

---

## **Cohabitation d'espèces animales dans les terriers du parc national du Niokolo-Koba, Sénégal**

**Auteur** : Daelemans, Virginie

**Promoteur(s)** : Vermeulen, Cédric; Lhoest, Simon

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

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

**Année académique** : 2022-2023

**URI/URL** : <http://hdl.handle.net/2268.2/18252>

---

*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.*

---

# **COHABITATION D'ESPÈCES ANIMALES DANS LES TERRIERS DU PARC NATIONAL DU NIOKOLO-KOBA, SÉNÉGAL**

**VIRGINIE DAELEMANS**

**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 2022-2023**

**PROMOTEUR : CEDRIC VERMEULEN  
CO-PROMOTEUR : SIMON LHOEST**

© 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.

# **COHABITATION D'ESPÈCES ANIMALES DANS LES TERRIERS DU PARC NATIONAL DU NIOKOLO-KOBA, SÉNÉGAL**

**VIRGINIE DAELEMANS**

**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 2022-2023**

**PROMOTEUR : CEDRIC VERMEULEN  
CO-PROMOTEUR : SIMON LHOES**



## Remerciements

Mes pensées se tournent avec une profonde gratitude envers les personnes qui ont été des piliers essentiels tout au long de ce voyage académique exceptionnel. Leurs rôles et contributions ont éclairé chaque étape de mon mémoire, et je souhaite les remercier chaleureusement pour leur générosité et leur soutien inestimable.

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma reconnaissance envers mon promoteur, le Professeur Cédric Vermeulen de l'Université de Gembloux Agro Bio-Tech. Sa confiance en mes capacités et son accompagnement tout au long de l'élaboration de ce mémoire ont été d'une importance cruciale, modelant la qualité de ce travail. Un remerciement tout aussi sincère va à mon co-promoteur, Simon Lhoest, dont la clarté d'esprit et l'engagement dévoué ont grandement enrichi le contenu et la portée de ce mémoire.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude envers Monsieur Jacques Gomis, Conservateur du Parc National du Niokolo Koba, pour m'avoir accordé la possibilité de réaliser mon travail de fin d'études dans ce parc extraordinaire.

À la Bourse Ares, je suis redevable pour la précieuse opportunité qu'elle m'a offerte de réaliser mon étude au Sénégal. Cette expérience n'aurait pas été possible sans leur soutien financier.

Les portes du Niokolodge et le cœur de Philippe Taminiaux m'ont accueilli chaleureusement, et je souhaite exprimer ma gratitude envers eux pour leur hospitalité inoubliable et leur assistance indéfectible sur le terrain. Leur contribution a façonné cette aventure en une expérience mémorable.

La fondation Ellég mérite une mention spéciale pour sa contribution essentielle, fournissant les pièges photographiques et soutenant financièrement cette étude. Leur soutien a été une lueur brillante dans la réalisation de ce projet.

Un remerciement particulier va à Faye, collaborateur au Niokolodge, pour son engagement dévoué et sa précieuse contribution sur le terrain.

Quentin Smits, chercheur au DEMNA, mérite une reconnaissance sincère pour son labeur acharné sur les résultats des capteurs acoustiques et pour avoir partagé son expertise avec générosité et patience tout au long de ce périple.

Johan Michaux, ainsi que ses collaborateurs, a été un phare de conseils avisés concernant la génétique, du protocole aux résultats. Leur contribution a apporté une perspective enrichissante à cette étude.

Au fil de ce parcours, le destin m'a souri en me faisant croiser la route d'Eric Heymans et de Sabine Bertouille. Leurs présences bienveillantes m'ont accompagné tout au long de cette période dédiée au mémoire. Vous avez été mes guides inestimables, des piliers solides dans cette aventure. Votre soutien va bien au-delà d'une simple rencontre, vous êtes devenus des âmes chères et précieuses pour la suite de mon aventure.

Un grand merci à Zoé, une personne exceptionnelle qui m'a apporté un soutien précieux à distance, tant sur le terrain que tout au long de cette aventure. Malgré la distance physique, tu étais toujours proche de mon cœur.

Je dédie ces mots à ma famille de Gembloux, qui a transformé cette expérience en une aventure empreinte d'amitié, d'amour et de bières. Mes chers Poulish, votre présence a été le cœur même de cette expérience, et sans vous, cela n'aurait pas été la même chose.

Je souhaite adresser des remerciements tout particuliers à Luna (merciooo), une âme sœur, une complice, une amie qui offre un soutien inégalable et une empathie extraordinaire, révélant ainsi la meilleure part de moi-même.

Et enfin, je conclus en pensant à ma meilleure découverte de l'année 2022, Clément, une personne exceptionnelle à qui je suis reconnaissante d'être à mes côtés. Ton amour est devenu ma force.

## Résumé

Au cœur du Parc National du Niokolo-Koba au Sénégal, une étude portant sur la fréquentation des terriers par des espèces animales a été menée aux abords du Niokolodge, une infrastructure écotouristique engagée dans la préservation, la protection et le développement durable du parc. Cette recherche a couvert une superficie de 96 km<sup>2</sup>, incluant 53 km de pistes empruntées pour une prospection semi-opportuniste des terriers. Le protocole sur le terrain s'est déroulé sur une période de 10 semaines pendant la saison sèche, du 22 février au 2 mai 2023. Ce protocole est subdivisé en trois phases, dont deux sont de nature expérimentale. La première phase consiste à caractériser les terriers et à installer les pièges photographiques, tandis que les deux phases expérimentales sont dédiées au piégeage passif des terriers au moyen de capteurs acoustiques, ainsi qu'à la collecte de matières fécales autour ou à l'intérieur des terriers.

Au total, 55 gueules de 42 terriers ont été caractérisées et surveillées à l'aide de 46 pièges photographiques, permettant un échantillonnage de 460 caméras.jours. En combinant les données des années 2022 et 2023, un total de 52 pièges photographiques a été utilisé pour suivre 60 gueules et 48 terriers, ce qui a représenté un effort d'inventaire de 520 caméras.jours. Ces observations ont permis d'enregistrer 1338 événements de détection et 606 événements indépendants. L'analyse des données a révélé que 38 gueules étaient fréquentées car elles avaient été pénétrées par au moins une espèce, impliquant 32 terriers. Au total, 18 espèces différentes de mammifères et d'oiseaux ont été observées pénétrant au moins une gueule de terrier. Le nombre total de pénétrations s'est élevé à 151, mettant en évidence 33 co-occurrences où deux espèces différentes ont fréquenté une même gueule de terrier au cours des 10 jours d'observation. Parmi ces co-occurrences, quatre ont été observées dans au moins trois gueules de terriers : *Orycteropus afer* - *Phacochoerus africanus*, *Numida meleagris* - *Phacochoerus africanus*, *Phacochoerus africanus* - *Chiroptera*. Une association significative a été établie entre les espèces " *Orycteropus afer* " et " *Phacochoerus africanus* " et leur fréquentation des gueules de terriers.

Par ailleurs, pendant cinq jours, cinq terriers ont été suivis à l'aide d'un appareil acoustique, ce qui a représenté un échantillonnage de 25 jours. L'objectif de cette démarche est d'identifier les chauves-souris grâce aux écholocalisations qu'elles émettent pour compléter les observations des pièges photographiques. Parmi les terriers étudiés, deux terriers complexes ont présenté une fréquence nettement plus élevée des séquences attribuées au *Nycteridae*.

En ce qui concerne les échantillons de matières fécales, huit échantillons ont été prélevés à proximité ou à l'intérieur des terriers. Ceci a permis d'identifier la présence d'espèces telles que le phacochère et le porc-épic, ainsi que de découvrir les familles de bactéries associées. Le genre *Treponema* a été détecté chez le phacochère, suggérant la possibilité de transmission de la syphilis et d'autres maladies entre différentes espèces au sein des terriers.

En somme, cette étude met en évidence la diversité des espèces animales fréquentant les terriers, confirmant ainsi l'importance de ces habitats pour la survie de certaines espèces et leur rôle dans la transmission des maladies.

**Mots-clefs :** Terrier, pièges-photographiques, capteurs-acoustiques, analyse génétique, bactérie, co-occurrence, zoonoses, semi-aride, Niokolo Koba,

## Abstract

In the heart of the Niokolo-Koba National Park in Senegal, a study into the use of burrows by animal species was carried out in the vicinity of the Niokolodge, an ecotourism facility committed to the preservation, protection and sustainable development of the park. The research covered an area of 96 km<sup>2</sup>, including 53 km of tracks used for semi-opportunistic burrow prospecting. The field protocol took place over a 10-week period during the dry season, from 22 February to 2 May 2023. The protocol was divided into three phases, two of which were experimental in nature. The first phase consists of characterising the burrows and installing the photographic traps, while the two experimental phases are dedicated to passive trapping of the burrows using acoustic sensors, as well as the collection of faecal matter around or inside the burrows.

A total of 55 mouths from 42 burrows were characterised and monitored using 46 camera traps, resulting in a sampling of 460 cameras.days. Combining the data from 2022 and 2023, a total of 52 camera traps were used to monitor 60 holes and 48 burrows, representing an inventory effort of 520 cameras.days. These observations made it possible to record 1338 detection events and 606 independent events. Analysis of the data revealed that 38 holes were frequented because they had been penetrated by at least one species, involving 32 burrows. In total, 18 different species of mammals and birds were observed penetrating at least one burrow hole. The total number of penetrations was 151, highlighting 33 co-occurrences where two different species visited the same burrow mouth during the 10 days of observation. Four of these co-occurrences were observed in at least three burrow holes: *Orycteropus afer* - *Phacochoerus africanus*, *Numida meleagris* - *Phacochoerus africanus*, *Phacochoerus africanus* - *Chiroptera*. A significant association was established between the species "*Orycteropus afer*" and "*Phacochoerus africanus*" and their use of burrow holes.

In addition, five burrows were monitored for five days using an acoustic device, representing 25 days of sampling. The aim of this approach was to identify the bats by means of the echolocalisations they emitted, in order to supplement the observations from the photographic traps. Of the burrows studied, two complex burrows showed a significantly higher frequency of sequences attributed to *Nycteridae*.

Eight faecal samples were taken near or inside the burrows. This made it possible to identify the presence of species such as warthogs and porcupines, and to discover the families of associated bacteria. The genus *Treponema* was detected in warthogs, suggesting the possibility of transmission of syphilis and other diseases between different species within burrows.

In short, this study highlights the diversity of animal species frequenting burrows, confirming the importance of these habitats for the survival of certain species and their role in disease transmission.

**Keywords:** burrow, photographic traps, acoustic sensors, genetic analysis, bacteria, co-occurrence, zoonoses, semi-arid, Niokolo Koba,

## Table des matières

Remerciements .....	3
Résumé.....	5
Abstract .....	6
Liste des figures .....	9
Liste des tableaux .....	10
Listes des annexes .....	11
<b>1. Introduction.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1. Adaptation de la faune aux régions arides.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2. Terriers : définition et types de fréquentation .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3. Méthodes de suivi de la faune .....</b>	<b>13</b>
1.3.1. Les pièges photographiques .....	13
1.3.2. Les capteurs acoustiques .....	14
1.3.3. Analyses génétiques .....	14
<b>1.4. Cohabitation inter-espèces dans les terriers et impacts sur les transmissions zoonotiques .....</b>	<b>14</b>
1.4.1. Définition de zoonose .....	15
1.4.2. Cas de zoonose rencontrés .....	16
1.4.3. Le rôle de la viande de brousse dans la propagation des zoonoses.....	16
1.4.4. Le rôle des chiroptères et rongeurs dans la propagation des zoonoses.....	16
<b>1.5. Objectifs.....</b>	<b>17</b>
<b>2. Matériel et Méthodes .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1. Zone d'étude : Parc National du Niokolo Koba.....</b>	<b>18</b>
2.1.1. Études scientifiques au sein du parc et en périphérie du Niokolodge.....	19
2.1.2. Les maladies présentes au PNNK.....	19
2.1.3. Paysages typiques du parc .....	19
2.1.4. Les animaux dans les terriers.....	20
2.1.5. État de connaissance des chiroptères au PNNK .....	21
<b>2.2. Sélection et caractérisation des terriers .....</b>	<b>22</b>
2.2.1. Traitements des données .....	28
<b>2.3. Mise en place des pièges photographiques .....</b>	<b>28</b>
2.3.1. Problèmes rencontrés .....	29
2.3.2. Solutions apportées .....	29
2.3.3. Hors protocole .....	30
2.3.4. Traitement des données.....	30
<b>2.4. Piégeage des terriers par capteurs acoustiques passifs .....</b>	<b>31</b>
2.4.1. Traitement des données.....	32
<b>2.5. Récolte de matières fécales .....</b>	<b>33</b>
2.5.1. Traitements des données .....	34
<b>3. Résultats .....</b>	<b>36</b>
<b>3.1. Caractéristiques environnementales des terriers .....</b>	<b>36</b>
3.1.2. Occurrences d'espèces .....	38
3.1.3. Co-occurrences d'espèces .....	41
3.1.3. Occurrences et caractéristiques environnementales des terriers .....	44

3.1.4. Suivi temporel de deux terriers entre 2022 et 2023 .....	51
.....	52
3.1.5. Identification acoustique des familles de chauves-souris .....	53
3.1.4. Analyses génétiques des excréments .....	54
<b>4. Discussion .....</b>	<b>57</b>
4.1. Caractérisation des terriers.....	57
4.2. Espèces animales fréquentant les terriers .....	58
4.3. Co-occurrences d'espèces dans les gueules de terriers.....	59
4.4. Évolution temporelle de l'occupation des terriers .....	60
4.5. Association entre les paramètres environnementaux des gueules de terriers et les visites des espèces animales.....	61
4.6. Identification acoustique des chauves-souris.....	61
4.7. Pathogènes à risques zoonotiques .....	62
4.7.1. La chasse au terrier .....	63
4.7.2. Tourisme et propagation de maladies .....	63
4.8. Complémentarité des méthodes utilisées .....	64
4.9. Dysfonctionnement des pièges photographiques et améliorations .....	64
4.9.1. Conditions environnementales.....	64
4.9.2. Animaux de petites tailles ou rapides.....	65
4.10. Perspectives et amélioration du protocole.....	65
<b>5. Conclusion.....</b>	<b>67</b>
<b>6. Contribution personnelle de l'étudiante .....</b>	<b>68</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>69</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>82</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Position du Parc National Niokolo Koba et du Niokolodge au Sénégal.....	18
Figure 2 : Coupe du fleuve Gambie. Illustration : Luong Thanh Minh (Galat-Luong et Galat, 2016). .....	20
Figure 3 : Localisation des terriers caractérisés et suivis en 2023 et 2022 (Lemmens, 2022) ainsi que le tracé des pistes aux alentours du Niokolodge. ....	23
Figure 4 : Photo d'une gueule de terrier qui présente des traits répondant à une impression de fréquentation grande. Observations : pic de porc-épic et empreintes d'animaux à l'entrée sur le sol, et paroi de la gueule lisse (identifiant de la gueule : g_60). ....	24
Figure 5 : Photo d'une gueule de terrier qui présente des traits répondant à une impression de fréquentation moyenne (g_14). ....	25
Figure 6 : Photo d'une gueule de terrier qui présente des traits répondant à une impression de fréquentation faible (g_17). ....	25
Figure 7 : Deux photos montrant une gueule de terrier (g_53) située dans un environnement où un feu de brousse s'est produit moins d'un mois avant l'étude. ....	26
Figure 8 : Deux photos montrant une gueule de terrier (g_40) située dans un environnement où un feu de brousse s'est produit plus d'un mois avant l'étude. ....	26
Figure 9 : Deux photos montrant une gueule de terrier (g_40) située dans un environnement où un feu de brousse ne s'est pas produit récemment (g_51). ....	27
Figure 10 : Mise en place d'un piège photographique par Faye. ....	28
Figure 11 : Photo d'une caméra exposée en plein soleil. ....	29
Figure 12 : Photo d'insectes récoltés et vus sortant d'un terrier. ....	27
Figure 13 : Proportion des gueules de terriers qui ont été suivis en fonction des types d'habitats (A), du couvert de la canopée (B), du type de géomorphologie (C) et du type de sol (D). ....	36
Figure 14 : Histogramme montrant la présence/absence des traces d'animaux et d'insectes sur l'entièreté des gueules piégées par pièges photographiques (n=54). ....	37
Figure 15 : Histogramme montrant la répartition des classes de diamètre mesurées des gueules de terriers suivis. ....	37
Figure 16 : Position des cinq sols représentatifs des gueules de terriers caractérisés et suivis sur le triangle textural du laboratoire de La Hulpe. La cible correspond au résultat de l'échantillon qui avait été analysé par La Hulpe. ....	38
Figure 17 : Distribution des RAI (nombre de détection pour 100 jours) des 43 espèces observées (indifférentes et/ou non à la gueule de terrier) par les pièges photographiques. Le nombre total de caméra.jours = 520 ; La richesse d'espèce observée total = 43 ; Le total d'évènements de détections = 1338 ; Le total des évènements indépendants = 608 ; Le temps considéré entre deux évènements indépendants = 30 min. ....	39
Figure 18 : Répartition sur la totalité des terriers suivis du nombre de visites non-indépendantes (pénétrations dans les gueules de terriers). L'intensité de la couleur claire correspond à un nombre de visites plus élevé. ....	41
Figure 19 : Distribution du nombre d'espèces pénétrant dans les gueules et les terriers. ....	42

