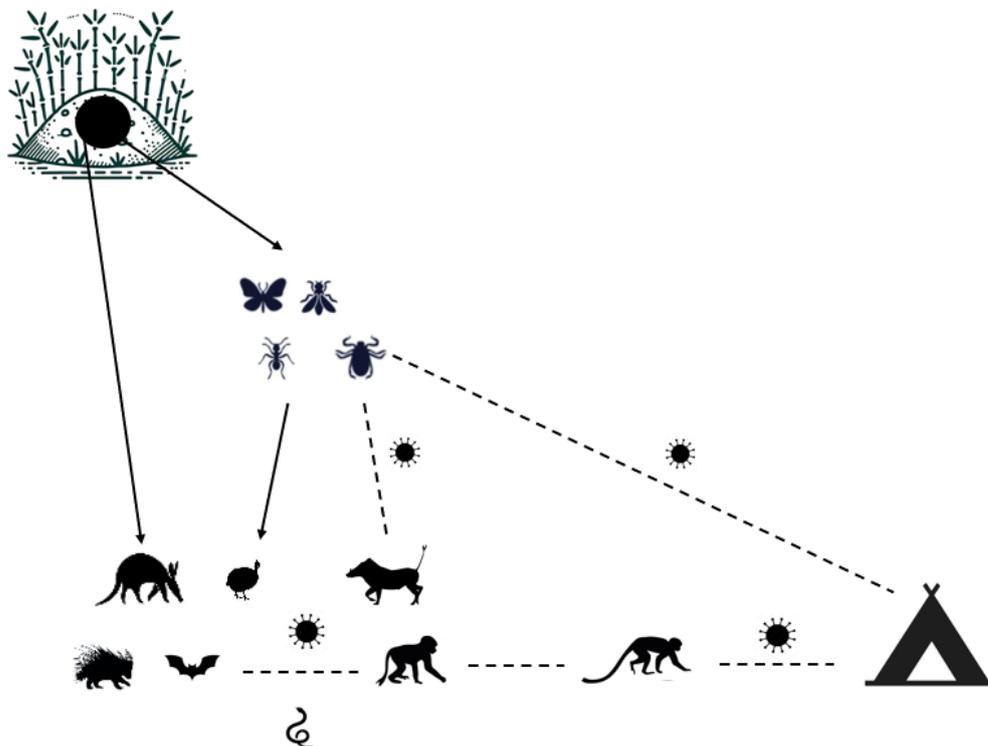


Figure 30 : Schéma récapitulatif des risques zoonotiques associés aux terriers.

### 4.7.1 Insectes et autres arthropodes

Tout d'abord, chez les tiques de l'espèce *Rhipicephalus sanguineus*, qui parasitent les mammifères et peuvent également parasiter les humains (Mucheka et al., 2023), les résultats des analyses génétiques ont révélé une prévalence élevée de *Francisella*, un genre associé à *Francisella tularensis*, agent responsable de la tularémie. Cette maladie provoque des ulcères cutanés et un gonflement des ganglions lymphatiques chez l'homme, et elle peut être mortelle si elle n'est pas traitée (Ellis et al., 2002). De plus, la littérature mentionne diverses bactéries véhiculées par cette espèce, telles que *Coxiella burnetii*, responsable de la fièvre Q, qui entraîne fièvre et fatigue (Oskam et al., 2017), ainsi que *Rickettsia*, qui peut provoquer de la fièvre, des éruptions cutanées et des complications graves (Alieva et al., 2020). Enfin, *Borrelia*, agent responsable de la maladie de Lyme (Sylla et al., 2021). Ainsi, l'association de cette espèce avec les agents pathogènes dans les résultats de cette étude et dans la littérature souligne la nécessité d'une prudence accrue.

### 4.7.2 Mammifères

Ensuite, parmi les espèces de mammifères, la présence de chiroptères du genre *Nycteris*, notamment *Nycteris macrotis*, dans les terriers pourrait présenter des risques zoonotiques. En effet, cette espèce a été identifiée en Guinée par Lacroix et al. (2020) comme porteuse de  $\beta$ -coronavirus ( $\beta$ -CoV) appartenant au sous-genre MerbeCoV, un genre qui inclut également d'autres coronavirus similaires aux virus apparentés au MERS-CoV virus pouvant être transmis entre humain et animaux. Ces résultats suggèrent que les chiroptères pourraient agir comme un réservoir de coronavirus et que leur interaction avec d'autres espèces, pourrait faciliter la transmission de ces agents pathogènes à l'humain.

De plus, la présence de primates, tels que *Papio papio*, observés dans deux terriers où se trouvaient des chauves-souris, ainsi que les observations faites par Daelemans (2023) de *Chlorocebus sabaesus* pénétrant dans les terriers, souligne des interactions préoccupantes. En effet, des transmissions entre primates et chauves-souris ont déjà conduit à des épidémies de virus mortels tels qu'Ebola (Alexander et al., 2015). La proximité de *Chlorocebus sabaesus*, notamment via des contacts directs et indirects repris dans cette étude, souligne d'autant plus l'importance de surveiller ces interactions avec les humains et les cooccurrences impliquant cette espèce.

## 4.8 Suggestions

### 4.8.1 Etude des terriers

Plusieurs suggestions peuvent être émises à la suite de ce travail de fin d'étude concernant les terriers. Tout d'abord, concernant les pièges photographiques, il serait intéressant d'envisager une source d'alimentation secondaire aux piles pour les caméras afin de résoudre les problèmes d'autonomie et les vérifications intempestives qui pourraient influencer sur le suivi. L'utilisation de panneaux solaires pourrait être envisagée, car les pièges photographiques utilisés, du modèle Bushnell Core DS-4K, présentent un port raccordable à une autre source d'alimentation. De plus, l'utilisation de pare-soleil et la disposition des caméras à proximité des entrées des terriers pourraient également être recommandées, comme utilisé dans cette étude.

Ensuite, un échantillonnage des terriers selon un autre facteur de stratification pourrait être réalisé, tel que les types de sols ou encore pendant une autre saison, afin de pouvoir comparer ces résultats à ceux de cette étude. De plus l'utilisation de pièges Sherman en complément des pièges photographiques pourrait permettre d'identifier un plus grand nombre d'espèces comme dans l'étude Whittington-Jones et al. (2011). Il serait également possible d'utiliser de l'ADN environnemental sur des échantillons biologiques tel que des poils ou des fèces afin d'identifier d'autres espèces fréquentant les terriers.

Concernant les perspectives de suivi, dans une approche One Health, un suivi situé dans la bambousaie aux alentours du Niokolodge et dans les terriers aux alentours du camp du lion pourrait être effectué afin d'observer les cooccurrences impliquant des primates. En effet, la bambousaie aux alentours du Niokolodge semble être une zone à favoriser car les pénétrations de *Chlorocebus sabaues* montrées par l'étude de Daelemans (2023) et les pénétrations de *Papio papio* ont toutes été enregistrées dans cette zone. De plus, les résultats de la NMDS suggèrent également la présence de primates dans cette zone. En complément, des captures de chiroptères dans les terriers à l'aide de filets japonais pourraient être réalisées afin de prélever des échantillons buccaux de type swab et de fèces directement sur les individus, comme dans l'étude de Lacroix et al. (2020) afin d'identifier les potentiels coronavirus par PCR.

#### 4.8.2 Singe verts

En ce qui concerne l'étude des singes verts au camp du lion, plusieurs suggestions peuvent être formulées. Tout d'abord, un suivi prolongé, notamment en présence de touristes, permettrait de contextualiser les interfaces de contact avec les non-locaux et d'obtenir une estimation plus précise du budget d'activité de cette espèce au sein du camp. Un suivi de deux mois pourrait être envisagé, avec un total d'observation de 127 heures, comme dans l'étude de Saj (1998) qui a examiné l'impact de l'alimentation humaine sur le budget d'activités de *Chlorocebus aethiops pygerythrus* en Ouganda. Des suivis d'une heure, répartis à différents moments de la journée, utilisant des méthodes de *all occurrence sampling* et de *scan comme dans cette étude* (cf. 2.4), pourraient être réalisés, tout en intégrant la classe des non-locaux dans la méthode de *all occurrence sampling*. De plus, un suivi en milieu naturel du groupe de vervets permettrait d'estimer leur domaine vital ainsi que leur éventuelle fréquentation des terriers dans la région. Enfin, il serait pertinent de réaliser des PCR ciblées, comme dans l'étude de Mediannikov et al. (2020), pour identifier l'espèce précise du genre *Treponoma* dans les fèces, afin de déterminer si les singes verts du camp du lion sont effectivement porteurs de *T. pallidum* subsp. *pertenue*.