Figure 20 : Matrice des 33 co-occurrences (couple d'espèce pénétrant au moins une fois dans une gueule) observées parmi 18 espèces recensées (n =58) et 151 détections de pénétration indépendantes. ....	43
Figure 21 : Distribution des espèces recensées dans un nombre de gueules en fonction du diamètre moyen (cm) de celui-ci. ....	45
Figure 22 : Distribution des espèces en fonction des gueules de terriers qui présentent des insectes ou non.....	46
Figure 23 : Distribution des espèces présentent dans un nombre de gueules de terriers qui ont été creusées dans un type de sol spécifique.....	46
Figure 24 : Distribution des espèces en fonction des habitats dans lesquels les gueules de terriers ont été creusées. ....	47
Figure 25 : Distribution des espèces pour les gueules creusés dans des environnements environnement où un feu de brousse s'est produit il y a moins d'un mois (Série 1) plus de un mois (Série 2) ou sans passage de feu de brousse (Série 3). ....	48
Figure 26 : Distribution des espèces dans les gueules de terriers en fonction de la géomorphologie dans laquelle ils ont été creusés.....	49
Figure 27 : Photo de l'environnement à gauche du terrier t_25 en 2022 et photo du terrier t_25 en 2023.....	52
Figure 28 : Photo de l'environnement en 2022 à gauche et en 2023 à droite.....	52
Figure 29 : Histogramme sur la répartition des espèces de chauves-souris par gueule de terrier. .	53
Figure 30 : Deux captures d'écran d'une séquence filmée avec une chauve-souris qui pénètre dans la gueule du terrier. L'image à gauche représente la gueule g_50 et l'image à droite la gueule g_60. ....	54
Figure 31 : Matrice de présence et absence des familles bactéries à travers les huit échantillons. Où A.1, A.5, A.6 proviennent de l'espèce animale <i>Phacochoerus africanus</i> et A.2 de <i>Hystrix cristata</i> . Les familles mises en gras représentent celles susceptibles de contenir des espèces de bactéries intervenant dans des zoonoses.....	56
Figure 32 : Liste d'espèces recensées lors de l'étude de Whittington-Jones en Afrique du sud. (Whittington-Jones et al., 2011). ....	59

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Distance de chaque piste empruntée dans la recherche semi-opportuniste des terriers dans les alentours du Niokolodge. ....	22
Tableau 2 : Informations sur les différentes crottes récoltées aux alentours ou dans les gueules de terriers. ....	34
Tableau 3 : Liste des 18 espèces recensées avec leur nombre de détections de pénétration dans les gueules de terriers et leur RAI (Relative Abundance Index) pour 100 jours.....	40
Tableau 4 : Liste des trois co-occurrences qui apparaissent au moins dans quatre gueules de terriers distinctes. ....	42
Tableau 5 : Résultats du test exact de Fisher sur les co-occurrences suivantes : <i>Orycteropus afer</i> - <i>Phacochoerus africanus</i> , <i>Numida meleagris</i> - <i>Orycteropus afer</i> , et <i>Phacochoerus africanus</i> - <i>Chiroptera</i> . ....	44



Tableau 6 : Analyse de l'association entre les caractéristiques environnementales étudiées des gueules de terriers suivies et la visite des espèces animales dans celles-ci. ....	50
Tableau 7 : Analyse de l'association entre les caractéristiques environnementales étudiées des gueules de terriers suivies et la visite des espèces d'oiseaux et mammifères dans celles-ci. ....	51
Tableau 8 : Type de climat, de végétation, de topographie et de géologie des trois sites d'étude de Whittington-Jones: Parc national des Zèbres de montagnes, Réserve Tswalu Kalahari et réserve privée Kwandwe (Whittington-Jones, 2007). ....	58

## Listes des annexes

Annexe 1 : Les principales types de végétation au Parc National Niokolo Koba (Arbonnier, 2019; Direction des parc nationaux, 2018). ....	72
Annexe 2 : Fiche de terrain pour la caractérisation des gueules de terrier. ....	73
Annexe 3 : échantillon de sol récolté à l'entrée de la gueule d'un terrier pour faire une analyse granulométrique (g_41). ....	74
Annexe 4 : Matériel utilisé sur le terrain. ....	75
Annexe 5 : Capteur acoustique SM mini ....	75
Annexe 6 : Capteur acoustique Elekon batlogger S2 ....	76
Annexe 7 : Guide Acoustique pour l'Identification des Espèces de Chauves-Souris au Sénégal (Animalia, 2023; Don E. & Russell A., 2019; Monadjem et al., 2020). ....	77
Annexe 8 : Guide Acoustique pour l'Identification des Espèces de Chauves-Souris au Sénégal (Animalia, 2023 ; Don E. & Russell A., 2019 ; Monadjem et al., 2020). ....	78
Annexe 9 : Analyse granulométrique des cinq échantillon de sol pris à l'entrée de cinq gueule de terrier différentes. ....	79
Annexe 10 : 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. ....	80
Annexe 11 : La liste des 33 co-occurrences établies lors du suivi des gueules de terriers ....	81

# 1. Introduction

## 1.1. Adaptation de la faune aux régions arides

Plus d'un tiers de la surface terrestre est occupé par des régions arides, caractérisées par des précipitations limitées et des variations extrêmes de températures. Le climat sec, résultant du taux élevé d'évapotranspiration et des faibles précipitations annuelles, pose un réel défi pour la faune et la flore qui peuplent ces zones arides (Whittington-Jones et al., 2011). Cependant, l'avenir apporte son lot de défis supplémentaires, avec des températures qui continueront à augmenter et une sécheresse encore plus sévère. Ces évolutions imminentes représentent des dangers tels que le renforcement des maladies et la perte de biodiversité (Lee et al., 2023). La faune et la flore des écosystèmes arides vont donc être confrontées à des difficultés considérables.

Sous ces conditions extrêmes, les vertébrés ont acquis une morphologie et une physiologie adaptées mais ont aussi adopté des comportements propices à ce climat extrême. Pour contrer ces hautes températures et ce climat sec, certaines espèces ont recours à l'utilisation de terriers qui offrent des conditions plus fraîches et plus humides (Pietersen et al., 2014b). Les interactions positives entre les individus sont également primordiales. Certaines des interactions positives sont le fruit d'organismes appelés les « ingénieurs des écosystèmes », dès lors qu'ils jouent un rôle clef dans ce processus. Ces organismes influencent de manière indirecte et directe la disponibilité des ressources au service d'autres espèces. Les vertébrés qui creusent des terriers sont reconnus comme des ingénieurs écosystémiques offrant des refuges à d'autres espèces animales (C. G. Jones et al., 1994 ; Machicote et al., 2004; Nowakowski et al., 2020).

## 1.2. Terriers : définition et types de fréquentation

La définition d'un terrier est la suivante : « Trou, galerie que certains animaux creusent dans la terre et qui leur sert d'abri » (Le Robert, 2023). Diverses espèces de mammifères à travers les continents creusent des terriers telles que le renard roux (*Vulpes Vulpes*) le blaireau européen (*Meles meles*), le porc-épic (*Hystrix cristata*), l'oryctérope (*Orycteropus afer*), etc. (Knöthig, 2005 ; Lebourgeois, 2020; Mouzoun et al., 2018 ; Paquot & Libois, 1986).

Le terrier est d'une haute utilisé pour les espèces, il représente un abri contre le stress environnemental. Grâce à sa morphologie et sa complexité, il peut également protéger contre les prédateurs. Les prédateurs seront freinés par le diamètre, la profondeur et la longueur du terrier. Ensuite, le terrier peut contenir des ressources alimentaires, permettre le stockage des aliments, jouer un rôle dans la reproduction et la mise bas de la progéniture. Dans les milieux secs et chauds, les terriers permettent aussi à diverses espèces d'échapper aux flammes des feux de brousse saisonniers. Pour finir, il peut également améliorer par résonance certaines fréquences principales d'un appel et donc contribuer à la communication entre individus (Kinlaw, 1999 ; Mapuru et al., 2021).

Les animaux fouisseurs peuvent construire des terriers complexes à multiples entrées et multiples chambres. Pour exemple bien connu, *Orycteropus afer* creuse des terriers relativement spacieux.

Les terriers sont occupés par les espèces qui contribuent à sa création initiale mais aussi par d'autres espèces animales. Ces dernières se divisent en deux catégories d'occupants (Louw et al., 2019) :

- *Les animaux ne jouant aucun rôle dans la construction ou la modification du terrier.* Ils vont simplement profiter de ses avantages. Pour illustrer ce cas, on retrouve la mangouste des

marais (*Atilax paludinosus*), les mangoustes élancées (*Herpestes sanguineus*) mais aussi le phacochère commun (*Phacochoerus africanus*) (Kingdon, 2015) ; En Afrique australe des espèces de la taille d'un bovidé tel que le Steenbok, *Raphicerus campestris* ont été observées à l'entrée de ce type de terrier (Kinlaw, 1999).

- *Des modificateurs secondaires qui habitent et modifient un terrier déjà creusé* comme la mangouste à queue blanche (*Ichneumia albicauda*).

La fréquentation des terriers est aussi divisée en deux catégories : *obligatoire* et *non obligatoire*. Cette dernière catégorie signifie que l'occupant n'est pas affecté uniquement à cet abri ; elle est subdivisée en trois avec les fréquentations accidentelles, occasionnelles ou fréquentes. La catégorie obligatoire signifie que l'espèce sera systématiquement trouvée dans un type de terrier bien spécifique (Louw et al., 2019).

### 1.3. Méthodes de suivi de la faune

Au fil des décennies, la conservation des habitats et des espèces, ainsi que les menaces pesant sur la biodiversité, ont conduit à l'utilisation de différentes technologies pour assurer leur suivi. Au cours du 21<sup>ème</sup> siècle, une évolution remarquable des technologies de surveillance permet d'augmenter les possibilités d'évaluer et de suivre la biodiversité. Dans le domaine de l'étude de la faune sauvage, les nouveaux outils prédominants sont les pièges photographiques et les capteurs acoustiques (Lahoz-Monfort & Magrath, 2021), sans oublier la télédétection et les analyses génétiques (Pimm et al., 2015).

#### 1.3.1. Les pièges photographiques

La technique des pièges photographiques pour observer la faune a fortement évolué depuis le 19<sup>ème</sup> siècle. En 1890, les premiers dispositifs de déclenchement « automatiques » apparaissent. La première utilisation scientifique de cet outil se fait en 1927 pour un recensement des animaux. De nos jours, le piège photographique est utilisé pour des études scientifiques rigoureuses (Lhoest & Fonteyn, 2022). La popularité de cet outil prend de l'importance car elle minimise le temps et l'effort de terrain (Hereward et al., 2021). Cette technologie est omniprésente pour le suivi de la biodiversité et l'identification espèces nécessitant des mesures de conservation (Dupuis-Désormeaux et al., 2016 ; Ferreras et al., 2016 ; Galvis et al., 2014 ; Mann et al., 2014).

Le piégeage de terriers par des caméras a déjà permis de récolter des données comportementales et de mettre en lumière l'écologie d'espèces encore méconnues à ce jour, rares, cryptiques et des taxons sous-étudiés. En plus de récolter ces données, les pièges photographiques minimisent les perturbations pour les animaux fréquentant les sites (Bridges et al., 2004). Différentes études ont été menées pour suivre les terriers des animaux en utilisant des piégeages par caméras. Ces études incluent des recherches sur plusieurs espèces, telles que le pangolin javanais (*Manis javanica*) (Khwaja et al., 2019), le pangolin à ventre blanc (*Phataginus tricuspis*) (Khwaja et al., 2019), le pangolin géant (*Smutsia gigantea*) (Khwaja et al., 2019 ; Lehmann et al., 2020 ; Bruce et al., 2018 ; Matthews et al., 2023), le pangolin chinois (*Manis pentadactyla*) (Bhattarai et al., 2022), le chat à pieds noirs (*Felis nigripes*) (Sliwa et al., 2018), le blaireau européen (*Meles meles L.*) (Lebecel, 2021 ; Nowakowski et al., 2020), le renard roux (*Vulpes vulpes*) (Kondo, 2018 ; Nowakowski et al., 2020), le raton laveur (*Nyctereutes procyonoides*) (Nowakowski et al., 2020), les oiseaux marins fousseurs avec le pétrel gris (*Procellaria cinerea*) et pétrel bleu (*Halobaena caerulea*) (Bird et al., 2022), le blaireau japonais (*Meles anakuma*) (Kondo, 2018), et diverses espèces de chauves-souris et rongeurs (Kondo, 2018).

### 1.3.2. Les capteurs acoustiques

En complémentarité aux pièges photographiques, l'utilisation des capteurs acoustiques permet de repérer des espèces non détectables par caméra et donc des animaux autres que les oiseaux et les grands mammifères (K. Jones et al., 2015). Notamment, cette technique est une alternative à la technologie de capture visuelle ou encore physique difficile à mettre en œuvre, coûteuse et/ou dangereuse (Marques et al., 2013). Dès lors, grâce à la surveillance acoustique passive, l'estimation de l'abondance de la biodiversité terrestre et occurrence pour des espèces de tailles réduites et plus cryptiques<sup>1</sup> est rendu possible (Hill et al., 2017). L'émission de sons permet à une multitude d'animaux de communiquer mais aussi à certaines espèces se déplaçant en volant de faire de l'écholocation afin de localiser leurs proies et les obstacles sur leur passage. Ces vocalisations vont transmettre des informations telles que la présence d'une espèce dans l'environnement, leur interaction dans l'espace et dans le temps, leur comportement et la taille de l'individu (Kershenbaum et al., 2016). Selon Rosenthal et Ryan, les animaux qui produisent des sons sont détectables sur de longues distances jusqu'à une centaine de mètres (Rosenthal & Ryan, 2000).

### 1.3.3. Analyses génétiques

Les échantillons biologiques tels que les matières fécales, les poils ou la salive permettent d'identifier une espèce grâce à l'ADN qu'ils contiennent, sans avoir recours à la capture de l'animal (Auffray et al., 2006). En prime, l'identification de pathogènes à potentiel zoonotique est possible également au travers de ces échantillons (Gagnon et al., 2022). L'analyse génétique est une technique coûteuse mais également un moyen de découvrir la présence d'espèces pensées absentes d'une région (Koubínová et al., 2013).

Une approche combinant des méthodes moléculaires spécifiques (qPCR) et non spécifiques (séquençage à haut débit du fragment 16S-V4) est utilisée pour détecter des bactéries potentiellement zoonotiques, c'est-à-dire celles portées par des animaux et potentiellement transmissibles aux humains. Cette méthode a permis d'identifier différentes sources de transmission, telles que des bactéries véhiculées par des tiques (*Anaplasma* sp, *Neoebrlichia* sp, *Borrelia* sp, *Orientia* sp, *Spiroplasma* sp), d'autres transmises par des vecteurs comme les tiques et les puces (*Bartonella* sp), ainsi que des bactéries présentes dans l'environnement (*Leptospira* sp, *Salmonella* sp). Quant à la détection des virus, elle repose sur l'utilisation de diverses approches, notamment la sérologie via l'analyse de sang et le séquençage moléculaire. Pour les protozoaires tels que *Babesia*, *Gardia* et *Cryptosporidium*, leur détection implique également une approche combinant des méthodes d'identification morphologique et moléculaire (Charbonnel, 2021).

## 1.4. Cohabitation inter-espèces dans les terriers et impacts sur les transmissions zoonotiques

A travers plusieurs études, un constat est fait, les terriers sont à l'origine de cohabitation inter-espèces (Coppola, Dari, et al., 2020 ; Kingdon, 2015 ; Kondo, 2018) ; c'est-à-dire que les espèces animales se retrouvent en même temps dans un espace commun (Coppola, Dari, et al., 2020; Kondo, 2018; Nowakowski et al., 2020).

Par exemple, le blaireau européen (*Meles meles*) peut cohabiter durant la saison de reproduction avec le renard roux (*Vulpes vulpes*) et le chien viverrin (*Nyctereutes procyonoides*) dans les forêts de plaine de l'ouest de la Pologne (Nowakowski et al., 2020). Au Gabon, le pangolin géant (*Smutsia gigantea*)

---

<sup>1</sup> Espèces qui sont petites, mimétiques, nocturnes, cachées sous terre ou qui vivent sous l'eau, difficiles à apercevoir (Marques et al., 2013).

cohabite avec des chauves-souris (Lehmann et al., 2020). En Italie, le partage du même terrier a également été observé pour les porcs-épics (*Hystrix cristata*), blaireaux (*Meles mele*) et renards roux (*Vulpes vulpes*) (Coppola, Dari, et al., 2020). Au Japon, cela concerne le renard roux, le chien viverrin (*Nyctereutes procyonoides*) et le blaireau japonais (*Meles anakuma*) (Kondo, 2018).

La cohabitation dans les terriers peut donner lieu potentiellement à des transmissions virales, parasitaires ou encore bactériennes entre les espèces fréquentant un même terrier (Coppola, Maestrini, et al., 2020 ; Lehmann et al., 2020). Un lien peut être établi entre les risques de ces transmissions inter-espèces et de zoonoses, maladies transmises à l'être humain.

#### 1.4.1. Définition de zoonose

Les maladies infectieuses émergentes ont une origine zoonotique dans 75% des cas (Milbank & Vira, 2022). D'après l'Organisation Mondiale de la Santé, les zoonoses sont « des maladies et infections qui sont transmises naturellement entre les animaux vertébrés et les humains » (Joint FAO/WHO Expert Committee on Zoonoses et al., 1959). La transmission peut être directe via une morsure de l'animal infecté ou indirecte avec un intermédiaire de type vecteur ou hôte (Halpin et al., 2007 ; Ludwig et al., 2003 ; Mendenhall et al., 2015). Ces maladies sont reconnues pour leur manière d'émerger et de se répandre. De fait, elles peuvent émerger subitement dans une population humaine et animale ou si elles ont déjà été présentes, provoquer une grande incidence et se répandre rapidement sur une grande aire géographique (Morse, 1995).

Les conséquences de l'infection de l'être humain sont différentes selon la zoonose. L'infection peut être auto-limitante, de courte durée sans effets graves sur la santé après guérison comme la gastro-entérite via *Salmonella spp.*, *Cryptosporidium spp.* et *Giardia spp.* Elle peut être persistante avec de lourds symptômes et laisser des séquelles après guérison telle que la toxoplasmose et l'encéphalite japonaise pouvant aboutir respectivement à des avortements et une encéphalite mortelle. Certaines maladies virales émergentes causent un taux de mortalité élevé comme Ebola et le Sida (Barnard, 2020 ; Galat & Galat-Luong, 1997).

L'apparition de ces maladies est principalement causée par les perturbations humaines infligées à l'environnement de ces animaux mais aussi au commerce des animaux sauvages (Galat & Galat-Luong, 1997 ; Papai, 2020 ; van Vliet et al., 2022). L'évolution de ces maladies est conditionnée par différents facteurs : la gamme d'hôtes, la taxonomie et les caractéristiques de l'agent pathogène qui influencent l'émergence de la maladie ; l'empiètement croissant des humains sur les habitats des espèces sauvages associé à la proximité croissante des humains avec des animaux d'élevage (Vermeulen, 2022) ; l'augmentation de la circulation des humains à travers le monde qui favorise la propagation de ces agents pathogènes ; et enfin, la résistance aux antibiotiques que certains de ces agents pathogènes ont développé au fil des années (Cleaveland et al., 2007 ; C. G. Jones et al., 1994 ; Mendenhall et al., 2015).

Une interdépendance existe entre la santé des êtres humains, celle de l'environnement et celle des animaux : ce concept est appelé « One Health » (Fao et al., 2008 ; Narrod et al., 2012). La mise en œuvre de l'approche globale « One Health » repose sur des collaborations et des communications interdisciplinaires dans tous les domaines des soins de santé, englobant les humains, les animaux et l'environnement. Cette approche vise à renforcer la santé publique de manière globale (Cantas & Suer, 2014)

#### 1.4.2. Cas de zoonose rencontrés

Récemment, le monde entier a fait les frais d'une zoonose appelée « COVID-19 » (SARS-CoV-2) dont l'origine serait la chauve-souris par l'intermédiaire du pangolin, une transmission interspécifique (Goh et al., 2022). Les animaux sauvages sont responsables de plus de 70% des maladies zoonotiques telles que la rage, l'anthrax, la leptospirose, la fièvre Q. ou coxiellose, la psittacose, le virus Hendra, le virus Nipah, l'encéphalite d'herpès B, la toxoplasmose, etc., qui représentent 61% des maladies qu'on retrouve chez l'être humain (Kumar et al., 2013).

#### 1.4.3. Le rôle de la viande de brousse dans la propagation des zoonoses

Un des principaux facteurs contribuant à la propagation des zoonoses est le braconnage, autrement dit, la chasse illégale de viande de brousse, et la réduction de l'habitat. Ces deux activités exercent une pression sur la faune et favorisent le contact entre l'être humain et l'animal (Papai, 2020) pouvant provoquer une insécurité alimentaire, sanitaire et un impact négatif sur la conservation de la faune (Ngama, 2015 ; Robinson & Bennett, 2000) . La pratique de prélever et consommer de la viande de brousse est profondément enracinée dans la culture et l'économie de nombreux pays, en particulier au Sud (Bennett & Robinson, 2000). Elle représente une source de protéines animales, de graisses, de fer et de zinc plus accessible économiquement que la viande d'élevage (Lescuyer & Nasi, 2016 ; Siren & Machoa, 2008). La viande de brousse concerne « toutes les espèces sauvages, y compris celles qui sont menacées ou en danger, qui peuvent servir de viande, telles que : gorilles, chimpanzés et autres primates, antilopes de forêt, crocodiles, porc-épic, potamochères, aulacodes, varans du Nil, pintades, etc. » (Fargeot, 2013).

D'un côté, la disparition et la mise en danger de ces espèces pourraient également entraîner la co-extinction de nombreux parasites et agents pathogènes, dont certains pourraient être des agents pathogènes zoonotiques potentiels (Ripple et al., 2016).

D'un autre côté, la chasse sélective de certains animaux, tels que les grands herbivores, peut provoquer une augmentation systématique des populations de rongeurs, qui sont connus pour héberger et transmettre des maladies zoonotiques (Artois, 2021 ; Ripple et al., 2016 ; Rozenbaum, 2021). En plus des herbivores, les prédateurs sont également importants pour réguler la transmission de maladies, et leur disparition peut augmenter les risques d'émergence de maladies, bien que la présence de prédateurs de taille moyenne puisse atténuer cet effet dans certains écosystèmes (Ripple et al., 2016).

#### 1.4.4. Le rôle des chiroptères et rongeurs dans la propagation des zoonoses

Lorsqu'il est question de maladies zoonotiques, une attention particulière est dirigée vers les chiroptères et les rongeurs, réservoirs d'agents pathogènes (Barnard, 2020 ; Rozenbaum, 2021). Les rongeurs représentent plus de 40 % des espèces de mammifères, ce qui les place parmi les taxons les plus susceptibles d'abriter et de transmettre des maladies zoonotiques. Leur capacité à transmettre directement ou indirectement un large éventail d'agents pathogènes microbiens est bien établie .

Les chauves-souris sont des vecteurs évolutifs dans le transport d'agents infectieux et pathogènes de par leurs caractéristiques physiologiques et écologiques (Barnard, 2020). Ces mammifères volants ont la capacité de parcourir de longues distances, et certaines espèces sont migratrices, couvrant donc un vaste territoire. Ces animaux présentent aussi des comportements sociaux



impliquant le partage de nourriture et l'*allogroom*<sup>2</sup> favorisant la transmission de pathogènes et maladies inter-individus (Moratelli & Calisher, 2015 ; Wibbelt et al., 2010 ; Wilkinson, 1984). Certaines chauves-souris, et plus particulièrement celles de la famille des *Nycteridae*, nichent dans une variété d'abris comme les terriers d'oryctérope (*Orycteropus afer*) (Monadjem et al., 2020).

## 1.5. Objectifs

Les problématiques telles que le réchauffement climatique et l'émergence des maladies zoonotiques sont de plus en plus conséquentes, sur l'ensemble du globe en général et en Afrique en particulier. Lieux d'abri, de rencontre et d'échange potentiel de pathogènes, les terriers sont impliqués d'une manière ou d'une autre dans ces deux problématiques. D'où l'intérêt de la présente étude portant sur une meilleure compréhension des interactions fauniques dans les terriers d'Afrique subsaharienne.

Cette étude présente donc pour objectif général de documenter la cohabitation de diverses espèces animales au sein des terriers du Parc National du Niokolo-Koba (PNNK), au Sénégal. Une cohabitation (ou co-occurrence) signifiera ici qu'au minimum deux espèces représentées chacune d'elles par au moins un individu pénètrent dans une même gueule (ou entrée) appartenant à un même terrier.

De manière plus spécifique, ce travail a pour objectifs : (i) de caractériser les types de terriers retrouvés dans le PNNK, (ii) d'identifier les espèces fréquentant les terriers et de quantifier leurs fréquences de co-occurrences, et (iii) d'identifier les potentiels pathogènes zoonotiques dont sont vectrices les espèces fréquentant les terriers.

L'étude a été réalisée au sein du site touristique de l'écologie « Niokolodge » où six terriers ont déjà été suivis par des pièges photographiques lors d'une étude préliminaire en 2022. Ce travail préalable (Lemmens, 2022) avait démontré la co-occurrence de plusieurs espèces dans ces terriers, parmi lesquelles :

- La pintade de Numidie (*Numida meleagris*) avec le vervet (*Chlorocebus sabaenus*) ;
- Le ratel (*Mellivora capensis*) avec une espèce de chauve-souris<sup>3</sup> ;
- Le porc-épic (*Hystrix cristata*) avec une espèce de chauve-souris.

---

<sup>2</sup> L'*allogrooming* consiste à nettoyer et entretenir l'apparence d'un individu de la même espèce en léchant ou en grignotant minutieusement. Ce comportement est courant chez des animaux allant des arthropodes aux grands singes (Schweinfurth et al., 2017).

<sup>3</sup> A noter qu'à ce stade l'identification des chiroptères n'a pas été possible (Lemmens, 2022).

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1. Zone d'étude : Parc National du Niokolo Koba

L'étude ici présentée s'est déroulée dans le Parc National du Niokolo Koba (PNNK) (Figure 1) avec une période terrain qui s'étale entre le 27 février 2023 et le 1<sup>er</sup> mai 2023. Le Parc National du Niokolo Koba est localisé dans le sud-est du Sénégal, plus précisément entre les méridiens 18°30 et 13°42 de longitude ouest et entre les parallèles 12°30 et 13°20 de latitude nord. Le parc est adjacent au Parc National du Badiar de la République de Guinée. Le Niokolodge se trouve au nord-ouest du parc (Figure 1).

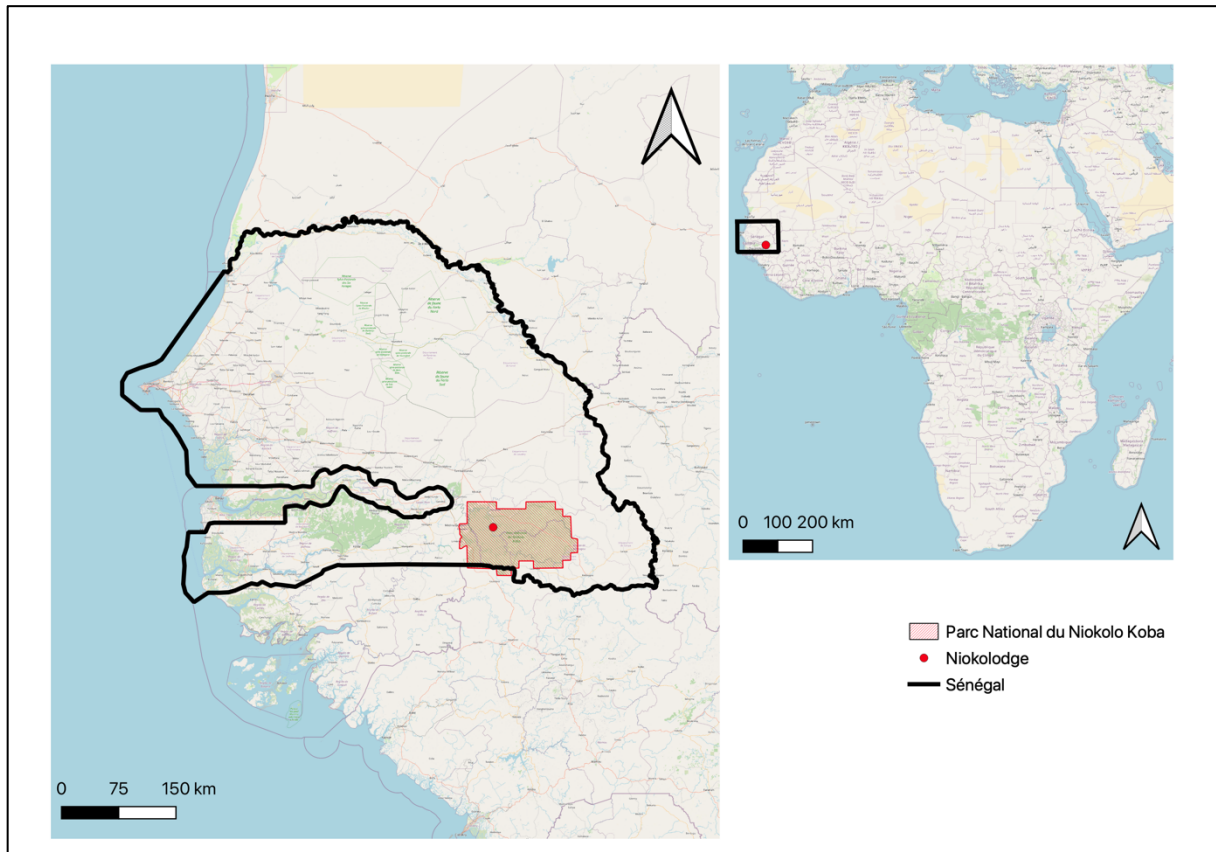


Figure 1 : Position du Parc National Niokolo Koba et du Niokolodge au Sénégal.

Actuellement, le PNNK s'étend sur une superficie de 913 000 hectares placée sous statut de conservation. Avant de devenir un Parc National le 19 août 1954 grâce au décret 6009, celui-ci a connu différentes configurations (Dekeyser & Villiers, 1956). Le processus de constitution du Parc s'étale sur une période de quasi cent ans (1880 à 1970). Le premier quart de ce siècle est marqué par la pacification et la conquête par les Français du Ouli, le deuxième par l'organisation administrative du territoire de la Haute-Gambie et pour finir un demi-siècle a été nécessaire pour donner au Parc son statut actuel de conservation (Direction des parc nationaux, 2018).

En 1981, le PNNK a été nommé comme réserve de biosphère mais aussi inscrit sur la liste des sites du Patrimoine Mondial de l'UNESCO. Malheureusement, à la suite d'une mauvaise gouvernance et gestion du Parc mais aussi en raison de la hausse du braconnage, une diminution de la densité de populations fauniques a été constatée. Le PNNK a été considéré comme site en péril en 2007 par la 31<sup>ème</sup> session du Patrimoine Mondial de l'UNESCO. Dès lors, dans le but de remédier à cette situation avec le soutien de l'UNESCO et de la DPN (Direction des Parcs Nationaux), les équipes



du PNNK s'activent depuis 2015 dans l'amélioration de la gestion du Parc et multiplient les actions de protection. Pour parvenir à cet objectif, la gestion et les actions s'inspirent des recommandations de l'UICN et du Comité du Patrimoine Mondial. Le PNNK compte une multitude d'espèces et de biotopes uniques en Afrique de l'Ouest, en étant le dernier endroit du Sénégal qui puisse accueillir la grande et moyenne faune sauvage (Rabeil et al., 2018). Actuellement, l'ONG Panthera affirme que la situation s'est améliorée et que les efforts de conservation dans le parc ont profité à une série d'espèces menacées (Panthera, 2023).

### 2.1.1. Études scientifiques au sein du parc et en périphérie du Niokolodge

Lors de la création d'un Parc National, l'intégration de recherches scientifiques est l'un des objectifs visés. De plus, le statut de Réserve de Biosphère offre la possibilité de concilier les activités de recherche et de conservation. Sous l'autorisation du Ministre en charge des Parcs Nationaux, des prélèvements et d'autres activités de recherche et d'étude peuvent être réalisés sur ce territoire (Direction des parcs nationaux, 2018). Grâce à ce statut et à cette configuration, il devient possible d'entreprendre une étude sur le suivi des terriers en utilisant des pièges photographiques, des pièges acoustiques et l'analyse génétique dans le cadre d'un travail de fin d'étude.

Cette étude est menée plus précisément aux abords du Niokolodge, une infrastructure écotouristique engagée dans la préservation, la protection et le développement durable du parc. Le lodge affiche un engagement actif dans les activités économiques et sociales des villages voisins du Parc. Il est impliqué dans la sensibilisation des communautés à la gestion des déchets, à la préservation de la biodiversité et des habitats naturels. Il soutient également les gardes dans leur lutte contre le braconnage et les incendies criminels (Nioko Lodge, 2023). Le Niokolodge soutient également des études scientifiques, dont la présente étude.

### 2.1.2. Les maladies présentes au PNNK

Le Niokolo-Koba est une région où la prolifération de la mouche tsé tsé (glossines), vecteur du **trypanosome**, limite le développement de l'élevage (Organisation Mondiale de la Santé, 2019 ; Direction des parcs nationaux, 2018). La proximité des populations avec les affluents du fleuve Gambie (la Koulountou et le Niokolo Koba) a un impact sur la santé des humains. En effet, les *simulies* (ou mouches noires) sont omniprésentes dans les cours d'eau. Ces dernières sont vectrices de **Ponchocercose**, les symptômes de la maladie étant des démangeaisons et la perte progressive de la vue. La région et les villages s'y trouvant ont également été victimes de la peste (Direction des parcs nationaux, 2018). Pour finir, en 1980, le ver de Guinée responsable de la dracunculose était présent dans 20 pays, y compris dans la zone du Niokolo. Cependant, cette maladie parasitaire invalidante n'a plus été signalée chez l'homme sur le continent africain depuis décembre 2017 (Direction des parcs nationaux, 2018 ; Organisation Mondiale de la Santé, 2019).

### 2.1.3. Paysages typiques du parc

La réserve du Niokolo Koba appartient, d'après la classification de White, au Centre Régional d'Endémisme Soudanien (F. White, 1983).

L'ensemble du paysage est représenté par une mosaïque de savane soudanienne arborée, herbeuse, arbustive et boisée qui évolue selon la saison sèche et la saison des pluies. Les espèces arborées présentes dans ce type de végétation sont majoritairement caduques (Arbonnier, 2019).

Les deux grandes saisons marquent le climat de la région du Niokolo-Koba. La saison des pluies dure du mois de juin au mois d'octobre avec des précipitations allant de 900 à 1200 mm. La saison sèche se déroule de novembre à mai, période où la dessiccation de la strate herbacée favorise la

propagation des foyers des feux de brousse. Les températures moyennes mensuelles varient entre 25°C et 33°C (Arbonnier, 2019 ; Gueye et al., 2022).

Neuf types de végétation ont été recensés (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) sur trois grands types de reliefs : les vallées, les plateaux et les collines, décrits ci-dessous (Arbonnier, 2019 ; Direction des parc nationaux, 2018).

Deux types de végétation occupent dans le Parc les vallées et certains versants : la forêt galerie et la forêt claire, caractérisées par la prédominance des arbres. Ces types de végétation sont appelés : les bambusaies, les rôneraies et les prairies marécageuses. La caractérisation de cette végétation principale ainsi que les espèces prédominantes sont reprises en Annexe 1 (Arbonnier, 2019 ; Direction des parc nationaux, 2018).

Les forêts galeries subguinéennes occupent les bords des cours d'eau et les marigots. Les vallées alluviales sont marquées par une dépression argileuse inondée qui conserve de l'eau sous forme de mares jusqu'au milieu de la saison sèche. Simenti, Kountadala et Oudassi sont les principales vallées alluviales du Parc. Des vallées sont formées par l'érosion créant des ravins et se trouvent en amont des rivières et plus précisément sur les plateaux de la zone du mont Assirik (Arbonnier, 2019; Direction des parc nationaux, 2018).

Les *bowé* (terme peulh, au singulier : *bowal*) se situent sur les hauts plateaux. Les *bowé* sont typiques des zones soudaniennes et fort présents dans la partie orientale du Parc ; ils sont dépourvus de végétation, s'identifient par un ensemble de concrétions cimentées à caractère ferrugineux et sont parsemés souvent de termitières dites « champignons », créées par *Cubiterme niokoloensis* (Arbonnier, 2019; Direction des parc nationaux, 2018). La Figure 2 illustre la coupe d'une galerie forestière sur bowal.