### 4.8.3 Prévention des risques

Afin de prévenir les risques de transmission zoonotique au sein du camp du lion, une étude réalisée dans un lodge au Kenya par Brennan et al. (1985) recommande trois mesures de contrôle pour limiter les contacts entre vervets et humains.

Tout d'abord, il est nécessaire de retirer les sources accessibles de nourriture afin que la densité et le comportement des singes dirigé vers les humains n'augmentent pas. Les résidents et les touristes doivent être dissuadés de nourrir les animaux, le dépôt de déchets doit être réduit, et les zones désignées pour l'élimination des déchets doivent être couvertes et brûlées fréquemment.

Ensuite, il faut réduire la densité de la population de vervets pour diminuer leur dépendance aux aliments non naturels. Le retrait doit commencer par les individus qui sont déjà des nuisances majeures, ceux qui recherchent de la nourriture humaine et sont agressifs envers les personnes.

Enfin, des études de suivi doivent être menées pour évaluer l'efficacité de ce plan de contrôle en tant que solution à long terme au problème des primates nuisibles.

Ces mesures pourraient être adaptées au sein du camp du lion, notamment en sensibilisant les employés ainsi que les touristes de passage, en installant des panneaux explicatifs et en brûlant les déchets. En complément, le nettoyage régulier des zones de contact telles que les tables, chaises et autres zones proches de la cuisine pourrait être réalisé au début et à la fin de chaque repas afin de réduire la probabilité de transmission, comme montré dans la Figure 27 qui illustre des pics de contact direct et indirect à ces moments.

## 5. Conclusion

Ce travail de fin d'étude a permis d'approfondir la compréhension des terriers du parc national du Niokolo-Koba au Sénégal, en se basant sur une méthodologie d'échantillonnage systématique. En caractérisant 74 terriers et en réalisant un suivi par pièges photographique de 50 terriers, 59 espèces ont pu être identifiées dont 29 pénétrant dans les terriers et 16 nouvelles par rapport à l'étude précédente de Daelemans (2023). L'analyse des données a révélé 238 co-occurrences dont 23 significatives entre différentes espèces, soulignant l'importance des interactions interspécifiques dans cette zone.

Les résultats montrent également l'influence de certains paramètres environnementaux sur la fréquentation des terriers. En effet, la végétation montre un impact significatif sur la fréquentation des terriers. Les terriers situés dans des milieux forestiers (forêt claire et savane boisée) présentent une richesse en espèces plus élevée que ceux de la savane arbustive. De plus, la présence d'insectes et le type de sol semble contribuer à une richesse spécifique accrue, bien que des recherches supplémentaires soient nécessaires pour confirmer cette tendance.

L'étude a également mis en lumière les interfaces de contact importantes entre les singes verts, et les êtres humains dans le camp du lion. Les observations ont révélé des interactions notables, souvent liées à la recherche de nourriture, ce qui pose des questions sur les risques de transmission de pathogènes entre les espèces. L'analyse des pathogènes a révélé la présence de *Cryptosporidium* spp et *Treponema* pouvant potentiellement être transmis à l'homme par les singes verts, soulignant l'importance de surveiller les risques de transmissions potentielles et la sensibilisation du grand public. De plus, les analyses génétiques ont révélé la présence de *Francisella* chez les tiques, un genre de bactérie associé à *Francisella tularensis*, agent responsable de la tularémie pouvant être transmis à l'homme.

En conclusion, cette étude souligne l'importance d'une surveillance des terriers et de la biodiversité associée, tout en mettant en évidence les terriers comme des hotspots potentiels en termes de One Health, où les interactions entre la faune, les humains et l'environnement pourraient favoriser l'émergence de pathogènes.

## 6. Contribution personnelle de l'étudiant

Ma contribution à ce travail a été de mener l'inventaire par pièges photographiques, ainsi que le suivi des singes verts et la collecte d'insectes et d'échantillons pour identifier les pathogènes. Cela a impliqué :

- a) La conception et la mise en place du protocole d'échantillonnage ;
- b) La caractérisation des terriers ;
- c) La mise en place et le retrait des pièges caméras ;
- d) Le traitement des données ;
- e) Le suivi des interfaces de contacts entre les singes verts et les humains au sein du camp du Lion ;
- f) La collecte des fèces et des tiques, ainsi que l'extraction de leur ADN et la réalisation des premières PCR *Apicomplexa* sur les échantillons de fèces de phacochères ;
- g) La collecte, l'étalage, ainsi que l'identification des insectes et des arachnides jusqu'à la famille ;
- h) L'interprétation des résultats ;
- i) La mobilisation des intervenants pour cette étude ;
- j) La collaboration à la rédaction d'un article sur les primates fréquentant les terriers ;
- k) La rédaction finale de ce rapport.

## 7. Bibliographie

Adams C.I.M., Hoekstra L.A., Muell M.R. & Janzen F.J., 2019. A Brief Review of Non-Avian Reptile Environmental DNA (eDNA), with a Case Study of Painted Turtle (*Chrysemys picta*) eDNA Under Field Conditions. *Diversity* **11**(4), 50, DOI:[10.3390/d11040050](https://doi.org/10.3390/d11040050).

Albert A, McConkey K, Savini T, Huynen M. 2014. The value of disturbance-tolerant cercopithecine monkeys as seed dispersers in degraded habitats. *Biological Conservation* **170**:300-310.

Alberdi M.P., Dalby M.J., Rodriguez-Andres J., Fazakerley J.K., Kohl A. & Bell-Sakyi L., 2012. Detection and identification of putative bacterial endosymbionts and endogenous viruses in tick cell lines. *Ticks and Tick-borne Diseases* **3**(3), 137–146, DOI:[10.1016/j.ttbdis.2012.05.002](https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2012.05.002).

Alekseev A.N., Dubinina H.V., Van De Pol I. & Schouls L.M., 2001. Identification of *Ehrlichia* spp. and *Borrelia burgdorferi* in *Ixodes* Ticks in the Baltic Regions of Russia. *J Clin Microbiol* **39**(6), 2237–2242, DOI:[10.1128/JCM.39.6.2237-2242.2001](https://doi.org/10.1128/JCM.39.6.2237-2242.2001).

Alexander K.A., Sanderson C.E., Marathe M., Lewis B.L., Rivers C.M., Shaman J., Drake J.M., Lofgren E., Dato V.M., Eisenberg M.C. & Eubank S., 2015. What Factors Might Have Led to the Emergence of Ebola in West Africa? *PLoS Negl Trop Dis* **9**(6), e0003652, DOI:[10.1371/journal.pntd.0003652](https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003652).

Alieva E.E., Bondarenko E.I., Maliy K.D., Shvalov A.N., Verbenets E.A. & Gafarova M.T., 2020. The role of *Rhipicephalus sanguineus* ticks parasitizing dogs in the spread of tick-borne rickettsial pathogens in the city of Sevastopol. *New Microbes and New Infections* **36**, 100704, DOI:[10.1016/j.nmni.2020.100704](https://doi.org/10.1016/j.nmni.2020.100704).

Altmann J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* **49**:227-267

Andersen M.L., Bennett D.E. & Holbrook J.D., 2021. Burrow webs: Clawing the surface of interactions with burrows excavated by American badgers. *Ecology and Evolution* **11**(17), 11559–11568, DOI:[10.1002/ece3.7962](https://doi.org/10.1002/ece3.7962).

Annan A., Baldwin H.J., Corman V.M., Klose S.M., Owusu M., Nkrumah E.E., Badu E.K., Anti P., Agbenyega O., Meyer B., Oppong S., Sarkodie Y.A., Kalko E.K.V., Lina P.H.C., Godlevska E.V., Reusken C., Seebens A., Gloza-Rausch F., Vallo P., Tschapka M., Drosten C. & Drexler J.F., 2013. Human Betacoronavirus 2c EMC/2012–related Viruses in Bats, Ghana and Europe. *Emerg. Infect. Dis.* **19**(3), 456–459, DOI:[10.3201/eid1903.121503](https://doi.org/10.3201/eid1903.121503).

Antia, R., Regoes, RH, Koella, JC & Bergstrom, CT Le rôle de l'évolution dans l'émergence des maladies infectieuses. *Nature* **426** , 658-661 (2003)

Arbonnier, M. (2019). Arbres, arbustes et lianes d'Afrique de l'Ouest - Quatrième édition - Michel Arbonnier (EAN13 :9782759225484) | Librairie Quae : des livres au coeur des sciences. Librairie Quae.<https://www.quae.com/produit/1554/9782759225484/arbres-arbustes-et-lianes-d-afrique-de-l-ouest>

Auffray, J.-C., Blasdell, K., Bordes, F., Chabe, M., Chaisiri, K., Charbonnel, N., Chaval, Y., Claude, J., Julien, J.-F., Dei-Cas, E., Desquesnes, M., Dobigny, G., Douangboupha, B., Galan, M., Haukisalmi, V., Henttonen, H., Herbreteau, V., Hugot, J.-P., Jiyipong, T., ... Xuereb, A. (2006). Protocols for field and laboratory rodent studies. Vincent Herbreteau<sup>1,2,3</sup>, Sathaporn Jittapalpong<sup>4</sup>, Worawut Rerkamnuaychoke, Yannick Chaval, Jean-Francois Cosson and Serge Morand

Ba A.T., Sambou B., Ervik F., Goudiaby A., Camara C. & Diallo D. 1997. Végétation et Flore. Parc Transfrontalier du Niokolo Badiar. Niokolo Badiar: Union Européenne-Niokolo Badiar. Presses de l'Imprimerie Saint-Paul. Copyright Institut des Sciences de l'Environnement - Financement Projet Niokolo Badiar (FED 4213/REG), 157 p

Biquand et coll., 1994 S. Biquand, A. Boug, V. Biquand-Guyot, JP Gautier Gestion des babouins commensaux en Arabie Saoudite Revue d' Ecologie, **49** ( 1994 ), pp. 213-222

Bird J.P., Fuller R.A., Pascoe P.P. & Shaw J.D.S., 2022. Trialling camera traps to determine occupancy and breeding in burrowing seabirds. *Remote Sens Ecol Conserv* **8**(2), 180–190, DOI:[10.1002/rse2.235](https://doi.org/10.1002/rse2.235).

Bragg C.J., Donaldson J.D. & Ryan P.G., 2005. Density of Cape porcupines in a semi-arid environment and their impact on soil turnover and related ecosystem processes. *Journal of Arid Environments* **61**(2), 261–275, DOI:[10.1016/j.jaridenv.2004.09.007](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.09.007).

Brennan E.J., Else J.G. & Altmann J., 1985. Ecology and behaviour of a pest primate: vervet monkeys in a tourist-lodge habitat. *African Journal of Ecology* **23**(1), 35–44, DOI:[10.1111/j.1365-2028.1985.tb00710.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.1985.tb00710.x).

Bruce T., Kamta R., Tabue Mbobda R.B., Talla Kanto S., Djibrilla D., Moses I., Deblauwe V., Njabo K., LeBreton M., Ndjassi C., Barichiev C. & Olson D., 2018. Locating Giant Ground Pangolins (*Smutsia gigantea*) Using Camera Traps on Burrows in the Dja Biosphere Reserve, Cameroon. *Tropical Conservation Science* **11**, 194008291774922, DOI:[10.1177/1940082917749224](https://doi.org/10.1177/1940082917749224).

Bhupathy, S., 1986. Association of rock Python (*Python molurus*) with porcupine (*Hystrix indica*). *J. Bombay Nat. Hist. Soc.* **83**, 449e450. Bhupathy, S., 1987. Occurrence of the bicoloured leaf-nosed bat (*Hipposideros fulvus*) in Rajasthan. *J. Bombay Nat. Hist. Soc.* **84**, 199e200.

Bhupathy, S., 1987. Occurrence of the bicoloured leaf-nosed bat (*Hipposideros fulvus*) in Rajasthan. *J. Bombay Nat. Hist. Soc.* **84**, 199e200.

Calvin K., Dasgupta D., Krinner G., Mukherji A., Thorne P.W., Trisos C., Romero J., Aldunce P., Barrett K., Blanco G., Cheung W.W.L., Connors S., Denton F., Diongue-Niang A., Dodman D., Garschagen M., Geden O., ... 2023. IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland., Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Centurion-Lara A., Molini B.J., Godornes C., Sun E., Hevner K., Van Voorhis W.C. & Lukehart S.A., 2006. Molecular Differentiation of *Treponema pallidum* Subspecies. *J Clin Microbiol* **44**(9), 3377–3380, DOI:[10.1128/JCM.00784-06](https://doi.org/10.1128/JCM.00784-06).

Chapman CA, Peres. C. 2001. Primate conservation in the new millennium: The role of scientists. *Evolutionary Anthropology* **10**:16-33.

Chapman C.A., Gillespie T.R. & Goldberg T.L., 2005. Primates and the Ecology of their Infectious Diseases: How will Anthropogenic Change Affect Host-Parasite Interactions? *Evol. Anthropol.* **14**(4), 134–144, DOI:[10.1002/evan.20068](https://doi.org/10.1002/evan.20068).

Chapman C.A., Twinomugisha D., Teichroeb J.A., Valenta K., Sengupta R., Sarkar D. & Rothman J.M., 2016. How Do Primates Survive Among Humans? Mechanisms Employed by Vervet Monkeys at Lake Nabugabo, Uganda. *In: Waller, M.T. ed. Ethnoprimatology, Developments in Primatology: Progress and Prospects.* Cham: Springer International Publishing, 77–94.

Coggan, N.V. Hayward, M.W. Gibb, H. (2018), "A global database and "state of the field" review of research into ecosystem engineering by land animals", *J. Anim. Ecol.*, **87**(4), 974-994

Coppola F., Dari C., Vecchio G., Scarselli D. & Felicioli A., 2020. Cohabitation of settlements among crested porcupine (*Hystrix cristata*), red fox (*Vulpes vulpes*) and European badger (*Meles meles*). *CURRENT SCIENCE* **119**(5).

Cowlshaw G, Dunbar R. 2000. Primate conservation biology. Chicago: The University of Chicago Press. 498 p.

Cumming, D.H.M. (1970). A contribution to the biology of warthog (*Phacochoerus africanus*, Gmelin) in the Sengwa region of Rhodesia. Unpublished PhD thesis. Rhodes University, Grahamstown.

Dacheux L., Larrous F., Lavenir R., Lepelletier A., Faouzi A., Troupin C., Nourlil J., Buchy P. & Bourhy H., 2016. Dual Combined Real-Time Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction Assay for the Diagnosis of Lyssavirus Infection. *PLoS Negl Trop Dis* **10**(7), e0004812, DOI:[10.1371/journal.pntd.0004812](https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004812).

Daelemans, V (2023). Cohabitation d'espèces animaux dans les terriers du Parc National du Niokolo-Koba, Sénégal. Master thesis, University of Liège, Gembloux, Belgium. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/18252>

de Mendonça P.G., 2018. Cross-Genera PCR Amplification of DNA from Apicomplexan Parasites. *J Arthropod Borne Dis* **12**(3), 321–324.

Devaux C.A., Mediannikov O., Medkour H. & Raoult D., 2019. Infectious Disease Risk Across the Growing Human-Non Human Primate Interface: A Review of the Evidence. *Front. Public Health* **7**, 305, DOI:[10.3389/fpubh.2019.00305](https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00305).

Dhanasekaran D. & Thangaraj R., 2014. Microbial secondary metabolites are an alternative approaches against insect vector to prevent zoonotic diseases. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease* **4**(4), 253–261, DOI:[10.1016/S2222-1808\(14\)60569-7](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(14)60569-7).

Di Blanco Y.E., Desbiez A.L.J., Di Francescantonio D. & Di Bitetti M.S., 2020. Excavations of giant armadillos alter environmental conditions and provide new resources for a range of animals. *Journal of Zoology* **311**(4), 227–238, DOI:[10.1111/jzo.12782](https://doi.org/10.1111/jzo.12782).

Diatta G., Vial L. & Duplantier J.-M., n.d. Enquête sur la borréliose à tiques à *Borrelia crocidurae* en Mauritanie.

Direction des parc nationaux. (2018). Plan d'Aménagement et de Gestion du Parc National du Niokolo Koba et de sa périphérie, 2019-2023

Elizalde M., Cano-Gómez C., Llorente F., Pérez-Ramírez E., Casades-Martí L., Aguilera-Sepúlveda P., Ruiz-Fons F., Jiménez-Clavero M.Á. & Fernández-Pinero J., 2020. A Duplex Quantitative Real-Time Reverse Transcription-PCR for Simultaneous Detection and Differentiation of Flaviviruses of the Japanese Encephalitis and Ntaya Serocomplexes in Birds. *Front. Vet. Sci.* **7**, 203, DOI:[10.3389/fvets.2020.00203](https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00203).

Ellis J., Oyston P.C.F., Green M. & Titball R.W., 2002. Tularemia. *Clin Microbiol Rev* **15**(4), 631–646, DOI:[10.1128/CMR.15.4.631-646.2002](https://doi.org/10.1128/CMR.15.4.631-646.2002).