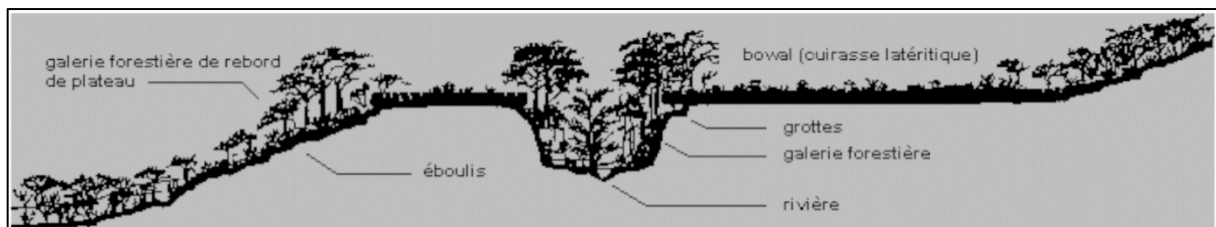


Figure 2 : Coupe du fleuve Gambie. Illustration : Luong Thanh Minh (Galat-Luong et Galat, 2016).

Pour finir, les collines regorgent de schistes et sont à certains endroits marquées par d'anciennes laves et des filons de quartz. La colline la plus haute se trouve à 311 mètres d'altitude et se nomme « mont Assirik » avec un sommet tabulaire cuirassé. Les dépressions inter-collinaires sont colonisées par une bambusaie sur vertisols, c'est-à-dire une argile gonflante. Les flancs des collines sont occupées par une savane arbustive et une savane arborée sur sols bruns (Arbonnier, 2019 ; Direction des parc nationaux, 2018).

#### 2.1.4. Les animaux dans les terriers

Les animaux fouisseurs susceptibles d'être présents au Niokolo-Koba comprennent plusieurs espèces. Le premier est le porc-épic à crête (*Hystrix cristata*) qui a tendance à utiliser des trous naturels et des crevasses, mais qui creuse également ses propres terriers dans des sols sablonneux. Puis, l'oryctérope (*Orycteropus afer*), qui privilégie la création de ses terriers sur des sols relativement mous. L'écureuil terrestre à poil grossier (*Xerus erythropus*) construit lui-même ses terriers dans le but de se protéger des prédateurs et des conditions climatiques extrêmes. Ensuite, la hyène rayée

(*Hyaena hyaena*), qui préfère utiliser des terriers creusés par d'autres animaux, mais peut également en creuser elle-même. La hyène tachetée (*Crocuta crocuta*) est également capable de construire ses propres terriers (Kingdon, 2015).

La mangue rayée (*Mungos mungo*) est étroitement associée aux termitières, qu'elle transforme facilement en terriers pour s'abriter. La mangouste à queue blanche (*Ichneumia albicauda*) a une préférence pour les terriers inoccupés ou les tanières naturelles qu'elle peut facilement modifier (Kingdon, 2015).

Les mangoustes élancées (*Herpestes sanguineus*) utilisent également des terriers, parmi d'autres options, pour se protéger et s'abriter. La mangouste des marais (*Atilax paludinosus*), lors de la période de reproduction, utilise les terriers des oryctéropes ou d'autres espèces. Le phacochère commun (*Phacochoerus africanus*) échappe aux variations de température et se protège des prédateurs en utilisant les trous creusés par les oryctéropes (Kingdon, 2015).

Les animaux fouisseurs jouent un rôle essentiel dans l'écosystème du Niokolo Koba, en façonnant leur habitat et en contribuant à la diversité de la faune présente dans la région. L'étude de leurs comportements de fouissage peut fournir des informations précieuses sur leur écologie et leur interaction avec leur environnement.

#### 2.1.5. État de connaissance des chiroptères au PNNK

L'Afrique de l'Ouest est un hotspot de diversité biogéographique avec encore une grande diversité de chiroptères à découvrir (Koubínová et al., 2013). Pour l'instant, le Sénégal possède une liste de 51 espèces de chauves-souris présentes dans le pays (Animalia, 2023). D'après le plan d'aménagement du PNNK, plus d'une dizaine d'espèces de chauves-souris ont été recensées et identifiées dans le parc, certaines étant sédentaires et d'autres migratrices (Direction des parcs nationaux, 2018) :

- L'Épomophore de Gambie (*Epomophorus gambianus*) ;
- L'Épomophore nain (*Epomophorus pusillus*) ;
- Les Nyctères (*Nycteris gambianus* et *Nycteris hispida*) ;
- Les Rhinolophes (*Rhinolophus alcyonè*) ;
- Les Phyllorhines (*Hipposideros commersoni* et *Hipposideros caffer*) ;
- Les Vespertillons (*Eptesicus guineensis*, *Eptesicus minutus*, *Eptesicus rendalli*, *Scotophilus leucogaster* et *Scotophilus nigrita*) ;
- Les Molosses (*Tadarida condylura* et *Tadarida limbata*).

Au cours d'une étude génétique réalisée au Niokolo Koba, dix taxons différents ont été identifiés, en plus des espèces préalablement connues. Grâce à l'analyse des caryotypes et des informations moléculaires, il a été constaté que cinq de ces taxons présentaient des différences par rapport à leur espèce nominale :

- *Pipistrellus hesperidus* ;
- *Nycticeinops schlieffenii* ;
- *Scotoecus hirundo* ;
- *Neoromicia nana* ;
- *Neoromicia somalica*.

Ces taxons n'étant pas liés, ils suggèrent que les populations ouest-africaines ont longtemps été isolées des autres régions du continent africain (Koubínová et al., 2013).

Enfin, d'après la littérature, certaines espèces de chauves-souris et plus particulièrement de la famille des Nycteridae nicheraient dans une variété d'abris comme les terriers d'oryctérope (*Orycteropus afer*) (Monadjem et al., 2020). Les Rhinolophidae et Hipposideridae sont également attendues dans les terriers (Nils Bouillard, communication personnelle, 2022 ; Monadjem et al., 2020).

## 2.2. Sélection et caractérisation des terriers

Dans un premier temps, une recherche semi-opportuniste a été effectuée des terriers : notre recherche s'est concentrée principalement sur des terriers considérés comme ceux d'oryctérope et de porc-épic, principaux fouisseurs du parc. Ceux-ci sont plus susceptibles d'accueillir une plus grande diversité d'espèces grâce à leur grand volume pouvant, pour les oryctéropes, aller à plus de 6 mètres de profondeur (Kingdon, 2015). En voiture, avec une équipe de deux ou de trois personnes, nous avons exploré les alentours du Niokolodge en suivant différentes pistes qui ont été tracées par GPS (Figure 3). Les distances pour chaque piste et la distance totale parcourue par les pistes empruntées dans la recherche des terriers s'élève à environ 53 kilomètres (Tableau 1).

Tableau 1 : Distance de chaque piste empruntée dans la recherche semi-opportuniste des terriers dans les alentours du Niokolodge.

NOM_PISTE	DISTANCE (M)
PISTE_GUENOTO	8616
PISTE_BAMBUSAIE	9025
PISTE_PRINCIPALE	9558
PISTE_ANCIEN_BADI	8744
PISTE_MIRADOR	2118
PISTE_CARREFOUR_BUBALE	4792
PISTE_BOUCLE_9/12	6817
PISTE_MARRE_AUX_BUFFLES	1537
PISTE_NIOKOLODGE	1685
<b>TOTAL</b>	<b>52892</b>

Les recherches se sont orientées vers des zones les plus susceptibles d'accueillir des terriers. Il est important de mentionner que les explorations n'ont pas été réalisées dans les zones inondables du fleuve, c'est-à-dire les galeries forestières. Ces dernières sont évitées par les grands fouisseurs tels que le porc-épic et l'oryctérope pour y construire un terrier car elles sont immergées durant 4 mois par an et présentent un sol très dur (Kingdon, 2015). La prospection s'est effectuée en matinée et en fin d'après-midi en raison des fortes chaleurs. La position de chaque terrier trouvé et sélectionné a été enregistrée à l'aide du GPS (Figure 3).

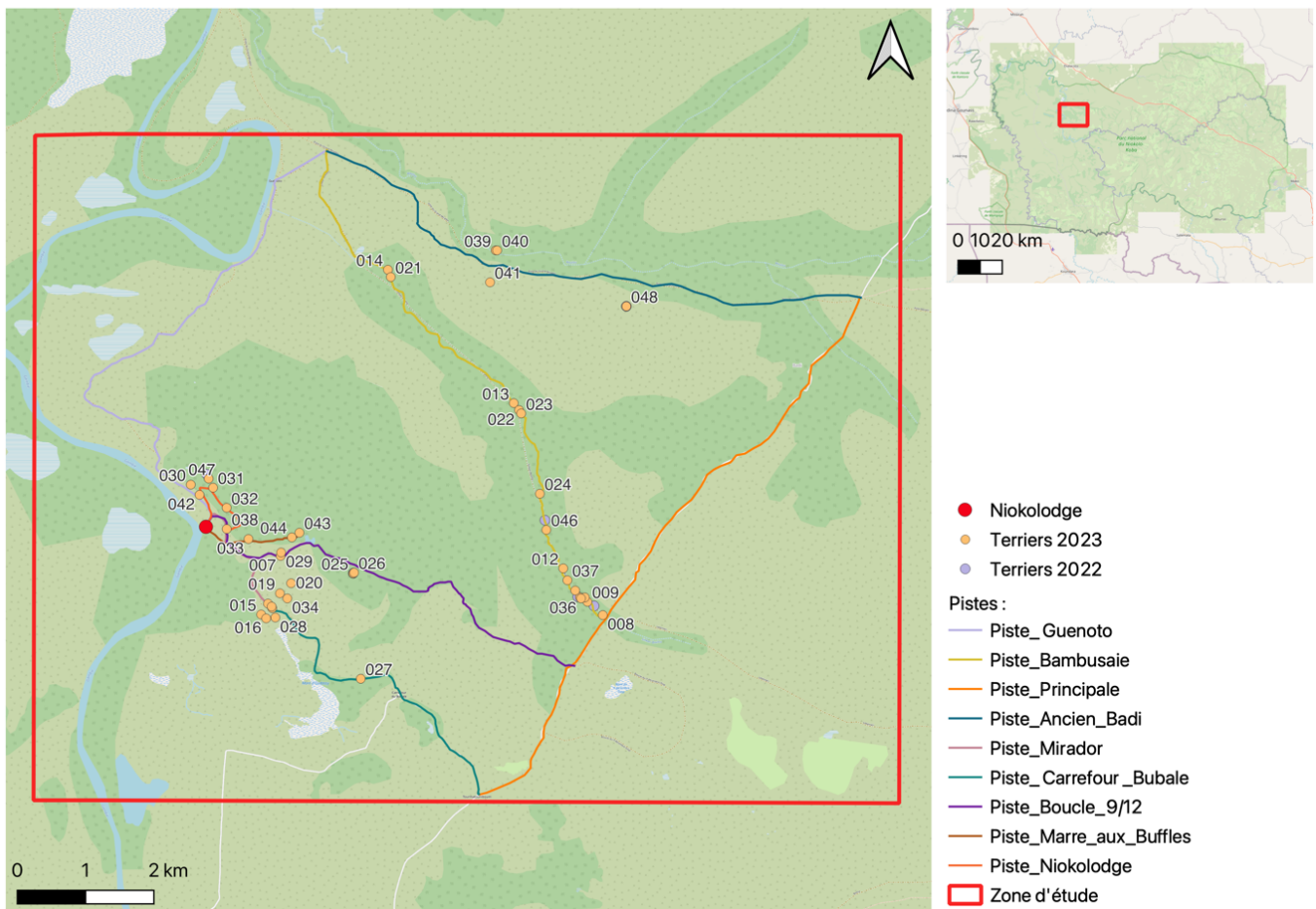


Figure 3 : Localisation des terriers caractérisés et suivis en 2023 et 2022 (Lemmens, 2022) ainsi que le tracé des pistes aux alentours du Niokolodge.

La démarche de sélection d'un terrier et sa caractérisation est la suivante. Lorsqu'un terrier est repéré, divers indices vont permettre de décider s'il sera suivi ou non. Le terrier ne sera pas suivi si :

- Un tapis de feuilles (plus de deux couches) est observé ;
- Aucune trace de présence d'animaux n'est repérée.

Au contraire, le terrier est suivi si :

- Des signes d'animaux frais sont visibles, c'est-à-dire des pistes, des excréments, des signes de nouveaux creusements (Suuri et al., 2021) ;
- Une seule couche de feuilles est présente ou si le tapis de feuilles est aplati.

Il est commun de trouver des feuilles sur le sol et dans les terriers en vue des espèces caduques présentes.

Une fois le terrier sélectionné, la première action est l'enregistrement du point GPS du terrier. Puis à l'aide d'une fiche de terrain (Annexe 2), la caractérisation du terrier est réalisée. Pour cette étude, une gueule est définie comme « une entrée ou sortie d'un terrier permettant le passage et l'accessibilité des animaux à sa partie sous-terrainne ».

La mesure du diamètre le plus long et le plus court, les estimations comme celle de la couverture de la canopée, l'échelle d'impression de fréquentation, le stade de brûlis et les observations de la



présence d'insectes, de traces d'animaux, ont été prises par la même personne afin d'éviter tout biais « observateur ». Des photos sont ensuite prises du terrier et du paysage à une hauteur d'environ 1m60 suivant les 4 points cardinaux, et pour finir une photo du ciel à travers la canopée (Fonteyn et al., 2021). Étant donné que les gueules de terriers se trouvent dans des types de sols variés, des échantillons de sol ont également été collectés afin de mieux les caractériser, en analysant notamment leur granulométrie en Belgique (Annexe 3). La liste du matériel est présente dans l'Annexe 4.

Une échelle d'impression de fréquentation du terrier a été créée comportant trois catégories. Chaque catégorie repose sur deux critères.

Catégorie 1 = Impression de fréquentation **grande** (Figure 4) :

- Plus de 70% de la paroi est lissée et présente des matériaux frais (terre fraîche et humide) ;
- Feuilles fortement dispersées ou moins d'une dizaine de feuilles présentes à l'entrée du terrier.



Figure 4 : Photo d'une gueule de terrier qui présente des traits répondant à une impression de fréquentation grande. Observations : pic de porc-épic et empreintes d'animaux à l'entrée sur le sol, et paroi de la gueule lisse (identifiant de la gueule : g\_60).

Catégorie 2 = Impression de fréquentation **moyenne** (Figure 5) :

- Entre 70% et 50% de la paroi est lissée et présente des matériaux frais (terre fraîche et humide) ;
- Feuilles moyennement dispersées ou entre une dizaine et vingtaine de feuilles présentes à l'entrée du terrier.



Figure 5 : Photo d'une gueule de terrier qui présente des traits répondant à une impression de fréquentation moyenne (g\_14).

Catégorie 3 = Impression de fréquentation **faible** (Figure 6) :

- Moins de 50% de la paroi est lissée et présente des matériaux frais (terre fraîche et humide) ;
- Feuilles faiblement dispersées ou plus d'une vingtaine de feuilles présentes à l'entrée du terrier.



Figure 6 : Photo d'une gueule de terrier qui présente des traits répondant à une impression de fréquentation faible (g\_17).

Le terrier est ensuite caractérisé selon une échelle de « brûlis » :



Catégorie 1 : terre brûlée **récemment** (Figure 7) :

- Le feu de brousse est passé moins d'un mois avant l'étude, des traces noires de carbone sont présentes sur le sol et les arbres, le sol ne contient plus d'herbacées et aucune régénération n'est visible.



Figure 7 : Deux photos montrant une gueule de terrier (g\_53) située dans un environnement où un feu de brousse s'est produit moins d'un mois avant l'étude.

Catégorie 2 : terre brûlée **anciennement** (Figure 8) :

- Le feu de brousse est passé plus d'un mois avant l'étude, la régénération de la végétation est visible.



Figure 8 : Deux photos montrant une gueule de terrier (g\_40) située dans un environnement où un feu de brousse s'est produit plus d'un mois avant l'étude..



Catégorie 3 : terre **non brûlée** (Figure 9) :

- Le feu de brousse n'a pas été déclenché récemment. De hautes graminées sont présentes, les traces noires de carbone sont absentes sur le sol et les arbres.



Figure 9 : Deux photos montrant une gueule de terrier (g\_40) située dans un environnement où un feu de brousse ne s'est pas produit récemment (g\_51).

Des insectes ont été observés dans certains terriers (Figure 10), et à l'aide d'un filet, une récolte de quelques individus a été réalisée afin de tenter l'identification des espèces présentes dans les terriers.



Figure 10 : Photo d'insectes récoltés et vus sortant d'un terrier.

### 2.2.1. Traitements des données

La collecte des échantillons implique cinq prélèvements, car chacun d'entre eux était représentatif des types de sols dans lesquels étaient creusés les gueules. Pour les cinq échantillons de sol prélevés, la méthode d'analyse utilisée consiste en une mesure par densitométrie « Bouyoucos » pour évaluer les argiles, et une pesée pour quantifier les sables (Communication personnelle, Colinet Gilles, 2023). Avant ces mesures, les ciments sont éliminés en utilisant une attaque à l'aide de  $H_2O_2$  et HCl. Cette analyse granulométrique a été réalisée avec l'aide de Gilles Colinet de l'Axe Échanges Eau-Sol-Plante à la Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège).

Les caractéristiques environnementales ont été analysées en utilisant le logiciel Excel (Version 16.74). Cette démarche a été utile pour mettre en évidence la fréquence de certaines caractéristiques retrouvées sur les différentes gueules.

### 2.3. Mise en place des pièges photographiques

Les caméras ont été placées sur des arbres ou arbustes (Figure 11). Cette mise en place optimise l'angle de vue pour détecter les animaux qui entrent et sortent du terrier. La zone entre le piège photographique et la gueule du terrier est ensuite sommairement dégagée afin d'obtenir une fenêtre d'observation non obstruée par la végétation. Le piège photographique est placé de sorte qu'il soit à l'abri de l'exposition du soleil pour éviter que le capteur infrarouge ne surchauffe.

La caméra enregistre sur dix jours et peut se déclencher 24h sur 24. Les caméras ont été paramétrées pour enregistrer des vidéos de 15 à 20 secondes avec un temps de déclenchement d'environ 0,5 seconde après détection d'un mouvement (Lhoest & Fonteyn, 2022).

D'après une étude sur le pangolin géant (*Smutsia gigantea*) réalisée au Gabon, le nombre médian de jours entre le déploiement du piège photographique et la première détection d'un individu de cette espèce est de 12. La majorité des événements est détectée dans les 32 jours suivant la mise en place du piège (Matthews et al., 2023). La moyenne des domaines vitaux principaux des adultes pangolin géant est de  $6,5 \pm 5,9 \text{ km}^2$  (Pietersen et al., 2014a). La taille du domaine vital influencerait potentiellement la fréquentation d'un terrier donné.

L'attention a été portée sur deux fouisseurs spécifiques lors de la mise en place du protocole de l'étude : l'oryctérope et le porc-épic. Ces espèces creusent des gueules de terriers suffisamment grandes pour accueillir d'autres espèces et ne sont pas prédateurs de mammifères. De plus, leurs terriers sont fréquemment observés sur le territoire du PNNK.

En ce qui concerne cette étude et les espèces considérées, le domaine vital de l'oryctérope est estimé entre  $1,33 \text{ km}^2$  et  $3,02 \text{ km}^2$  (Skinner, 2003) et celui du porc-épic autour de  $0,5 \pm 0,22 \text{ km}^2$  (Sonnino, 1998). Ils présentent donc un domaine vital nettement plus petit que celui du pangolin géant, avec peut-être une chance que le retour vers un terrier donné soit plus rapide. Dans cette logique, nous avons considéré que dix jours de suivis par piège photographique correspondraient au délai idéal pour documenter la fréquentation complète du terrier par ces deux espèces, et par toutes les autres. En réalité le nombre de jours de suivi nécessaire pour documenter la fréquentation de toutes les



Figure 11 : Mise en place d'un piège photographique par Faye.



espèces d'un terrier donné reste une inconnue, et le nombre de jours choisi ici est un compromis entre une durée assez longue par terrier et la volonté de piéger suffisamment de terriers dans le temps imparti de deux mois et demi de terrain, avec la quarantaine de caméras disponibles, pour disposer d'un échantillonnage suffisant pour réaliser les analyses statistiques.

Le nombre de caméras posées par terrier dépend de sa complexité. Les terriers sont susceptibles de présenter des entrées multiples (1 à 8 entrées), qui ne sont pas nécessairement reliées (Kingdon, 2006). Il faut donc disposer plusieurs appareils dans le but de couvrir la totalité des entrées du terrier où les différentes espèces et individus peuvent sortir et entrer. Le nombre d'appareils posés par terrier est généralement de 3 à 4 maximum (Lebecel, 2021). Dans le cas de cette étude, un terrier qui présente une gueule (terrier simple) est piégé par une seule caméra. Pour certains terriers complexes (à plusieurs gueules), jusqu'à trois pièges photographiques ont été posés, visant chacun une gueule. L'unité d'échantillonnage est dès lors la gueule, et non le terrier.

### 2.3.1. Problèmes rencontrés

Lors de la première installation et du premier relevé, seules 17 caméras sur 40 ont enregistré des données pendant les dix jours. Cette situation était due à une sursaturation de la carte SD dans la majorité des caméras, résultant de la combinaison de paramètres tels qu'une "High Image size" et une résolution 4K. De plus, une accumulation d'extraits de 20 secondes contenant des faux déclenchements a été observée. Ces faux déclenchements sont principalement causés par le mouvement continu des arbres dû au vent, la végétation qui bouge devant les pièges photographiques, l'ombre de la végétation ou encore l'exposition des machines au soleil et à la chaleur.

Les enregistrements ont révélé des ressentis pouvant atteindre jusqu'à 50 degrés Celsius, et les caméras sont exposées inévitablement au soleil à certains moments de la journée. Cette exposition au soleil est due en partie à la saison sèche, pendant laquelle la couverture de la canopée offre une faible surface d'ombre (voir Figure 12).

Les caméras sont activées par la détection d'une variation de température dans leur champ de vision, grâce à un capteur infrarouge. Si un animal plus chaud que l'environnement traverse la zone, l'appareil se met en marche. Cependant, lorsque la caméra est exposée en plein soleil, elle absorbe la chaleur et sa capacité à distinguer les changements de température dans l'environnement diminue considérablement.

### 2.3.2. Solutions apportées

Afin de prévenir toute sursaturation de la carte SD, des ajustements ont été apportés aux paramètres des caméras. La taille de l'image a été réduite à "Medium", l'option "Fast Motion" a été activée pour capturer les sujets se déplaçant rapidement, et une résolution de 1920x1080 (résolution par défaut) a été appliquée. De plus, la durée d'enregistrement vidéo après le déclenchement a été réduite à 15 secondes. Le second déploiement terrain de caméras a montré une nette amélioration dans le fonctionnement des caméras et l'effectif jours a été atteint pour la plupart des caméras.



Figure 12 : Photo d'une caméra exposée en plein soleil.

### 2.3.3. Hors protocole

Une phase hors protocole est à mentionner car elle a également permis de récolter des données qui seront par la suite traitées.

En janvier 2023, huit caméras ont été posées devant des gueules de terriers et ont suivi ces derniers durant un mois. Cinq d'entre-elles n'ont pas enregistré les 10 jours nécessaires pour cette étude dû à la sursaturation de la carte SD (voir le point « problèmes rencontrés »).

Ces terriers ont été soumis à une caractérisation afin de les inclure dans le protocole de la présente étude. Ensuite, des caméras ont été remises en place sur les cinq terriers qui n'avaient pas atteint le nombre de jours d'échantillonnage escompté.

Quant aux trois terriers qui ont été piégés pendant environ 30 jours chacun, les dix derniers jours ont été choisis pour une homogénéisation et une cohérence des données. Cette sélection permettra ensuite de procéder à un traitement et à une analyse compatible avec les objectifs de la présente étude.

En outre, deux terriers suivis durant le mois de mars 2022 dans le cadre du mémoire de Marine Leemans ont été repiégés en 2023. Il s'agit des terriers t\_48 et t\_25. Les images de 2022 ont été également reprises et analysées pour une éventuelle comparaison entre l'année 2022 et 2023. Les autres terriers de l'étude en 2022 étaient bouchés, soit 6 terriers sur 8 étudiés en 2022.

### 2.3.4. Traitement des données

L'acquisition des données s'est déroulée sur une période allant du 20 mars 2023 au 2 avril 2023. Une traçabilité des pièges photographiques relie leurs données aux caractéristiques environnementales des terriers. Il est important de nommer le fichier contenant les vidéos et photos avec le numéro de série du piège photographique mais aussi l'identifiant de la carte SD employée. Deux copies des données ont été stockées sur un disque dur externe dédié.

Pour le traitement des données, les vidéos ont été triées manuellement. Toutes les vidéos ont été visionnées afin de supprimer les vidéos qui ne montrent aucun passage d'animal mais aussi toutes vidéos qui montrent des faux déclenchements ; c'est-à-dire que l'origine du déclenchement ne provient pas d'un individu animal en mouvement. Ceux-ci sont causés par des facteurs physique et naturel comme le soleil et le vent. Ensuite, grâce au logiciel *Timelapse* un Template a été réalisée via *TimelapseEditor* afin d'analyser chaque vidéo avec le logiciel *Timelapse2*. Cette démarche permet d'encoder les informations suivantes :

- Nombre d'individus observés ;
- Jour/Nuit ;
- Espèce ;
- Intérêt ou non de l'animal pour le terrier (s'approche du terrier, observe, urine, se couche devant, renifle, mange à l'entrée) ;
- Pénétration ou non dans le terrier ;
- Remarque.

L'intérêt d'un individu pour la gueule du terrier est encodé lorsqu'un individu, ou au moins un individu parmi un groupe montre un quelconque comportement à l'égard de cette gueule. L'individu peut simplement s'approcher, observer, uriner, se coucher aux abords, renifler en direction de la gueule, manger à proximité de l'entrée, gratter, etc.

La pénétration d'une espèce dans la gueule du terrier est également encodée lorsqu'un individu, ou au moins un individu parmi un groupe franchi avec une partie de son corps l'entrée de la gueule.

Sur les images filmées, il était parfois difficile de compter précisément une concentration élevée de chiroptères en vol. Par conséquent, une limite maximale de 10 individus a été appliquée pour représenter leur nombre.

Les cas d'identification d'espèces les plus complexes ont été confirmés par un expert naturaliste de la faune Sénégalaise (Eric Heymans, communication personnelle, 2023). Les autres ont été identifiées en se basant sur le livre de référence "The Kingdon Field Guide to African Mammals" (Kingdon, 2015).

Pour traiter les données et caractériser les occurrences et co-occurrences des espèces dans les gueules de terriers, le logiciel R (Version 4.1.1) a été utilisé. La première étape a été de modifier le fichier brut des données contenant tous les événements de détection. Le seuil de 30 minutes minimum est utilisé pour déterminer deux événements de détection distincts et indépendants entre eux.

Un tableau est ensuite construit via le logiciel R prenant en compte les occurrences de pénétration de chaque espèce pour chaque gueule de terriers mais aussi une matrice binaire de co-occurrence. Un test exact de Fisher a été réalisé pour évaluer si les deux variables catégorielles (chacune des deux espèces) sont liées ou indépendantes.

Ce projet de recherche vise aussi à examiner l'influence des caractéristiques environnementales des gueules de terriers sur leur fréquentation par les espèces animales. Pour ce faire, les données sont recueillies et organisées sous forme de tableau dans le logiciel R. Ce tableau met en corrélation les différentes caractéristiques environnementales de chaque gueule avec les occurrences d'animaux qui visitent ces gueules de terriers.

Le test exact de Fisher est utilisé pour analyser les données. Des tableaux de contingence sont créés pour chaque catégorie environnementale, telles que le type de sol, le stade des brûlis ou encore le diamètre de la gueule. Ces tableaux permettent de déterminer la proportion de gueules présentent dans les catégories ainsi que celles fréquentées. Un deuxième test a été fait pour plus de précision en divisant les espèces en deux groupes : « oiseaux » et « mammifères ». Les oiseaux concernent *Ptilophachus petrosus*, *Turdoides reinwardtii*, *Eremomela pusilla*, *Tchagra senegalus*, *Malaconotus blanchoti* et *Numida meleagris* ; et les mammifères : *Herpestes ichneumon*, *Orycteropus afer*, *Phacochoerus africanus*, *Cercopithecus patas*, *Papio papio*, Chiroptera, *Mungos mungo*, *Cricetomys*, *Hystrix cristata*, *Mellivora capensis*, *Viverra civetta* et *Cercopithecus sabaceus*.

#### 2.4. Piégeage des terriers par capteurs acoustiques passifs

La surveillance acoustique passive permet d'identifier de manière non invasive la famille de chauves-souris nichant dans les terriers. L'utilisation de capteurs acoustiques se fait à titre expérimental et les résultats qui en découlent seront présentés comme tels.

Un capteur acoustique a été placé sur des terriers cibles après avoir enlevé les pièges photographiques. Les terriers d'intérêts ont été déterminés grâce à l'analyse des vidéos par pièges photographiques prouvant la présence et la pénétration de chiroptères dans le terrier. La caméra ne permet pas d'identifier l'espèce ou la famille de chiroptère. Grâce au piégeage passif par capteur acoustique, la détection des ultrasons, cris d'écholocation émis par les chauves-souris, était possible, avec l'idée de tenter de déterminer les espèces de chiroptères présentes. Le capteur a été positionné de la même manière que les pièges photographiques avec une distance moyenne de 4,7 mètres et le micro à ultrason a été orienté vers la gueule.

Les capteurs utilisés sont le SM mini (Annexe 5) et Elekon batlogger S2 (Annexe 6) le pour enregistrer une gamme de fréquence de 8 kHz à 250 kHz. La détection acoustique des espèces animales dépend de facteurs tels que l'espèce, l'environnement et le type de capteur utilisé. Les distances de détection sont influencées par l'amplitude et la fréquence des sons émis (Browning et al., 2017). Dans notre cas, les Nyctères sont détectées à 15-20m maximum car elles émettent à 70kHz et 150m pour les chiroptères émettant à 20kHz (Quentin Smits, Communication personnelle, 2023).

L'appareil est paramétré avec une prise de données 30 min avant le coucher de soleil (19h00) et après le lever du soleil (6h45), période où les chauves-souris sortent de leur gîte. Les chauves-souris expriment en effet leur pic d'activité le plus important en début de nuit (Hayes, 1997).

Aucune étude de référence sur l'utilisation de capteurs acoustiques pour recenser les espèces de chauves-souris dans les terriers n'a été trouvée dans la littérature. Cependant, d'après l'étude de Froidevaux (2013), six jours de pose sont nécessaires pour identifier les chauves-souris présentes dans les trousés des forêts tempérées. Et dans une étude au Nouveau Mexique, les données ont été collectées pendant dix jours pour inventorier les chauves-souris présentes dans une grotte (Froidevaux, 2013 ; Kloepper et al., 2016).

Dans le cas de cette étude, l'autonomie des capteurs est de 5 jours. Pour récolter des données et identifier les espèces de chauves-souris fréquentant un terrier, cinq jours peuvent suffire (Nils Bouillard et Quentin Smits, communication personnelle, 2023).

Le temps accordé à l'étude était limité, pour un suivi possible dans les temps impartis et s'accordant à l'analyse par les caméras et l'analyse génétique (voir point 2.5), cinq terriers durant cinq jours ont été suivis par un appareil acoustique. L'échantillonnage s'élève donc à 25 jours.

Durant la pose des capteurs acoustiques, un endoscope a été inséré dans deux terriers pour éventuellement capturer en photo ou vidéo des individus qui s'y cachaient. Cela n'a donné aucun résultat. L'endoscope a une capacité de s'étendre sur 5 mètres. La caméra a été attachée sur un long bâton mais la rigidité de ce dernier empêchait de l'introduire dans les galeries tournantes et éventuellement d'observer les sites de couchage.

#### 2.4.1. Traitement des données

En utilisant le logiciel Kaleidoscope 5.4.9, les données brutes ont été soumises à un filtrage visant à identifier les cris d'écholocation émis par trois familles de chauves-souris qui ont la capacité de pénétrer dans les gueules de terrier : les *Rhinolophidae*, *Hipposideridae* et *Nycteridae*.

Pour ce faire, les paramètres de détection du signal ont été configurés comme suit : une plage de fréquences minimale de 8 kHz et une plage de fréquences maximale de 150 kHz, ainsi qu'une durée minimale d'impulsion de 2 ms et une durée maximale d'impulsion de 500 ms. De plus, l'écart maximal autorisé entre les syllabes a été fixé à 500 ms, et un nombre minimal d'impulsions de 2 a été spécifié (Quentin Smits, communication personnelle, 2023). Puis le logiciel SonoChiro® a été utilisé pour extraire les paramètres des sons.

Pour pouvoir analyser et identifier les espèces à partir de ces données, un Guide Acoustique pour l'Identification des Espèces de Chauves-Souris au Sénégal a été élaboré par Quentin Smits pour cette étude (Annexe 7 et Annexe 8). La mise en place d'un guide acoustique est destiné à faciliter l'identification des espèces de chauves-souris présentes au Sénégal, en se basant sur une liste de 51 espèces obtenue via des sources en ligne et bibliographiques (Animalia, 2023 ; Don E. & Russell A., 2019 ; Monadjem et al., 2020). Les caractéristiques acoustiques analysées incluent le type de sons émis, les fréquences de maximum d'énergie, la largeur de bande et la durée des émissions d'écholocation spécifiques à chaque espèce. Malgré la concision et la simplicité de ces données, elles constituent un outil précieux pour la classification préliminaire des enregistrements acoustiques. Bien que la liste élaborée ne soit pas exhaustive, elle représente une base solide pour des investigations futures en matière d'identification des chauves-souris dans cette région.

Un nombre cible de 256 séquences a été sélectionné manuellement et analysé pour chaque catégorie de fréquence. Les observations se sont principalement concentrées sur des fréquences entre 20kHz et 150Khz car elles sont susceptibles de contenir un grand nombre d'espèces d'*Hipposideridae*, de *Rhinolophidae* et de *Nycteridae*, qui sont connues pour fréquenter les terriers. En raison du niveau d'incertitude et de manque de connaissances, il est probablement inutile de tout cibler et de surinterpréter les données recueillies.

Cette partie du travail a été possible grâce à l'appui de Monsieur Quentin Smits (DEMNA).

## 2.5. Récolte de matières fécales

L'analyse génétique constitue un complément essentiel aux méthodes employées dans l'étude de la surveillance des terriers. Cette analyse génétique vise à caractériser les pathogènes, en particulier les bactéries, qui sont présentes dans les excréments collectés sur le terrain auprès d'espèces fréquentant les terriers. Ces bactéries identifiées pourraient jouer un rôle dans les maladies zoonotiques, permettant ainsi d'expliquer comment les terriers pourraient servir de lieu de transmission de maladies entre différentes espèces, atteignant par la suite les êtres humains par divers vecteurs comme la chasse et la proximité des espèces sauvages avec les espèces domestiques.

La collecte des fèces s'est basée sur les terriers piégés par les pièges photographiques où des fèces étaient présentes, proches ou à l'intérieur du terrier. Pour les chauves-souris, les terriers où seules les chauves-souris étaient détectées par les méthodes précédentes ont été ciblés. Par exemple, si les caméras ont montré la présence exclusive de chauves-souris dans certaines ouvertures de terrier comme les gueules g\_30 et g\_31 du terrier t\_25, une bâche a été placée à l'entrée pour éviter toute perturbation afin de récolter le guano. Malheureusement, cette méthode n'a pas permis de récupérer du guano, même après plusieurs nuits d'attente. Par manque de temps, cette expérience n'a pu être répétée sur d'autres ouvertures de terrier présentant cette même exclusivité d'utilisation par les chauves-souris.