Evans sw., Bouwman h., 2010. Sélection de l'habitat par les hirondelles bleues *hirundo atrocaerulea* sundevall, 1850 se reproduisant en afrique du sud et ses implications pour la conservation. *revue africaine d'écologie* , **48** : 871–879.

Falcoz L., 1915. Contribution à l'étude de la faune des microcavernes. Faune des terriers et des nids. *Publications de la Société Linnéenne de Lyon* **61**(1), 59–245, DOI:[10.3406/linly.1915.4233](https://doi.org/10.3406/linly.1915.4233).

FAO/WHO Expert Committee on Zoonoses, Organization, W. H., & Nations, F. and A. O. of the U.(1959). Joint WHO/FAO Expert Committee on Zoonoses [meeting held in Stockholm from 11 to 16 August 1958] : Second report. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/40435>

Fao, R., Who, G., World Organisation for Animal Health, P., Unicef, N. Y., Un, N. Y., & World Bank, W. (2008). Contributing to one world, one health. A strategic framework for reducing risks of infectious diseases at the animal-human-ecosystems interface. (Rome) (Italy) FAO/OIE/WHO/UNSIC/UNICEF/WB.

Fonteyn Davy, Doucet Jean-Louis, Fayolle Adeline, Monseur Alain, Quevauvillers Samuel, Holvoet Justin, Poulain Florine, Delame Hugo, Peeters Quentin et Vermeulen Cédric, 2021. FauneFAC : Boite à outils méthodologique pour la mise en place d'inventaires par pièges photographiques. ULiège/Gembloux Agro-Bio Tech, PPECF. <https://www.gembloux.ulg.ac.be/faunefac/>

Franck A., n.d. CAPTURE CONDITIONNEMENT EXPEDITION MISE EN COLLECTION DES INSECTES ET ACARIENS EN VUE DE LEUR IDENTIFICATION.

Fuentes A. & Wolfe L.D. (Eds.), 2002. Monkeys, humans and politics in the Mentawai Islands: no simple solutions in a complex world. In: *Primates Face to Face*. Cambridge University Press, 187–207.

Fuentes A., 2006. Human-Nonhuman Primate Interconnections and Their Relevance to Anthropology **2**(2).

Gagnon, C. A., Bournival, V., Koszegi, M., Nantel-Fortier, N., St-Sauveur, V. G., Provost, C., & Lair, S. (2022). Quebec : Avian pathogens identification and genomic characterization: 2021 annual review of the Molecular Diagnostic Laboratory, Université de Montreal. *The Canadian Veterinary Journal*, **63**(5), 486-490.

Galat, G. and Galat-Luong, A. 1977. Démographie et régime alimentaire d'une troupe de *Cercopithecus aethiops sabaeus* en habitat marginal au Nord Sénégal. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* **31**: 557-577.

Galat, G. 1983. Socio-écologie du Singe vert (*Cercopithecus aethiops sabaeus*), en référence de quatre Cercopithécinés forestiers sympatriques (*Cercocebus atys*, *Cercopithecus campbelli*, *C. diana*, *C. petaurista*) d'Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat d'Etat. Université Pierre et Marie Curie.

Galat, G., Galat-Luong, A. and Nizinski, G. 2009. L'impact du changement climatique sur les variations des populations de grands vertébrés à leur extrême limite de répartition est-il fonction de leurs régimes alimentaires ? . *Geographia Technica* Numéro spécial: 205-210.

Galat, G. and Galat-Luong, A. 2013. *Chlorocebus sabaeus* Green Monkey (*Callithrix*). . In: T.M. Butynski, J. Kingdon & J. Kalina (ed.), *Mammals of Africa*. Vol. II. Primates, pp. 274–277. Bloomsbury Publishing , London.

Galat-Luong, A. Jaffe, K. & Galat, G. 2016. *Chlorocebus sabaeus* . Available at: [alltheworldsprimates.org](http://alltheworldsprimates.org). (Accessed: 20/06/2024).

Gallagher C.A., Navarro R., Cruz K., Aung M.S., Ng A., Bajak E., Beierschmitt A., Lawrence M., Dore K.M., Ketzis J., Malik Y.S., Kobayashi N. & Ghosh S., 2017. Detection of picobirnaviruses in vervet monkeys (*Chlorocebus sabaeus*): Molecular characterization of complete genomic segment-2. *Virus Research* **230**, 13–18, DOI:[10.1016/j.virusres.2016.12.021](https://doi.org/10.1016/j.virusres.2016.12.021).

Gálvez-Bravo L., López-Pintor A., Rebollo S. & Gómez-Sal A., 2011. European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) engineering effects promote plant heterogeneity in Mediterranean dehesa pastures. *Journal of Arid Environments* **75**(9), 779–786, DOI:[10.1016/j.jaridenv.2011.03.015](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.03.015).

Gautier J.-P. & Biquand S., 1994. Le commensalisme des primates. *revec* **49**(3), 207–212, DOI:[10.3406/revec.1994.2470](https://doi.org/10.3406/revec.1994.2470).

Gebreyes W.A., Dupouy-Camet J., Newport M.J., Oliveira C.J.B., Schlesinger L.S., Saif Y.M., Kariuki S., Saif L.J., Saville W., Wittum T., Hoet A., Quessy S., Kazwala R., Tekola B., Shryock T., Bisesi M., Patchanee P., Boonmar S. & King L.J., 2014. The Global One Health Paradigm: Challenges and Opportunities for Tackling Infectious Diseases at the Human, Animal, and Environment Interface in Low-Resource Settings. *PLoS Negl Trop Dis* **8**(11), e3257, DOI:[10.1371/journal.pntd.0003257](https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003257).

Gippoliti, S. and Dell'Omo, G. 2003. Primates of Guinea-Biassau, West Africa: distribution and conservation status. *Primate Conservation* **19**: 73-77.

Gordon G., Riney T., Toop J., Lawrie B.C. & Godwin M.D., 1985. Observations on the Queensland hairy-nosed wombat *Lasiorninus krefftii* (Owen). *Biological Conservation* **33**(2), 165–195, DOI:[10.1016/0006-3207\(85\)90102-8](https://doi.org/10.1016/0006-3207(85)90102-8).

Guanipa N., Raleigh X., Chacin-Bonilla L., Cano G. & Quijada L., 1992. Cryptosporidiosis among Patients with Acquired Immunodeficiency Syndrome in Zulia State, Venezuela. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* **47**(5), 582–586, DOI:[10.4269/ajtmh.1992.47.582](https://doi.org/10.4269/ajtmh.1992.47.582).

Gupta P., Singh M.P., Goyal K., Tripti P., Ansari M.I., Obli Rajendran V., Dhama K. & Malik Y.S., 2021. Bats and viruses: a death-defying friendship. *VirusDis.* **32**(3), 467–479, DOI:[10.1007/s13337-021-00716-0](https://doi.org/10.1007/s13337-021-00716-0).

Hancox, M. (1988). The nidiculous fauna of badger setts. *Entomologist's monthly magazine* **124**: 93-95.

Harrison J.S., 1982 . THE BEHAVIOURAL ECOLOGY OF GREEN MONKEYS (*CERCOPITHECUS SABAEUS*), AT MT. ASSIRIK, SENEGAL.

Harrison, M. J. S. 1983. Age and sex differences in the diet and feeding strategies of the green monkey, *Cercopithecus sabaeus*. *Animal Behaviour* **31**: 969-977.

Hausmann N.S., Louw M.A., Lewis S., Nicol K.J.H., Van Der Merwe S. & Le Roux P.C., 2018. Ecosystem engineering through aardvark (*Orycteropus afer*) burrowing: Mechanisms and effects. *Ecological Engineering* **118**, 66–72, DOI:[10.1016/j.ecoleng.2018.04.022](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.04.022).

Hockey PAR, Dean WRJ, Ryan P (Eds) (2005). Roberts Birds of Southern Africa VII. John Voelcker Bird Book Fund, Black Eagle Publishing, Cape Town.

ITIS-rapport :Cercopithecinae.(2024).

[https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&anchorLocation=SubordinateTaxa&credibilitySort=Subordinate%20Taxa&rankName=Genus&search\\_value=552351&print\\_version=SCR&source=from\\_print#SubordinateTaxa](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&anchorLocation=SubordinateTaxa&credibilitySort=Subordinate%20Taxa&rankName=Genus&search_value=552351&print_version=SCR&source=from_print#SubordinateTaxa)

IUCN. 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-2. Available at: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). (Accessed: 16 June 2024).

Jacob J. & Pescatore A., 2022. Guineafowl. In: Morishita, T.Y., Porter, R.E. eds. *Gamebird Medicine and Management*. Wiley, 297–318.