Pour la collecte, des tubes de 2 mL ont été utilisés pour le guano de chauves-souris, rongeurs et lézards, et des tubes de 25 mL pour les fèces plus grosses d'autres animaux. Les conditions de stérilité maximale ont été assurées en nettoyant minutieusement les outils avec de la javel et de l'éthanol dénaturé à 97% et en utilisant des gants chirurgicaux lors des manipulations, conformément aux protocoles établis (Fumagalli, 2002).

Les crottes ont été disposées dans une solution d'éthanol non dénaturée à 97% dans les tubes (Damien Gailly et Johan Michaux, communication personnelle, 2022) et ont été conservées dans



un congélateur à -20°C. Les détails de chaque récolte ont été soigneusement enregistrés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Informations sur les différentes crottes récoltées aux alentours ou dans les gueules de terriers.

Échantillon	Id.	État	Date de récolte	Où ?
A.1	Phacochère	Fraîche de 1 jours	6/03/23	5 m de g_39
A.2	Porc épic	Fraiche de 2 jours	8/03/23	10 m de g_19
A.3	?	Fraîche de 1 jours	21/03/23	0 m de g_19
A.4				
A.5	Phacochère	Fraiche de 1 jours	2/04/23	25 m de g_47
A.6	Phacochère	Fraiche de 1 jours	2/04/23	25 m de g_47
T.1	?	Fraiche de 1 jours	2/04/23	10 m de g_48
T.2	?	Fraiche de 1 jours	2/04/23	1 m g_49

La liste du matériel utilisé pour cette étude est présente dans l'**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et illustrée aux Annexes 6 à 9.

### 2.5.1. Traitements des données

L'analyse des échantillons a été effectuée au laboratoire de Génétique de la Conservation de l'Université de Liège sous la supervision du Pr Johan Michaux et de ses collaborateurs Fleur Visser et Adrien André.

L'étude a débuté par l'extraction de l'ADN à partir des échantillons collectés. Cette étape cruciale a permis d'obtenir l'ADN des bactéries présentes dans chaque échantillon. Ensuite, une première réaction de PCR (Réaction en Chaîne par Polymérase) a été réalisée en utilisant des amorces spécifiques ciblant la région V3-V4 de l'ADN bactérien. Cette PCR1 a permis d'amplifier spécifiquement la partie d'intérêt de l'ADN bactérien. Après amplification, une purification a été effectuée pour éliminer les amorces et les réactifs résiduels. Cette purification, appelée "purif1", a permis d'obtenir un échantillon pur d'ADN amplifié, prêt pour la prochaine étape (André et al., 2023 ; Illumina, 2023).

La PCR2 a suivi, où des index ou "tags" spécifiques ont été ajoutés à chaque échantillon. Ces tags permettent d'identifier de manière unique chaque échantillon lors du séquençage de nouvelle génération. Une nouvelle étape de purification, "purif2", a été réalisée pour éliminer les amorces et les réactifs résiduels issus de la PCR2. Puis, la quantité d'ADN présent dans chaque échantillon a été quantifiée pour s'assurer d'avoir des quantités égales d'ADN pour tous les échantillons (André et al., 2023 ; Illumina, 2023).

Pour pouvoir combiner les échantillons en équimolarité, des dilutions appropriées ont été réalisées pour homogénéiser la concentration d'ADN dans chaque échantillon.

Une fois le pool d'échantillons préparé, il a été envoyé au GIGA pour être séquençé sur la plateforme NovaSeq S4. Cette étape a permis d'obtenir un grand volume de séquences génomiques provenant des différentes bactéries présentes dans les échantillons.

Suite au séquençage, un script bioinformatique a été utilisé pour filtrer les séquences indésirables et ne conserver que celles d'intérêt. Ce filtrage a permis d'obtenir un jeu de séquences de haute qualité, prêtes pour l'analyse ultérieure.



Enfin, les séquences filtrées ont été comparées avec une base de référence à l'aide du programme *RDP classifier*, utilisant une méthode bayésienne. Cette comparaison a permis d'identifier et de classer les différentes bactéries présentes dans les échantillons en fonction de leur similarité avec la base de référence (André Adrien, communication personnelles 2023) (Wang et al., 2007).

Lors du séquençage du génome ou d'un fragment d'ADN spécifique, des millions de petites séquences, appelées *reads*, sont générées. Ces *reads* ont généralement une longueur comprise entre 50 et 300 paires de bases et proviennent de différentes régions du génome, qu'il s'agisse d'ADN ou d'ARN. Afin de permettre la comparaison entre les échantillons, il est crucial d'établir un seuil de comparabilité en prenant en compte une proportion du nombre total de *reads*.

Cependant, le nombre total de *reads* peut varier d'un échantillon à l'autre en raison de divers facteurs tels que la qualité de l'échantillon, les conditions de séquençage et autres facteurs techniques. Pour assurer une comparaison appropriée, la normalisation des données en ajustant le nombre de *reads* pour chaque échantillon est essentielle, afin d'obtenir des tailles comparables pour l'analyse ultérieure (André et al., 2023 ; Illumina, 2023).

Pour chaque échantillon, les *reads* dont le nombre est supérieur à 1000 sont conservés, ce qui représente environ 98% du nombre total de *reads* pour cet échantillon. La "valeur *bootstrap*" est une estimation d'un paramètre statistique spécifique (comme la moyenne, la médiane, etc.) obtenue par la méthode de rééchantillonnage *bootstrap*. Cette approche est fréquemment utilisée pour fournir des estimations fiables, particulièrement lorsque les données sont limitées ou lorsqu'il est important d'évaluer la robustesse des résultats statistiques (André Adrien, communication personnelle 2023).

Dans ce cas, le *bootstrap* est utilisé pour filtrer le jeu de données en ne conservant que les échantillons dont l'estimation obtenue est égale ou supérieure à 0,8. Cette valeur de 0,8 représente un seuil de fiabilité de la réponse considéré comme acceptable pour l'analyse. En éliminant les échantillons dont l'estimation est inférieure à ce seuil, on s'assure de ne conserver que les résultats les plus fiables et significatifs pour l'étude.

### 3. Résultats

#### 3.1. Caractéristiques environnementales des terriers

Au total 54 gueules de terriers ont été caractérisées et suivies. Dans un premier temps, parmi les caractéristiques environnementales relevées sur le terrain pour chaque gueule étudiée, certaines sont plus observées que d'autres ; c'est-à-dire qu'une grande proportion de gueules de terriers occupe les mêmes traits de caractères environnementaux. L'échantillonnage est donc déséquilibré (Figure 13).

En effet, 73% des gueules de terriers étudiées se trouvent dans une topographie de type *plateau* et 55% sont dans le type d'habitat appelé *savane boisée*.

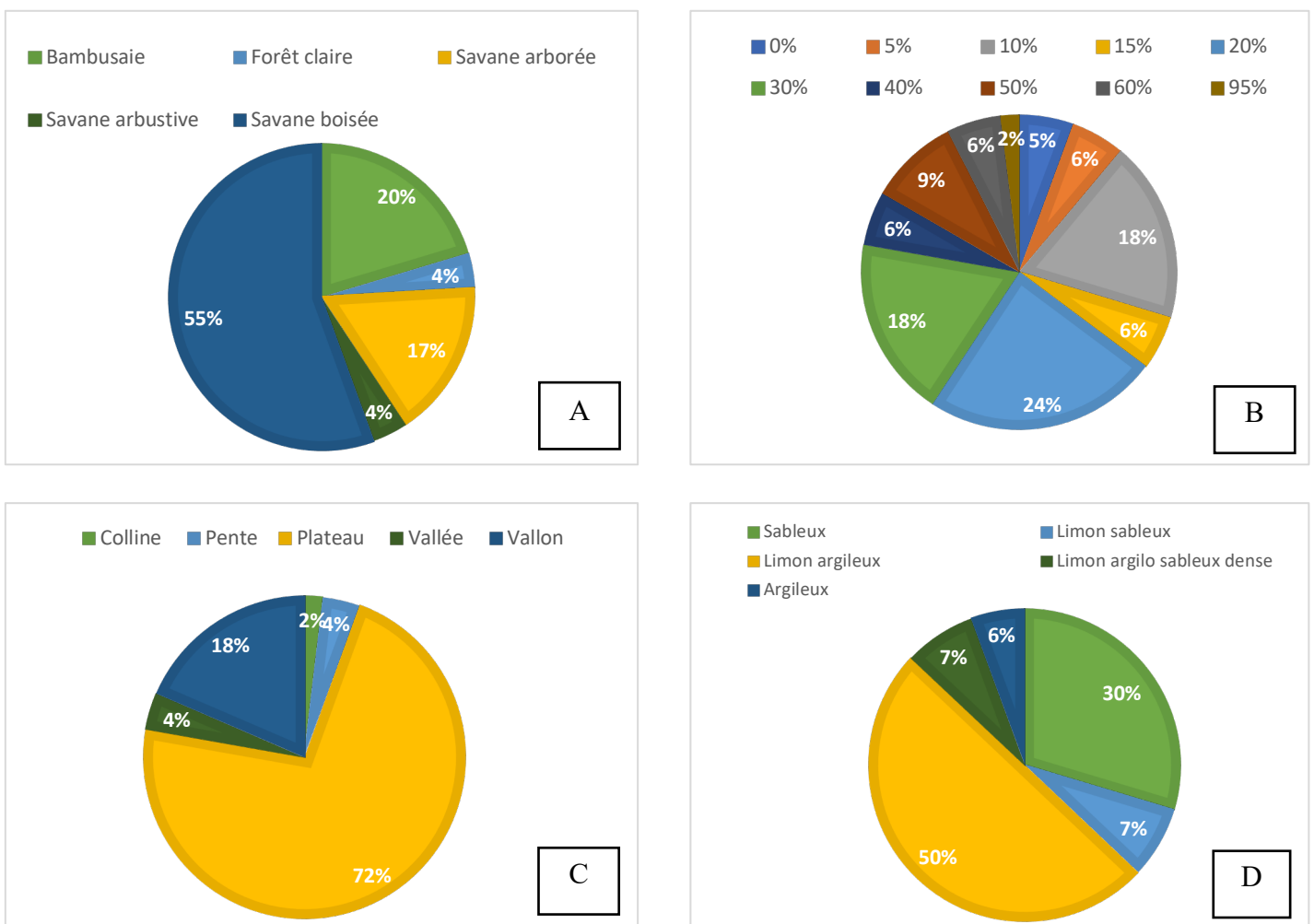


Figure 13 : Proportion des gueules de terriers qui ont été suivies en fonction des types d'habitats (A), du couvert de la canopée (B), du type de géomorphologie (C) et du type de sol (D).

Le nombre moyen de gueules ouvertes par terrier est de 1,9 et le nombre moyen de gueules bouchées par terrier est de 1,2.

Les gueules sélectionnées et piégées ont présenté des traces d'animaux à quasi 90% et la présence d'insectes (papillons et mouches) à 65% Figure 14. Les insectes, à savoir des Diptères et les Lépidoptères, n'ont pas pu être identifiés en raison de leur état de dégradation avancés et d'une mauvaise conservation.

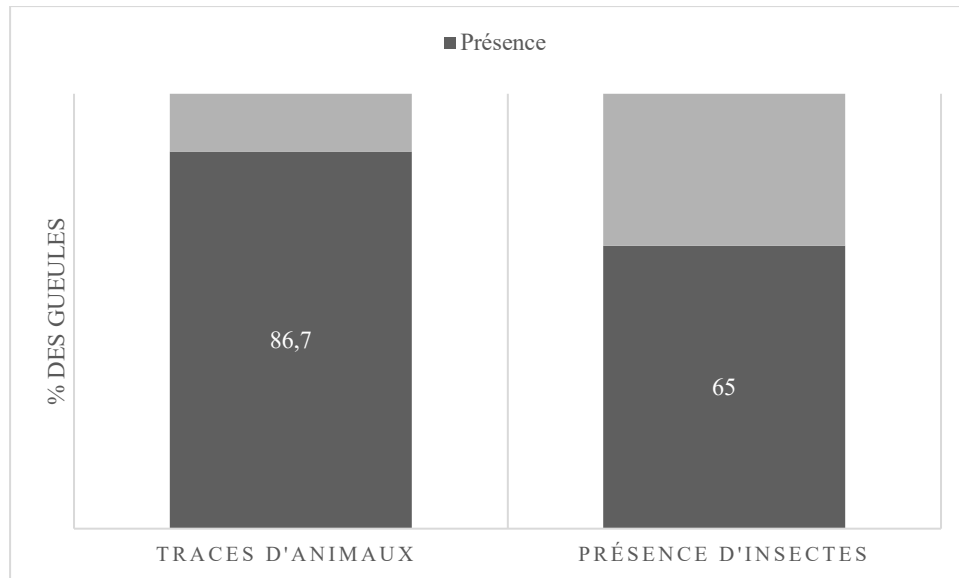


Figure 14 : Histogramme montrant la présence/absence des traces d'animaux et d'insectes sur l'entièreté des gueules piégées par pièges photographiques (n=54).

La Figure 15 montre la proportion de gueules de terrier répartie en fonction de classes du diamètre moyen (cm). Les diamètres moyens compris entre 41 et 45 cm sont les plus observés parmi les 54 gueules échantillonnées.

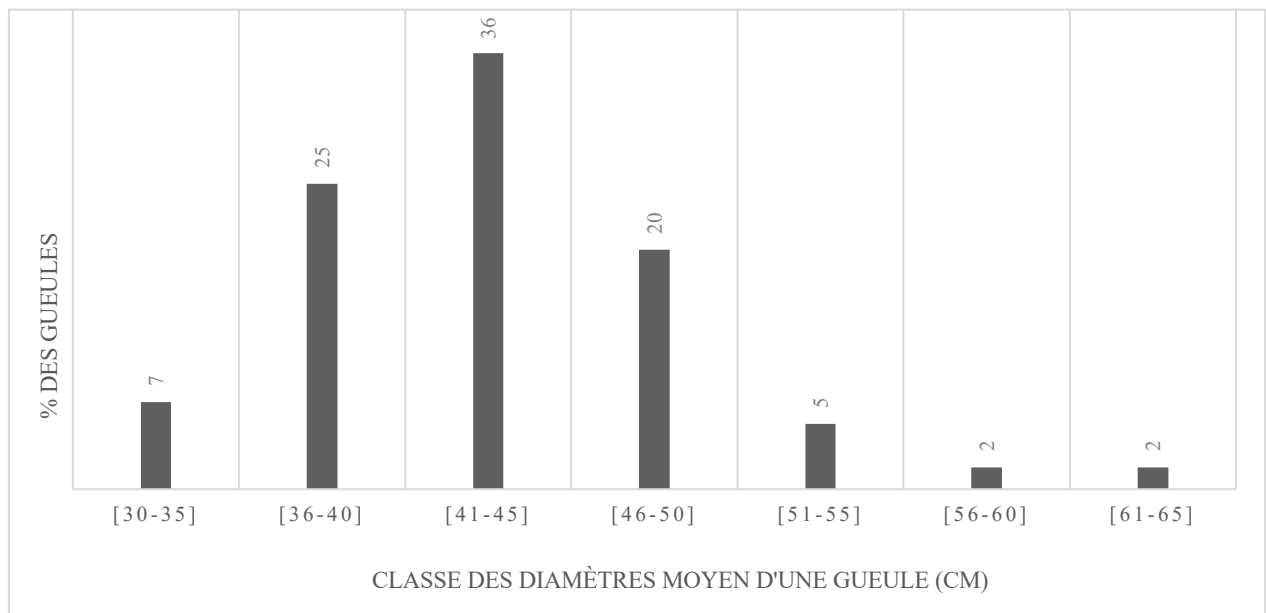


Figure 15 : Histogramme montrant la répartition des classes de diamètre mesurées des gueules de terriers suivis et caractérisés (n=54).

En ce qui concerne l'évaluation de l'échelle de fréquentation pour chaque gueule, les données observées dans l'environnement suggèrent que près de 57,4% d'entre elles sont susceptibles d'être

fréquentées avec une forte probabilité. Environ 40,7% sont considérées comme ayant une probabilité moyenne d'être fréquentées, tandis que seulement 1,8% présentent une faible probabilité d'être visitées. Il est pertinent d'examiner la fiabilité de l'échelle de fréquentation établie sur le terrain et de déterminer si elle est corroborée par les observations des pièges photographiques. Les gueules qui semblaient être systématiquement fréquentées se sont finalement avérées fréquentées dans 67,7% des cas. Ensuite, parmi les gueules pour lesquelles la fréquentation par les espèces n'était pas certaine, environ 59% ont effectivement été visitées. Aucune gueule considérée comme non fréquentée n'a finalement montré de fréquentation.

Le constat des feux de brousse sur les gueules est le suivant : 71 % des gueules se trouvent dans un environnement où l'incendie s'est propagé de manière précoce, plus d'un mois plus tôt. 20% des gueules seraient passées sous le feu de brousse moins de deux mois plus tôt. Les 9% des gueules étudiées restantes étaient encore dans une végétation intacte n'ayant pas encore connu de feu récent.

Les gueules de terriers ont été creusées sur différents sols (voir la section D de la Figure 13). Cinq échantillons de sol ont été prélevés à l'entrée de gueules de terriers qui présentaient des textures et/ou couleurs différentes. Les gueules concernées sont : g\_20, g\_34, g\_9, g\_40 et g\_50 (Annexe 9). Les sols ont été séparés en cinq catégories représentés par des croix rouge sur le triangle textural du laboratoire de LaHulpe (Figure 16). On observe un gradient de teneur en argile croissante entre les échantillons. Les teneurs en limons sont faibles et peu variables comme souvent dans les sols fortement altérés. La moitié des gueules est creusée dans le sol limon argilo sableux. Ensuite 30% des gueules sont creusées dans un sol sableux. La minorité de l'échantillon (n=54) avec 5,5% est creusé dans un sol argileux.

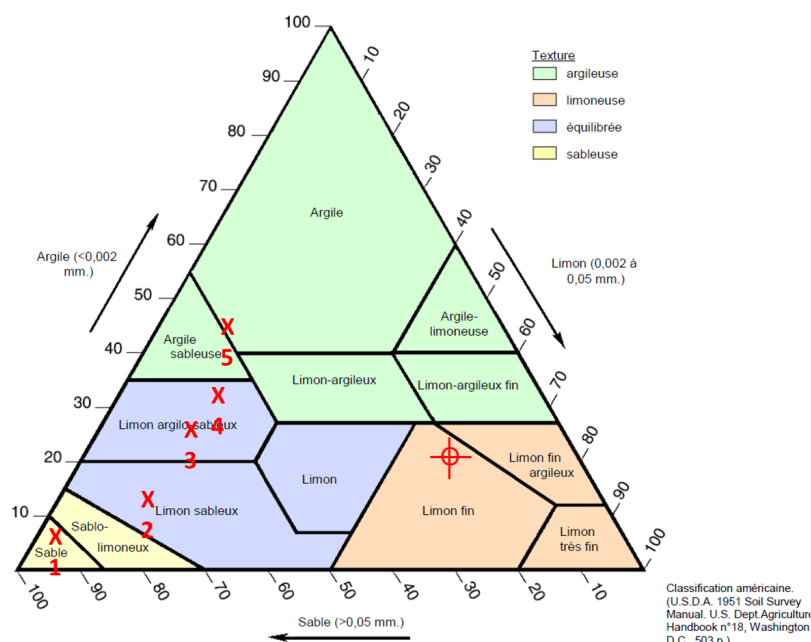


Figure 16 : Position des cinq sols représentatifs des gueules de terriers caractérisés et suivis sur le triangle textural du laboratoire de LaHulpe. La cible correspond au résultat de l'échantillon qui avait été analysé par La Hulpe.

### 3.1.2. Occurrences d'espèces

En regroupant les données de 2022 et 2023, un total de 52 pièges photographiques ont été utilisés pour suivre 60 gueules de 48 terriers, avec un effort d'inventaire total de 520 caméras.jours. La hauteur moyenne des caméras qui ont été posées est de 1,55 mètre et la distance moyenne entre la caméra et l'entrée de la gueule sélectionnée est de 3,78 mètres.

Cela a permis d'enregistrer 1338 événements de détection, dont 606 événements indépendants en considérant un temps de minimum 30 minutes entre deux événements indépendants pour une même espèce. L'évènement indépendant conservé dans ce délai de temps est celui qui a enregistré une pénétration dans la gueule. Si aucune fréquentation n'est observée alors c'est l'évènement qui marque un intérêt de l'animal pour la gueule du terrier qui est retenu.

Le nombre d'espèces différentes qui sont passées devant la caméra indifférentes et/ou non à la gueule du terrier est de 43 et est listé dans l'Annexe 10. La liste est aussi présentée sous forme de graphique avec leur RAI (Figure 17). La liste est composée à 58% de mammifères. Certains d'entre eux sont des primates comme *Cercopithecus patas* et *Cercopithecus sabaceus*, des félins comme *Felis serval* et *Panthera leo*, des rongeurs comme *Cricetomys gambianus*, des hyènes comme *Crocuta crocuta*, des mangoustes comme *Herpestes ichneumon* et *Mungos mungo*, des antilopes comme *Hippotragus equinus* et *Ourebia ourebi*, des porcs-épics comme *Hystrix cristata*. 42% d'oiseaux sont également retrouvés dans la liste, telles que *Coracias abyssinicus*, *Francolinus bicalcaratus*, *Lamprotornis chalybaeus*, *Laniarius barbarus*, *Malaconotus blanchoti*, *Numida meleagris*, *Turdoides reinwardtii*, etc. Les ordres qui peuvent être identifiés dans la liste comprennent les primates, les chiroptères, les rongeurs, les carnivores, les artiodactyles, les périssodactyles, etc.

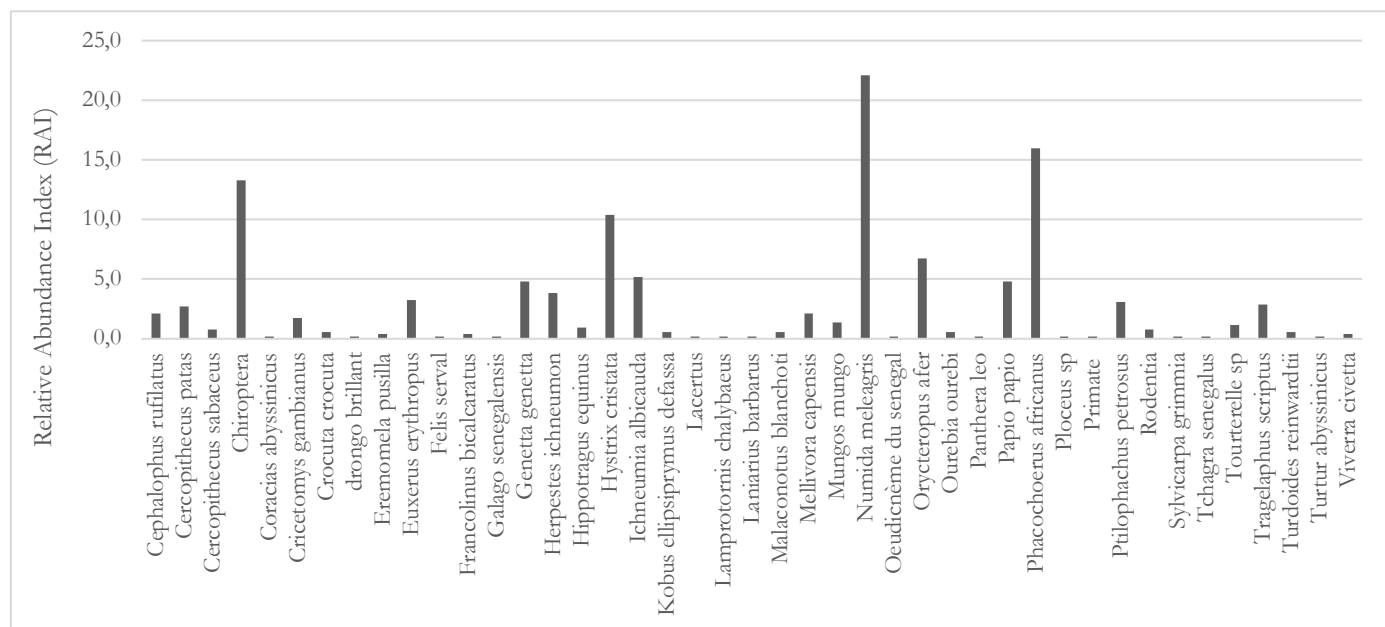


Figure 17 : Distribution des RAI (nombre de détection pour 100 jours) des 43 espèces observées (indifférentes et/ou non à la gueule de terrier) par les pièges photographiques. Le nombre total de caméra.jours = 520 ; La richesse d'espèce observée total = 43 ; Le total d'évènements de détections = 1338 ; Le total des évènements indépendants = 608 ; Le temps considéré entre deux évènement indépendant = 30 min.

Pour l'analyse des occurrences et co-occurrences et pour éviter des doublons, deux terriers de 2022 ont été supprimées du jeu de données car ils ont été repris pour le suivi de 2023. En conséquence, 562 détections indépendantes ont été analysées.

L'analyse des données montre que 64% des gueules suivies sont fréquentées et pénétrées par au moins une espèce. Au total, 18 espèces différentes ont été observées en train de pénétrer au moins une gueule d'un terrier. Le Tableau 3 présente la liste des espèces recensées et le RAI pour chacune d'elle. La fréquence moyenne de l'oryctérope est de 2,7 détections pour 100 jours, 6,54 pour le phacochère, 7,12 pour les chauves-souris et 6,35 pour les pintades.



Tableau 3 : Liste des 18 espèces recensées avec leur nombre de détections indépendantes de pénétration dans les gueules de terriers et leur RAI (Relative Abundance Index) pour 100 jours.

	Nom latin	Nom commun	N	RAI
Mammifères	<i>Cercopithecus sabaceus</i>	Singe vert	2	0,38
	<i>Orycteropus afer</i>	Oryctérope	14	<u>2,69</u>
	<i>Phacochoerus africanus</i>	Phacochère	34	<u>6,54</u>
	<i>Papio papio</i>	Babouin de guinée	1	0,19
	<i>Chiroptera</i>	Chauves-souris	37	<u>7,12</u>
	<i>Mellivora capensis</i>	Ratel	4	0,77
	<i>Herpestes ichneumon</i>	Mangouste ichneumon	3	0,58
	<i>Cercopithecus patas</i>	Patas	2	0,38
	<i>Cricetomys gambianus</i>	Rongeur	2	0,38
	<i>Mungos mungo</i>	Mangouste rayée	2	0,38
	<i>Hystrix cristata</i>	Porc-épic	6	1,15
	<i>Viverra civetta</i>	Civette	1	0,19
	Oiseaux	<i>Numida meleagris</i>	Pintade de numidie	33
<i>Turdoides reinwardtii</i>		Cratérope de Reinwardt	1	0,19
<i>Ptilopachus petrosus</i>		Poulette de roche	6	1,15
<i>Eremomela pusilla</i>		Erémomèle à dos vert	1	0,19
<i>Tchagra senegalus</i>		Tchagra à tête noire	1	0,19
<i>Malaconotus blanchoti</i>		Gladiateur de Blanchot	2	0,38

Le terrier qui enregistre le plus grand nombre de visites non indépendantes est la gueule g\_55 avec 114 sorties/entrées d'animaux de la gueule en dix jours. L'intensité des visites est représentée dans la Figure 18 : Répartition sur la totalité des terriers suivis du nombre de visites non-indépendantes (pénétrations dans les gueules de terriers). L'intensité de la couleur claire correspond à un nombre de visites plus élevé. Figure 18 pour l'ensemble des terriers suivis (n=48). Une forte intensité de visite est remarquée particulièrement à deux endroits dans la bambusaie.

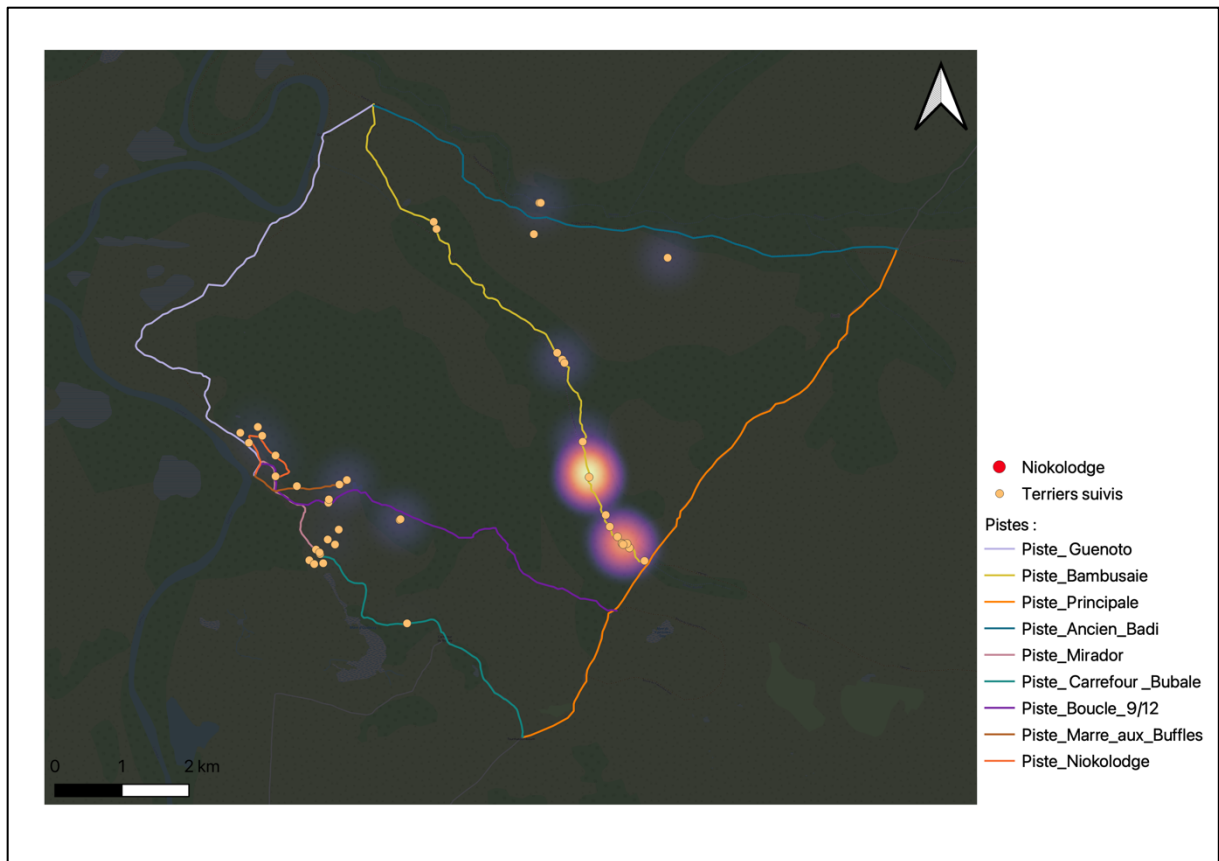


Figure 18 : Répartition sur la totalité des terriers suivis du nombre de visites non-indépendantes (pénétrations dans les gueules de terriers). L'intensité de la couleur claire correspond à un nombre de visites plus élevé.

### 3.1.3. Co-occurrences d'espèces

Un total de 17 gueules ont montré des co-occurrences d'espèces. Une même gueule est occupée par un maximum de quatre espèces différentes ; c'est le cas de cinq gueules : g\_10, g\_15, g\_27, g\_38 et g\_54. Trois gueules abritent trois espèces distinctes : g\_1, g\_11 et g\_49. Neuf gueules hébergent deux espèces différentes qui peuvent cohabiter g\_12, g\_25, g\_28, g\_29, g\_30, g\_47, g\_55, g\_56 et g\_60. Ainsi, 46% des gueules visitées présentent des co-occurrences, c'est-à-dire la visite de deux espèces minimum.

En ce qui concerne les terriers, ils peuvent accueillir jusqu'à six espèces différentes, en supposant que les gueules déterminées pour un terrier sont reliées entre elles (terrier complexe). Cette distribution est illustrée dans la Figure 19.

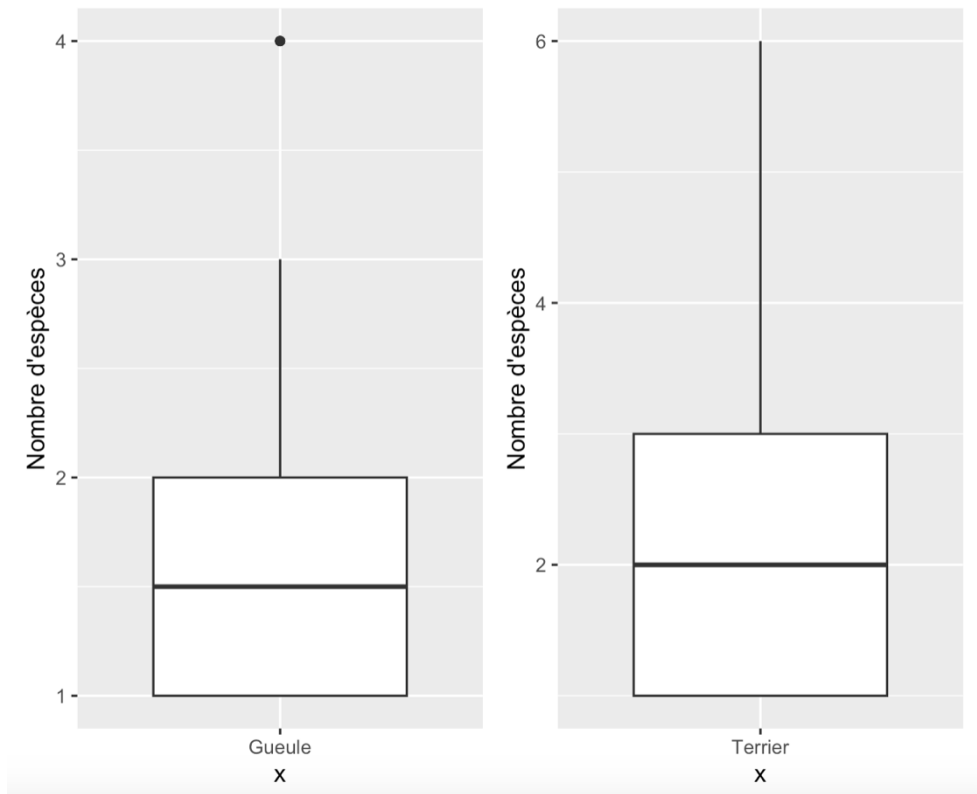


Figure 19 : Distribution du nombre d'espèces pénétrant dans les gueules et les terriers.

La Figure 20 présente une matrice illustrant les 33 co-occurrences observées dans les gueules et le nombre de fois où elles se sont produites au cours des 10 jours d'observation. Une liste sous forme de tableau est également incluse en Annexe 11.

À travers cette matrice, nous pouvons mettre en évidence les co-occurrences qui se produisent dans deux gueules comme *Papio papio* et *Numida meleagris*, *Phacochoerus africanus* et *Numida meleagris* ou encore *Mellivora capensis* et *Chiroptera*. Au cours de cette analyse, une co-occurrence en particulier s'est reproduite dans cinq gueules de terriers distinctes, impliquant le phacochère et l'oryctérope. Les co-occurrences les plus courantes, c'est-à-dire celles présentes dans au moins quatre gueules, sont présentées dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Liste des trois co-occurrences qui apparaissent au moins dans quatre gueules de terriers distinctes.