Jones, C.G., Lawton, J.H. & Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* **69**: 373-386.

Jones K.E., Patel N.G., Levy M.A., Storeygard A., Balk D., Gittleman J.L. & Daszak P., 2008. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* **451**(7181), 990–993, DOI:[10.1038/nature06536](https://doi.org/10.1038/nature06536).

Katz A., Sternhagen E., Harper L., Sperry J. & Davis M., 2020. Needles in needlestacks: is environmental DNA effective in detecting rare, cryptic, semi-fossorial snakes? *Midwest Fish and Wildlife Conference 2020*.

Khwaja H., Buchan C., Wearn O.R., Bahaa-el-din L., Bantlin D., Bernard H., Bitariho R., Bohm T., Borah J., Brodie J., Chutipong W., Preez B.D., Ebang-Mbele A., Edwards S., Fairet E., Frechette J.L., Garside A., Gibson L., Giordano A., Veeraswami Gopi G., Granados A., Gubbi S., Harich F., Haurez B., Havmøller R.W., Helmy O., Isbell L.A., Jenks K., Kalle R., Kamjing A., Khamcha D., Kiebou-Opepa C., Kinnaird M., Kruger C., Laudisoit A., Lynam A., Macdonald S.E., Mathai J., Sienne J.M., Meier A., Mills D., Mohd-Azlan J., Nakashima Y., Nash H.C., Ngoprasert D., Nguyen A., O'Brien T., Olson D., Orbell C., Poulsen J., Ramesh T., Reeder D., Reyna R., Rich L.N., Rode-Margono J., Rovero F., Sheil D., Shirley M.H., Stratford K., Sukumal N., Suwanrat S., Tantipisanuh N., Tilker A., Van Berkel T., Van Der Weyde L.K., Varney M., Weise F., Wiesel I., Wilting A., Wong S.T., Waterman C. & Challender D.W.S., 2019. Pangolins in global camera trap data: Implications for ecological monitoring. *Global Ecology and Conservation* **20**, e00769, DOI:[10.1016/j.gecco.2019.e00769](https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00769).

Kingdon, J. (2015). *The Kingdon Field Guide to African Mammals : Second Edition*. Bloomsbury Publishing.

Kinlaw A., 1999. A review of burrowing by semi-fossorial vertebrates in arid environments. *Journal of Arid Environments* **41**(2), 127–145, DOI:[10.1006/jare.1998.0476](https://doi.org/10.1006/jare.1998.0476).

- Klindworth A., Pruesse E., Schweer T., Peplies J., Quast C., Horn M. & Glöckner F.O., 2013. Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies. *Nucleic Acids Research* **41**(1), e1–e1, DOI:[10.1093/nar/gks808](https://doi.org/10.1093/nar/gks808).
- Kondo A., 2018. Interspecific Burrow Sharing between Mammals in Countryside in Japan. *Mammal Study* **43**(3), 213–218, DOI:[10.3106/ms2017-0062](https://doi.org/10.3106/ms2017-0062).
- Koubínová D., Irwin N., Hulva P., Koubek P. & Zima J., 2013. Hidden diversity in Senegalese bats and associated findings in the systematics of the family Vespertilionidae. *Front Zool* **10**(1), 48, DOI:[10.1186/1742-9994-10-48](https://doi.org/10.1186/1742-9994-10-48).
- KREBS, C.J. 1985. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance, 3rd edn. Harper and Row, New York
- Kucera T.E. & Barrett R.H., 2011. A History of Camera Trapping. In: O’Connell, A.F., Nichols, J.D., Karanth, K.U. eds. Camera Traps in Animal Ecology. Tokyo: Springer Japan, 9–26.
- Lacroix A., Vidal N., Keita A., Thaurignac G., Esteban A., De Nys H., Diallo R., Toure A., Goumou S., Soumah A., Povogui M., Koivogui J., Monemou J.-L., Raulino R., Nkuba A., Foulongne V., Delaporte E., Ayouba A. & Peeters M., 2020. Wide Diversity of Coronaviruses in Frugivorous and Insectivorous Bat Species: A Pilot Study in Guinea, West Africa. *Viruses* **12**(8), 855, DOI:[10.3390/v12080855](https://doi.org/10.3390/v12080855).
- Lehmann D., Halbwx M.L., Makaga L., Whytock R., Ndindiwe Malata L., Bombenda Mouele W., Momboua B.R., Koumba Pambo A.F. & White L.J.T., 2020. Pangolins and bats living together in underground burrows in Lopé National Park, Gabon. *Afr J Ecol* **58**(3), 540–542, DOI:[10.1111/aje.12759](https://doi.org/10.1111/aje.12759).
- Macleán G.S., 1981. Factors influencing the composition of respiratory gases in mammal burrows. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* **69**(3), 373–380, DOI:[10.1016/0300-9629\(81\)92992-3](https://doi.org/10.1016/0300-9629(81)92992-3).
- Mancuso D.M., Gainor K., Dore K.M., Gallagher C.A., Cruz K., Beierschmitt A., Malik Y.S. & Ghosh S., 2023. Detection and Molecular Characterization of Adenoviruses in Captive and Free-Roaming African Green Monkeys (*Chlorocebus sabaeus*): Evidence for Possible Recombination and Cross-Species Transmission. *Viruses* **15**(7), 1605, DOI:[10.3390/v15071605](https://doi.org/10.3390/v15071605).
- Matthews N., Nixon S., Von Hardenberg A., Isoke S. & Geary M., 2023. Targeting burrows improves detection in giant pangolin *Smutsia gigantea* camera-trap surveys. *Oryx* **57**(6), 718–726, DOI:[10.1017/S0030605322000692](https://doi.org/10.1017/S0030605322000692).
- McCoy, E.D., Mushinsky, H.R. & Wilson, D.S. (1993). Pattern in the compass orientation of gopher tortoise burrows at different spatial scales. *Global Ecology and Biogeography* **3**: 33-40.
- McGrew, W.C., Tutin, C.E.G., Baldwin, P.J., Sharman, M.J. and Whiten, A. 1978. Primates preying upon vertebrates : New records from West Africa. *Carnivores* **1**: 41-45.
- McKinney T., 2015. A classification system for describing anthropogenic influence on nonhuman primate populations. *American J Primatol* **77**(7), 715–726, DOI:[10.1002/ajp.22395](https://doi.org/10.1002/ajp.22395).

- Mediannikov O., Fenollar F., Davoust B., Amanzougaghene N., Lepidi H., Arzouni J.-P., Diatta G., Sokhna C., Delerce J., Levasseur A. & Raoult D., 2020. Epidemic of venereal treponematosi in wild monkeys: a paradigm for syphilis origin. *New Microbes and New Infections* **35**, 100670, DOI:[10.1016/j.nmni.2020.100670](https://doi.org/10.1016/j.nmni.2020.100670).
- Meek P.D., Ballard G.-A., Vernes K. & Fleming P.J.S., 2015. The history of wildlife camera trapping as a survey tool in Australia. *Aust. Mammalogy* **37**(1), 1, DOI:[10.1071/AM14021](https://doi.org/10.1071/AM14021).
- Melton D.A., 1976. The biology of aardvark (Tubulidentata-Orycteropodidae). *Mammal Review* **6**(2), 75–88, DOI:[10.1111/j.1365-2907.1976.tb00204.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.1976.tb00204.x).
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Millennium Ecosystem Assessment, Washington, DC.
- Monadjem A., Taylor P.J., Cotterill F.P.D. (Woody) & Schoeman M.C., 2020. *Bats of Southern and Central Africa: A biogeographic and taxonomic synthesis, second edition*, Wits University Press.
- Morse, SS Facteurs d'émergence de maladies infectieuses. *Émerger. Infecter. Dis.* **1**, 7-15 (1995)
- Mucheka V.T., Pillay A. & Mukaratirwa S., 2023. Prevalence of tick-borne pathogens in Rhipicephalus species infesting domestic animals in Africa: A systematic review and meta-analysis. *Acta Tropica* **246**, 106994, DOI:[10.1016/j.actatropica.2023.106994](https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2023.106994).
- Mukherjee A., Pal A., Velankar A.D., Kumara H.N. & Bhupathy S., 2019. Stay awhile in my burrow! Interspecific associations of vertebrates to Indian crested porcupine burrows. *Ethology Ecology & Evolution* **31**(4), 313–328, DOI:[10.1080/03949370.2019.1594392](https://doi.org/10.1080/03949370.2019.1594392).
- Mukherjee A., Pilakandy R., Kumara H.N., Manchi S.S. & Bhupathy S., 2017. Burrow characteristics and its importance in occupancy of burrow dwelling vertebrates in Semiarid area of Keoladeo National Park, Rajasthan, India. *Journal of Arid Environments* **141**, 7–15, DOI:[10.1016/j.jaridenv.2017.02.003](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.02.003).
- Ndiaye M.M., Drouilly M., Senghor A.A., Thiaw O., Ingram D.J., Shirley M.H., Strampelli P., Marti C.M. & Henschel P., 2024. Rediscovery of the endangered giant pangolin ( *Smutsia gigantea* ) in Senegal after 24 years. *Afr J Ecol* **62**(2), e13279, DOI:[10.1111/aje.13279](https://doi.org/10.1111/aje.13279).
- Oskam C.L., Gofton A.W., Greay T.L., Yang R., Doggett S., Ryan U.M. & Irwin P.J., 2017. Molecular investigation into the presence of a Coxiella sp. in Rhipicephalus sanguineus ticks in Australia. *Veterinary Microbiology* **201**, 141–145, DOI:[10.1016/j.vetmic.2017.01.021](https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.01.021).
- Pape J.W., 1994. Cyclospora Infection in Adults Infected with HIV: Clinical Manifestations, Treatment, and Prophylaxis. *Ann Intern Med* **121**(9), 654, DOI:[10.7326/0003-4819-121-9-199411010-00004](https://doi.org/10.7326/0003-4819-121-9-199411010-00004).
- Parola P. & Barre N., 2004. Rickettsia africae, agent de la fièvre à tique africaine : un pathogène émergent dans les Antilles et l'île de La Réunion. *Bull Soc Pathol Exot.*
- Peirce, M.A. (1974). Distribution and ecology of Ornithodoros moubata porcinus
- Perrin, M.R. & Johnson, S.J. (1999). The effect of supplemental food and cover availability on a population of the striped mouse. *South African Journal of Wildlife Research* **29**

Priston, NEC et McLennan, MR (2013). Gérer les humains, gérer les macaques : Conflit homme-macaque en Asie et en Afrique. Dans S. Radhakrishna, M. Huffman et A. Sinha (Eds.), La connexion macaque . Développements en primatologie : progrès et perspectives. New York : Springer Science+Business Media, 225-250.

Rahravani M., Moravedji M., Mostafavi E., Baseri N., Seyfi H., Mohammadi M., Ziaei A.H., Mozoun M.M., Latifian M. & Esmaili S., 2022. Molecular detection of Francisella tularensis in small ruminants and their ticks in western Iran. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases* 83, 101779, DOI:10.1016/j.cimid.2022.101779.

Rapport Annuel (2023). Rapport annuel du Parc National du Niokolo Koba , 2023

Rapport SOC (2024). Rapports des États parties sur l'état de conservation du Parc National du Niokolo Koba , 2024

Ratsch R., Kingsbury B.A. & Jordan M.A., 2020. Exploration of Environmental DNA (eDNA) to Detect Kirtland's Snake (*Clonophis kirtlandii*). *Animals* 10(6), 1057, DOI:[10.3390/ani10061057](https://doi.org/10.3390/ani10061057).

Reichman, O. J., & Smith, S. C. (1990). Burrows and burrowing behavior by mammals. <https://www.semanticscholar.org/paper/Burrows-and-burrowing-behavior-by-mammals-Reichman-Smith/78f54c3272c846731b379cb59648857b562d96e1>

Ridley J.C.H. & Schlesinger C.A., 2023a. Activity of *tjakura* (great desert skinks) at burrows in relation to plant cover and predators. *Ecology and Evolution* 13(8), e10391, DOI:[10.1002/ece3.10391](https://doi.org/10.1002/ece3.10391).

Rowe, N., Myers, M., 2011. Tous les primates du monde. [www.alltheworldsprimates.org](http://www.alltheworldsprimates.org). Primate Conservation Inc. Charlestown RI. Téléchargé le 10/06/2024

Rozenbaum, M. (2021, novembre 3). Zoos : Les rongeurs jouent un rôle majeur dans la transmission des zoonoses. *Vetitude*. <https://vetitude.fr/zoos-les-rongeurs-jouent-un-role-majeur-dans-la-transmission-des-zoonoses/>

Saj T.L., 1998. The ecology and behavior of vervet monkeys in a human-modified environment.

Saj et coll., 2001TL Saj , P. Sicotte , JD Paterson Le conflit entre les singes vervets et les agriculteurs à la lisière de la forêt à Entebbe, en Ouganda *Afr. J. Ecol.* , 39 ( 2001 ) , pages 195 à 199

Schets F.M., De Heer L. & De Roda Husman A.M., 2013. *Coxiella burnetii* in sewage water at sewage water treatment plants in a Q fever epidemic area. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 216(6), 698–702, DOI:[10.1016/j.ijheh.2012.12.010](https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2012.12.010).

Shimmin, G, Skinner, J, B. & Baudinette, R. (2002). Life in a wombat burrow. *Nature Australia* 27. Published electronically at <http://web.ebscohost.com/ehost/detail?vid=6&hid=121&sid=30d9d3d4-9924-4276-b7a7-6145f91b84b9%40sessionmgr107>

Sirois S.H. & Buckley D.H., 2019. Factors governing extracellular DNA degradation dynamics in soil. *Environ Microbiol Rep* 11(2), 173–184, DOI:[10.1111/1758-2229.12725](https://doi.org/10.1111/1758-2229.12725).

Skinner, J.D. & Smithers, R.H.N. (1990). The mammals of the southern African subregion 2nd edition. Pretoria, University of Pretoria Press.

Smithers, R.H.N. (1971). The Mammals of Botswana. Memoirs of the National Museum of Rhodesia no. 4. Rowe, N., Myers, M., 2011. Tous les primates du monde. [www.alltheworldsprimates.org](http://www.alltheworldsprimates.org). Primate Conservation Inc. Charlestown RI. Téléchargé le 10/06/2024.

Sun S., Dou H., Wei S., Fang Y., Long Z., Wang J., An F., Xu J., Xue T., Qiu H., Hua Y. & Jiang G., 2021. A Review of the Engineering Role of Burrowing Animals: Implication of Chinese Pangolin as an Ecosystem Engineer. *Journal of Zoological Research* **3**, DOI:[10.30564/jzr.v3i3.3102](https://doi.org/10.30564/jzr.v3i3.3102).

Stuart, C. & Stuart, T. (2000). A field guide to the tracks & signs of southern & east African wildlife. 2nd edition. Struik, Cape Town

Sylla M., Souris M. & Gonzalez J.-P., 2021. Ticks of the genus *Rhipicephalus* Koch, 1844 in Senegal: Review host associations, chorology, and associated human and animal pathogens. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.* **74**(1), 61–69, DOI:[10.19182/remvt.36318](https://doi.org/10.19182/remvt.36318).

Taberlet P., Coissac E., Hajibabaei M. & Rieseberg L.H., 2012. Environmental DNA. *Molecular Ecology* **21**(8), 1789–1793, DOI:[10.1111/j.1365-294X.2012.05542.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2012.05542.x).

Taylor, LH, Latham, SM et Woolhouse, ME Facteurs de risque d'émergence de maladies humaines. *Phil. Trans. R. Soc. Londres.* **B 356** , 983-989 (2001)

Taylor, M. (2019). Bats : An Illustrated Guide to All Species. <https://www.nhbs.com/bats-an-illustrated-guide-to-allspecies-book>

TEAM Network, 2011. Terrestrial Vertebrate Protocol Implementation Manual, v. 3.1. Tropical Ecology, Assessment and Monitoring Network, Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International, Arlington, VA, USA.

Thatcher H.R., Downs C.T. & Koyama N.F., 2019. Positive and Negative Interactions with Humans Concurrently Affect Vervet Monkey (*Chlorocebus pygerythrus*) Ranging Behavior. *Int J Primatol* **40**(4–5), 496–510, DOI:[10.1007/s10764-019-00099-6](https://doi.org/10.1007/s10764-019-00099-6).

Thomas C.F.G. & Marshall E.J.P., 1999. Arthropod abundance and diversity in differently vegetated margins of arable fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **72**(2), 131–144, DOI:[10.1016/S0167-8809\(98\)00169-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(98)00169-8).

Topping C.J. & Sunderland K.D., 1992. Limitations to the Use of Pitfall Traps in Ecological Studies Exemplified by a Study of Spiders in a Field of Winter Wheat. *The Journal of Applied Ecology* **29**(2), 485, DOI:[10.2307/2404516](https://doi.org/10.2307/2404516).

Trolliet F., Huynen M.-C., Vermeulen C. & Hambuckers A., 2014. Use of camera traps for wildlife studies. A review. *Biology Agriculture Science Environnement* **18**, 446–454.

Truskinger A., Cottman-Fields M., Eichinski P., Towsey M. & Roe P., 2014. Practical Analysis of Big Acoustic Sensor Data for Environmental Monitoring. In: *2014 IEEE Fourth International Conference on Big Data and Cloud Computing*. Presented at the 2014 IEEE International Conference on Big Data and Cloud Computing (BdCloud) Sydney, Australia: IEEE, 91–98.

Turner T.R., Schmitt C.A. & Cramer J.D., 2019. Savanna Monkeys: The Genus *Chlorocebus*, Cambridge University Press

UNESCO, U. C. (2024). Vers le retrait du Parc national du Niokolo-Koba de la Liste du patrimoine mondial en péril : l'UNESCO aux côtés de la Direction des parcs nationaux du Sénégal. UNESCO Centre Du Patrimoine Mondial. <https://whc.unesco.org/fr/actualites/2680>

Vassiliades G., 1973. Contrôles trichinoscopiques des viandes de phacochères au Sénégal. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.* **26**(1), 89, DOI:[10.19182/remvt.7868](https://doi.org/10.19182/remvt.7868).

Wang X., Xiu L., Binder R.A., Toh T.-H., Lee J.S.-Y., Ting J., Than S.T., Qi W., Coleman K.K., Perera D., Ma M. & Gray G.C., 2021. A pan-coronavirus RT-PCR assay for rapid viral screening of animal, human, and environmental specimens. *One Health* **13**, 100274, DOI:[10.1016/j.onehlt.2021.100274](https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100274).

Ward, D.F., New, T.R. & Yen, A.L. (2001). Effects of pitfall trap spacing on the abundance, richness and composition of invertebrate catches. *Journal of Insect Conservation* **47**: 47-53.

White A.M. & Cameron E.Z., 2009. Communal nesting is unrelated to burrow availability in the common warthog. *Animal Behaviour* **77**(1), 87–94, DOI:[10.1016/j.anbehav.2008.08.030](https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2008.08.030).

Whitford W.G. & Kay F.R., 1999. Biopedturbation by mammals in deserts: a review. *Journal of Arid Environments* **41**(2), 203–230, DOI:[10.1006/jare.1998.0482](https://doi.org/10.1006/jare.1998.0482).

WHITTINGTON-JONES, G M. 2006. The role of aardvarks (*Orycteropus afer*) as ecosystem engineers in arid and semi-arid landscapes of South Africa. MSc thesis, Rhodes University, Grahamstown

Whittington-Jones G.M., Bernard R.T.F. & Parker D.M., 2011. Aardvark burrows: a potential resource for animals in arid and semi-arid environments. *African Zoology* **46**(2), 362–370, DOI:[10.1080/15627020.2011.11407509](https://doi.org/10.1080/15627020.2011.11407509).

Williams D.M., Almanza S.M., Sifuentes-Romero I. & Detwiler K.M., 2021a. The history, taxonomy, and geographic origins of an introduced African monkey in the southeastern United States. *Primates* **62**(4), 617–627, DOI:[10.1007/s10329-021-00890-1](https://doi.org/10.1007/s10329-021-00890-1).

Wilson M.E., 1995. The traveller and emerging infections: sentinel, courier, transmitter: TRAVEL AND EMERGING INFECTIONS. *Journal of Applied Microbiology* **94**, 1–11, DOI:[10.1046/j.1365-2672.94.s1.1.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.94.s1.1.x).

Wolfe N.D., Dunavan C.P. & Diamond J., 2007. Origins of major human infectious diseases. *Nature* **447**(7142), 279–283, DOI:[10.1038/nature05775](https://doi.org/10.1038/nature05775).

Wood, G. (1997). Ventilation of the burrow of the Southern Hairy-Nosed Wombat, *Lasiorhinus latifrons*, in bushland near the Murray River at Morgan in South Australia. Published electronically at <http://www.adam.com.au/delta/archives/wombat/wombat.htm>

Woolnough A.P. & Steele V.R., 2001. The palaeoecology of the Vombatidae: did giant wombats burrow? *Mammal Review* **31**(1), 33–45, DOI:[10.1046/j.1365-2907.2001.00077.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2907.2001.00077.x).

World Health Organization: WHO. (2019, December 12). Yaws (Endemic treponematoses). [https://www.who.int/health-topics/yaws#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/yaws#tab=tab_1)

## 8. Annexe

Fiche terrain – piège photographique – gueule de terrier						
N° terrier :	N° de la caméra ou des caméras :		Date & heure :		Coordonnées GPS :	
<b>Description du site :</b>						
Géomorphologie	Plateau	Pente	Crête	Vallée	Autre :	
Habitat	Savane herbeuse	Savane arbustives	Savane arborée	Savane boisée	Bambusaies	Forêt claire
Couverture de la canopée (%)						
<b>Description du terrier :</b>						
Traces d'animaux/grattage ?	Oui	Non	Orientation			
Nombres de gueules ouvertes			Nombre de gueule bouchées			
Diamètre diagonal des gueule (cm)			Diamètre vertical des gueules (cm)			
Type de terrier	Sableux		Rocheux		Argileux	Autre :
	mou	dur				
Présence papillons/insectes	Quoi ?				Non	
Terre brûlée	1 (< 1 mois)		2 (> 1 mois)		3 (pas brûlé)	
Échelle d'impression de fréquentation	1 (fort fréquenté)		2 (moyennement fréquenté)		3 (pas fréquenté)	

Annexe 1 : Fiche de terrain pour la caractérisation des terriers.

Catégorie	Définition	Exemples de comportements
<b>Alimentation</b>	Actes de consommer de la nourriture.	-Boire, mâcher et avaler des aliments
<b>Contact avec les humains directe</b>	Comportement engageant directement un contact avec un humain.	voir Annexe 3
<b>Contact avec les humains indirecte</b>	Comportement engageant des contacts avec des objets humains ou des zones d'activités humaines sans contact direct avec les humains.	voir Annexe 3
<b>Déplacement</b>	Mouvement d'un endroit à un autre sans autre objectif apparent que le déplacement lui-même.	- Marcher, courir ou grimper, se balancer d'arbre en arbres, traverser un espace ouvert
<b>Inactif</b>	Périodes où le primate n'exécute aucune activité notable.	- S'asseoir ou se coucher sans se déplacer, dormir ou somnoler, observer passivement les alentours
<b>Recherche de nourriture</b>	Activité visant à localiser ou obtenir de la nourriture.	- Fouiller le sol, grimper aux arbres pour cueillir de la nourriture
<b>Socialisation</b>	Comportement visant à interagir avec d'autres primates.	- Toilettage mutuel, jeux sociaux comme se poursuivre ou se battre pour le jeu
<b>Surveillance seule</b>	Observation attentive de l'environnement sans interaction sociale ni recherche active de nourriture.	- Regarder fixement les alentours pour détecter des menaces ou des opportunités, maintenir une posture d'alerte

Type d'interaction	Contact direct	Contact indirect
<b>Lié à la nourriture</b>	Un primate prend de la nourriture directement de la main d'un humain. Un primate mendie activement pour de la nourriture, par exemple en tendant la main vers un humain avec de la nourriture.	Les primates pillent des sacs ou des objets laissés par des humains pour trouver de la nourriture. Un primate accède à des sources de nourriture humaine comme des poubelles ou la cuisine. Les primates récupèrent des aliments abandonnés par les humains, comme des restes.
<b>Agonistique</b>	Un primate devient agressif lorsqu'il se sent menacé par un humain. Un humain est attaqué par un primate en raison de la compétition pour la nourriture ou le territoire. Les primates réagissent par l'agression physique (p. ex., morsures, griffures) envers les humains pour protéger leur nourriture.	/
<b>Neutre ou affiliatif</b>	Les primates et les humains partagent des espaces communs et peuvent se toucher de manière pacifique. Par exemple, un primate peut se reposer ou jouer près des humains en les touchant.	Les primates utilisent les structures humaines (montent sur les tables, chaises, etc.) sans conflit. Les primates défèquent ou urinent sur les structures humaines.

Annexe 3 : Éthogramme des contacts direct et indirect de *Chlorocebus sabaues*.

DATE:		Heure :		Localisation :				
Contact	DEBUT	FIN	Locaux/touristes	NATURE DES CONTACTS				
				Direct			Indirect	
				Lié à la nourriture	Neutre ou affiliatif	Agonistique	Lié à la nourriture	Neutre ou affiliatif
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Annexe 4 : Fiche d'encodage all occurrence sampling.

Date :		Heure :		Localisation :					
Debut suivi	X:00	Comportement							
		Inactif	Alimentation	Déplacement	Interaction sociale	Contact humain		Recherche de nourriture	Surveillance seule
						Direct	Indirect		
1	...00 à ...:02								
2	...12 à ...:14								
3	...24 à ...:26								
4	...36 à ...:38								
5	...48 à ...:50								

Annexe 5 : Fiche d'encodage du scan.

Echantillon	ID	Date de récolte	Lieu
V1-5	<i>Chlorocebus sabaues</i>	25-03-24	Camp du lion
V6-7	<i>Chlorocebus sabaues</i>	26-03-24	Camp du lion
V8-12	<i>Chlorocebus sabaues</i>	27-03-24	Camp du lion
PH1	<i>Phacocheirus africanus</i>	10-03-24	terrier 4
PH2	<i>Phacocheirus africanus</i>	12-03-24	terrier 26
P1-3	<i>Hystrix cristata</i>	04-03-24	terrier 10
P4	<i>Hystrix cristata</i>	15-03-24	terrier 4
T1-7	<i>Rhipicephalus sanguineus</i>	02-04-24	terrier 17
T8-15	<i>Rhipicephalus sanguineus</i>	10-04-24	terrier 2
C1-2	<i>Chiroptera</i>	02-04-24	terrier 7

Annexe 6 : Détails de récolte des échantillons utilisés pour les analyses de pathogènes.

Espèces	1	2	3	N	RAI
<i>Accipiter badius sphenurus</i>	1	0	0	1	0,1
<i>Alcelaphus buselaphus major</i>	1	0	0	1	0,1
<i>Bucorvus leadbeateri</i>	1	0	0	1	0,1
<i>Camaroptera brachyura</i>	0	5	22	27	2,7
<i>Canis adustus</i>	1	0	0	1	0,1
<i>Centropus senegalensis</i>	1	0	0	1	0,1
<i>Cephalophus rufilatus</i>	12	0	0	12	1,2
<i>Cercopithecus patas</i>	6	2	0	8	0,8
<i>Cercopithecus sabaceus</i>	9	2	0	11	1,1
<i>Chiroptera</i>	102	341	982	1425	142,5
<i>Cossypha albicapilla</i>	0	1	1	2	0,2
<i>Cricetomys gambianus</i>	0	1	3	4	0,4
<i>Crocuta crocuta</i>	0	9	1	10	1
<i>Euxerus erythropus</i>	6	8	63	77	7,7
<i>Felis serval</i>	4	0	0	4	0,4
<i>Francolinus bicalcaratus</i>	2	6	5	13	1,3
<i>Galago senegalensis</i>	1	0	0	1	0,1
<i>Genetta genetta</i>	6	29	7	42	4,2
<i>Heliosciurus gambianus</i>	4	2	8	14	1,4
<i>Herpestes ichneumon</i>	1	3	38	42	4,2
<i>Hippotragus equinus</i>	8	0	0	8	0,8
<i>Hystrix cristata</i>	10	33	62	105	10,5
<i>Ichneumia albicauda</i>	7	6	22	35	3,5
<i>Kobus ellipsiprymnus defassa</i>	5	1	0	6	0,6
<i>Lamprotornis chalybaeus</i>	1	0	0	1	0,1
<i>Lanius barbarus</i>	0	0	1	1	0,1
<i>Lepus crawshayii</i>	2	5	1	8	0,8
<i>Malaconotus blanchoti</i>	1	0	0	1	0,1
<i>Mellivora capensis</i>	0	2	13	15	1,5
<i>Merops bulocki</i>	0	1	3	4	0,4
<i>Merops pusillus</i>	0	0	13	13	1,3
<i>Merops viridissinus</i>	0	2	22	24	2,4
<i>Mungos gambianus</i>	0	4	0	4	0,4
<i>Mungos mungo</i>	3	5	9	17	1,7
<i>Numida meleagris</i>	2	2	119	123	12,3
<i>Orycteropus afer</i>	4	10	72	86	8,6
<i>Otus senegalensis</i>	1	0	0	1	0,1
<i>Ourebia ourebi</i>	4	0	0	4	0,4
<i>Panthera pardus</i>	0	5	1	6	0,6
<i>Papio papio</i>	14	3	3	20	2
<i>Phacochoerus africanus</i>	4	10	139	153	15,3
<i>Prinia subflava</i>	0	0	0	21	2,1
<i>Ptilophachus petrosus</i>	0	8	172	180	18
<i>Python sebae</i>	0	0	4	4	0,4
<i>Rodentia</i>	0	0	52	52	5,2
<i>Streptopelia semitorquata</i>	4	2	0	6	0,6
<i>Tchagra senegalus</i>	0	1	51	52	5,2
<i>Tockus erythrorhynchus</i>	1	0	0	1	0,1
<i>Tragelaphus scriptus</i>	7	2	0	9	0,9
<i>Turdoides reinwardtii</i>	0	2	9	11	1,1
<i>Varanus niloticus</i>	0	1	6	7	0,7
<i>Viverra civetta</i>	4	6	0	10	1

Annexe 7 : Tableau reprenant le nombre d'évènement indépendant par espèces selon trois classes. La classe 1 signifie que l'animal a été indifférent à la gueule de terrier. La classe 2 signifie que l'animal a exprimé un intérêt pour la gueule. La classe 3 signifie que l'animal a pénétré dans la gueule du terrier.

Espèces	1	2	3	N	RAI
<i>Cephalopis rufilatus</i>	11	0	0	11	2,1
<i>Ceropithecus patas</i>	6	6	2	14	2,7
<i>Ceropithecus sabaeus</i>	2	0	2	4	0,8
<i>Chimpanza</i>	7	21	39	67	13,3
<i>Conas abyssinicus</i>	1	0	0	1	0,2
<i>Cricetomys gambianus</i>	4	2	3	9	1,7
<i>Crocuta crocuta</i>	0	3	0	3	0,6
<i>drongo brillant</i>	0	1	0	1	0,2
<i>Eremomela pusilla</i>	0	0	2	2	0,4
<i>Eoacris erythropus</i>	15	2	0	17	3,3
<i>Felis senal</i>	1	0	0	1	0,2
<i>Framolimus bicalcaratus</i>	2	0	0	2	0,4
<i>Galago senegalensis</i>	1	0	0	1	0,2
<i>Genetta genetta</i>	20	5	0	25	4,8
<i>Herpestes ichneumon</i>	11	5	4	20	3,8
<i>Hippotragus equinus</i>	5	0	0	5	1,0
<i>Hystrix cristata</i>	29	16	9	54	10,4
<i>Ichnomys albicauda</i>	20	7	0	27	5,2
<i>Kobus ellipsiprymus defassa</i>	1	2	0	3	0,6
<i>Lacertus</i>	1	0	0	1	0,2
<i>Lamprolaima chalybaeus</i>	1	0	0	1	0,2
<i>Laniarius barbarus</i>	0	1	0	1	0,2
<i>Malacocetus blanfordi</i>	0	1	1	2	0,6
<i>Mellivora capensis</i>	1	4	6	11	2,1
<i>Mungos mungo</i>	2	3	2	7	1,3
<i>Numida meluagris</i>	41	33	41	115	22,1
<i>Oenanthe du senegal</i>	1	0	0	1	0,2
<i>Orycteropus afer</i>	6	11	18	35	6,7
<i>Ourebia ourebi</i>	1	2	0	3	0,6
<i>Panthera leo</i>	1	0	0	1	0,2
<i>Papio papio</i>	22	1	2	25	4,8
<i>Phacochoerus africanus</i>	15	30	37	82	16,0
<i>Plocus sp</i>	0	1	0	1	0,2
<i>Primate</i>	1	0	0	1	0,2
<i>Ptilopachus petreus</i>	7	2	7	16	3,1
<i>Radotia</i>	4	0	0	4	0,8
<i>Sylviaarpa grinnia</i>	0	1	0	1	0,2
<i>Tebaga senegalus</i>	0	0	1	1	0,2
<i>Tourterelle sp</i>	6	0	0	6	1,2
<i>Tragelaphus scriptus</i>	13	2	0	15	2,9
<i>Turdoides reinwardtii</i>	1	1	1	3	0,6
<i>Turtur abyssinicus</i>	1	0	0	1	0,2
<i>Viverra civetta</i>	0	1	1	2	0,4

Annexe 8 : Tableau qui reprend le nombre de détections d'évènement indépendant par espèces selon trois classements. La classe 1 signifie que l'animal a été indifférent à la gueule de terrier. La classe 2 signifie que l'animal a exprimé un intérêt pour la gueule. La classe 3 signifie que l'animal a pénétré dans la gueule du terrier c'est-à-dire qu'il y rentre ou qu'il en sort où un membre du corps franchi la limite de l'entrée de la gueule du terrier. ( Daelemans ,2023).