<i>Numida meleagris</i>	<i>Orycteropus afer</i>
<i>Orycteropus afer</i>	<i>Phacochoerus africanus</i>
<i>Phacochoerus africanus</i>	<i>Chiroptera</i>

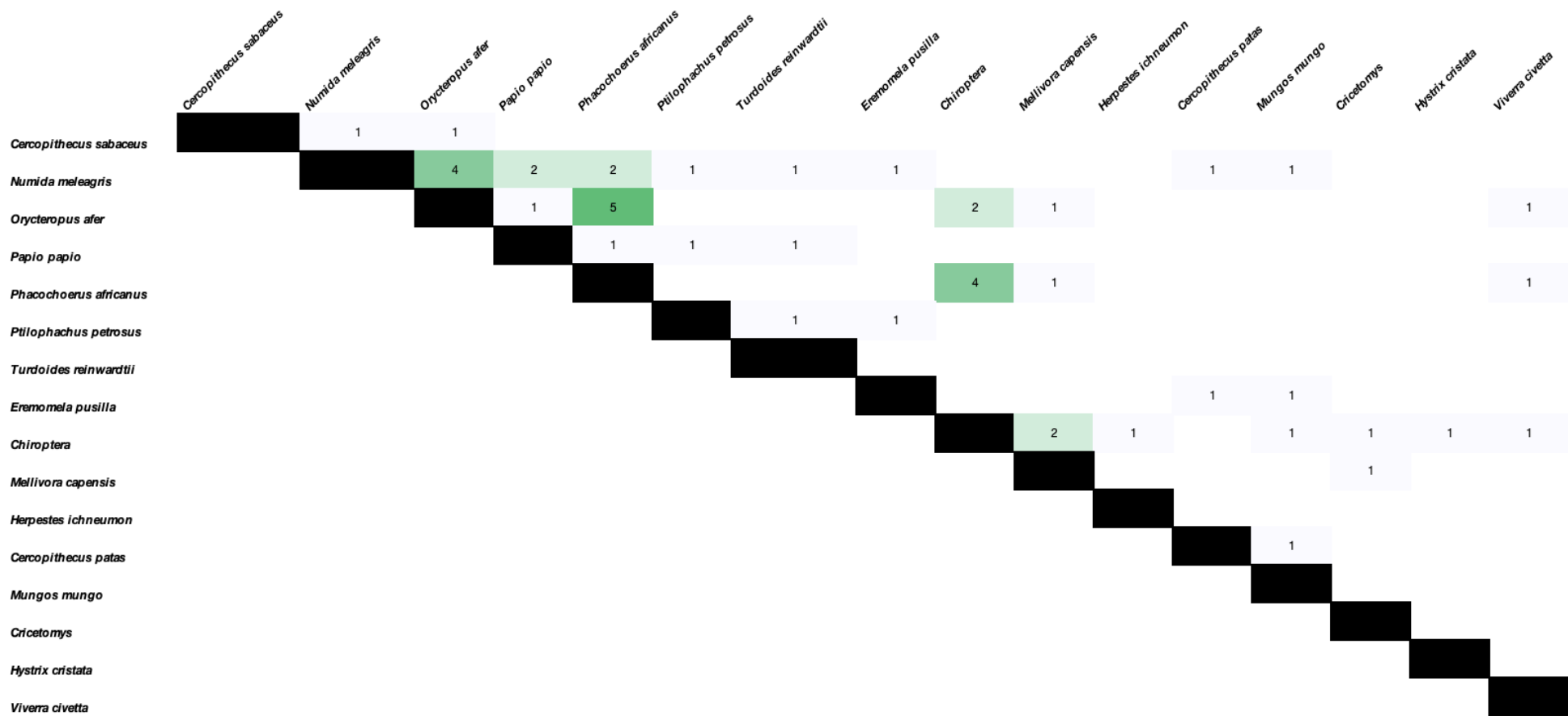


Figure 20 : Matrice des 33 co-occurrences (couple d'espèce pénétrant au moins une fois dans une gueule) observées parmi 18 espèces recensées (n =58) et 151 détections de pénétration indépendantes.

Les quatre associations mentionnées dans le Tableau 4 suscitent un grand intérêt car elles sont présentes dans au moins quatre terriers différents. Ces occurrences sont alors toutes considérées comme fréquentes. Pour évaluer l'association entre ces trois paires d'espèces animales, le test exact de Fisher a été employé (Tableau 5).

	Valeur de P	Interval de confiance à 95%	Rapport des cotes
<i>Phacochoerus africanus - Orycteropus afer</i>	** 0,002	2.03 - 118.45	13.81
<i>Numida meleagris - Orycteropus afer</i>	* 0,024	1.20 - 49.50	6.96
<i>Phacochoerus africanus - Chiroptera</i>	0,191	0.547 - 17.86	3.25

Tableau 5 : Résultats du test exact de Fisher sur les co-occurrences suivantes : *Orycteropus afer* - *Phacochoerus africanus*, *Numida meleagris* - *Orycteropus afer*, et *Phacochoerus africanus* - *Chiroptera*.

Les résultats indiquent qu'il existe une association hautement significative entre les espèces animales *Phacochoerus africanus* et *Orycteropus afer*. L'odds ratio estimé est de 13,81, ce qui indique que les chances de rencontrer *Phacochoerus africanus* sont environ 13,81 fois plus élevées lorsque *Orycteropus afer* est présent, par rapport à quand il est absent. Cette valeur élevée du rapport de cotes souligne la force de l'association entre les deux espèces. L'intervalle de confiance à 95 % pour le rapport de cotes est de (2,03 - 118,45). Cela signifie qu'avec 95 % de confiance, nous pouvons estimer que le vrai rapport de cotes se situe quelque part dans cette plage de valeurs. Le fait que cet intervalle exclut la valeur 1 renforce encore davantage l'idée d'une association significative entre les espèces.

L'analyse de co-occurrence entre la pintade (*Numida meleagris*) et l'oryctérope (*Orycteropus afer*) dans les terriers a révélé une co-occurrence significative avec un rapport des cotes estimé à environ 6.96. Concernant la dernière paire d'espèces (*Phacochoerus africanus* – *Chiroptera*), il n'existe pas d'association significative. Les intervalles de confiance englobent la valeur 1, ce qui signifie qu'il n'y a pas suffisamment de preuves statistiques pour affirmer une association significative entre ces paires d'espèces.

### 3.1.3. Occurrences et caractéristiques environnementales des terriers

Une majorité des espèces se trouve dans des terriers dont le diamètre moyen s'étend de 35 cm à 45 cm au minimum (Figure 21). Les oiseaux et les chauves-souris présentent des espèces qui occupent cinq catégories différentes de diamètres moyens. Parmi celles-ci, les chauves-souris sont repérées dans des terriers de diamètres oscillant entre 35 cm et 60 cm au maximum. L'oryctérope et le phacochère se trouvent dans des terriers ayant un diamètre moyen de 35 cm à 65 cm.



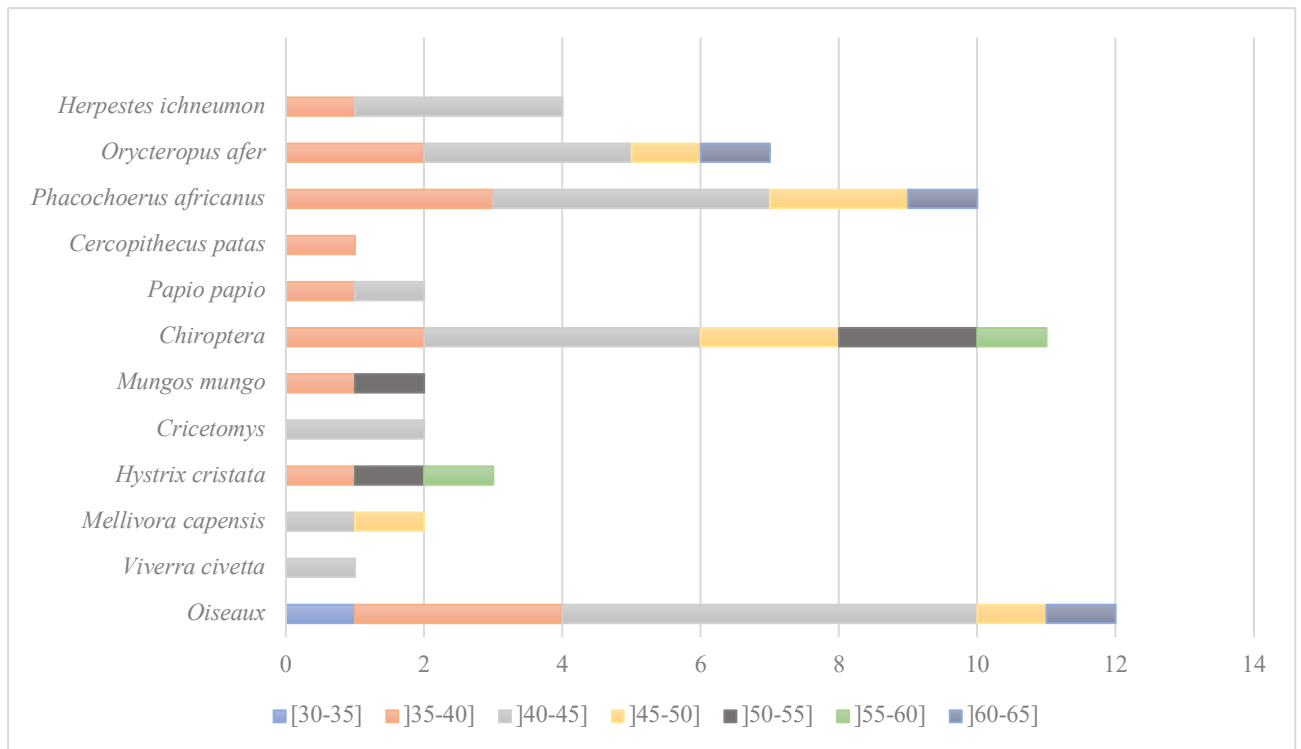


Figure 21 : Distribution des espèces recensées dans un nombre de gueules en fonction du diamètre moyen (cm) de celui-ci.

Les espèces d'oiseaux montrent une présence dans cinq à six gueules en l'absence et présence d'insectes (Figure 22). Les chauves-souris affichent également une fréquence similaire à celle de l'absence d'insectes, avec 5 observations.

Certaines espèces, comme *Viverra civetta* et *Mellivora capensis*, semblent s'adapter à la présence d'insectes en augmentant leur fréquence d'observation. En revanche, d'autres espèces, telles que *Cricetomys*, *Mungos mungo*, et *Hystrix cristata*, maintiennent une fréquence relativement constante dans les deux scénarios. Les chauves-souris (*Chiroptera*) montrent des observations de 6 en l'absence d'insectes et de 5 en leur présence.

Globalement, ces résultats soulignent que la présence ou l'absence d'insectes ne semble pas avoir un impact majeur sur la présence des espèces d'oiseaux et des chauves-souris. Cependant lorsque des insectes sont présents, une grande diversité d'espèces est notée.

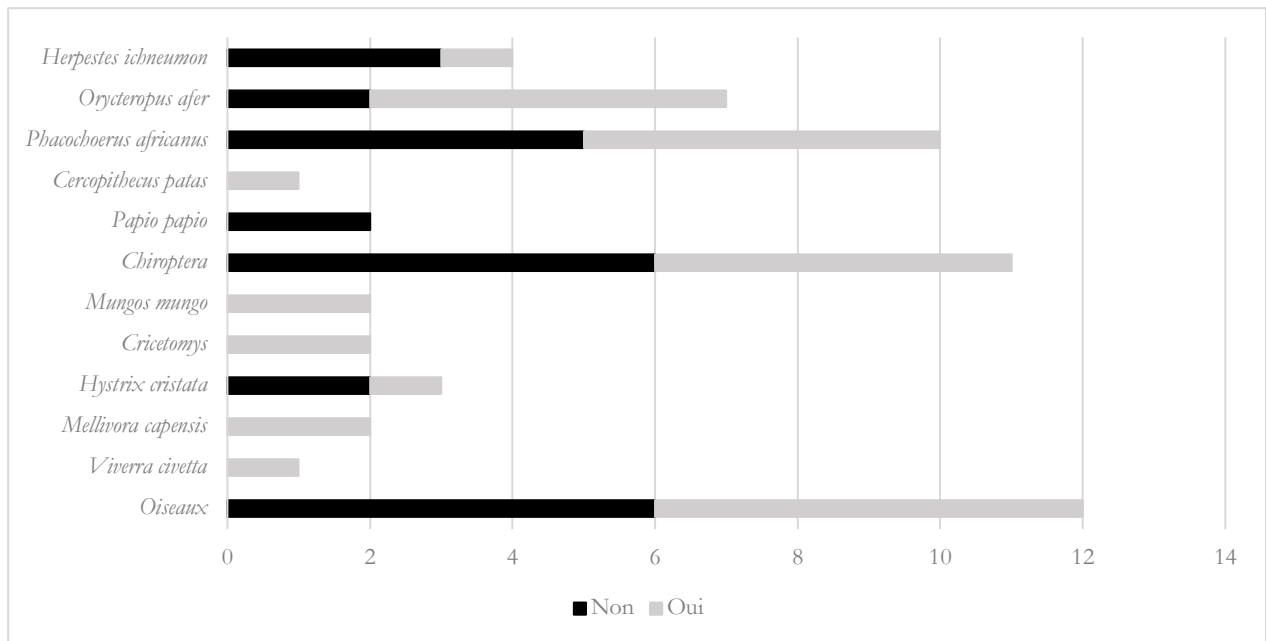


Figure 22 : Distribution des espèces en fonction des gueules de terriers qui présentent des insectes ou non.

Puis, la Figure 23 révèle la distribution des espèces selon les types de sols. Les sol *limon argilo-sableux* et *limon argilo sableux dense* sont présents pour chaque espèce ayant exploré une gueule d'un terrier. Les oiseaux sont observés dans tous les types de sols. L'oryctérope et le phacochère se trouvent dans les sols *sableux* et dans les sols *limono-argileux* avec une proportion relativement faible d'argile.

Il est notable que les gueules associées aux sols *sableux*, *argilo sableux* et *argileux* semblent attirer une variété d'espèces, tandis que les sols *limono sableux* et *limon argilo sableux dense* montrent une présence relativement limitée. Les chauves-souris, en particulier, semblent être plus actives dans les sols sableux et argilo sableux. Les espèces d'oiseaux montrent des comportements variés en fonction des types de sols.

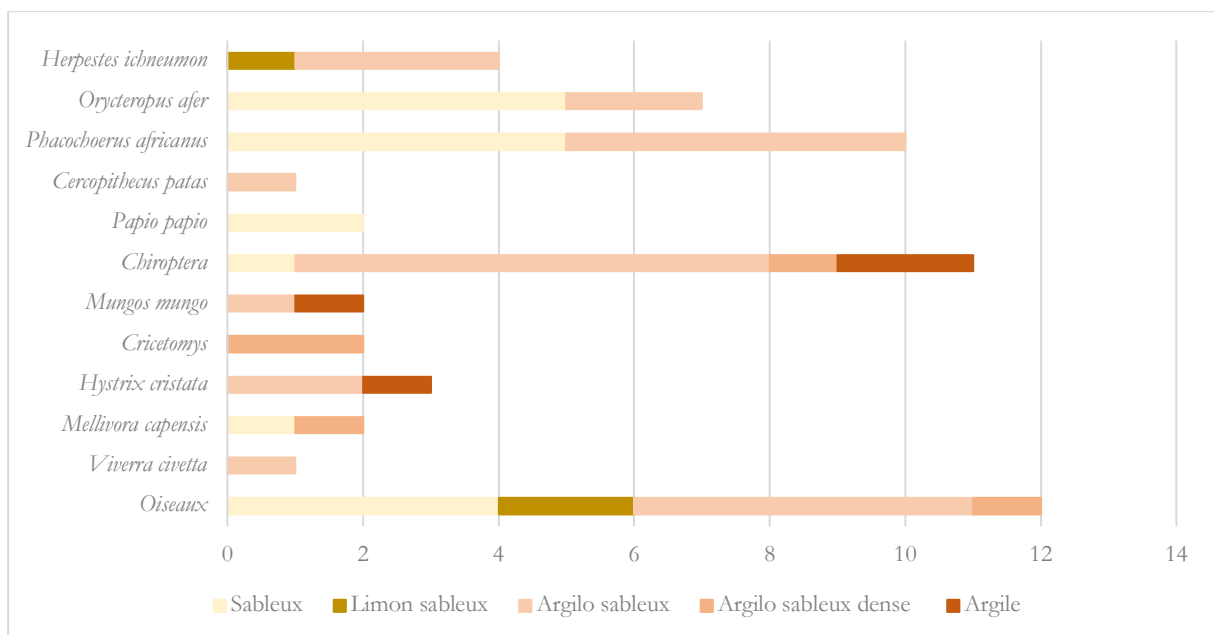


Figure 23 : Distribution des espèces présentes dans un nombre de gueules de terriers qui ont été creusées dans un type de sol spécifique.

L'analyse de la distribution des espèces en fonction des habitats est révélé dans la Figure 24. Les habitats tels que les bambusaies semblent attirer une grande diversité d'espèces, notamment les

oiseaux, avec des fréquences d'observation variant de 1 à 3. Les chauves-souris sont également observées dans ces habitats. D'autres animaux à plusieurs reprises sont présents comme *Mellivora capensis*, *Hystrix cristata*, *Mungos mungo*, *Phacochoerus africanus*, *Orycteropus afer* et *Herpestes ichneumon*.

La forêt claire, quant à elle, présente une diversité d'espèces moins élevée, avec des observations limitées principalement aux oiseaux et à *Hystrix cristata*. Les chauves-souris semblent également faire leur apparition dans ce type d'habitat.

Les habitats de savane arborée semblent accueillir une variété d'espèces, notamment les oiseaux, avec des observations allant jusqu'à 3. Les chauves-souris, *Papio papio* et *Cercopithecus patas* sont également présents, bien que leurs fréquences d'observation varient.

Enfin, la savane boisée se démarque en tant qu'habitat riche en diversité. Les oiseaux y sont abondants, avec des observations dans sept gueules différentes. De plus, les chauves-souris semblent particulièrement attirées par cet habitat, avec des observations atteignant huit gueules. *Phacochoerus africanus*, *Orycteropus afer* et *Herpestes ichneumon* sont également signalés fréquemment dans ce type d'environnement.

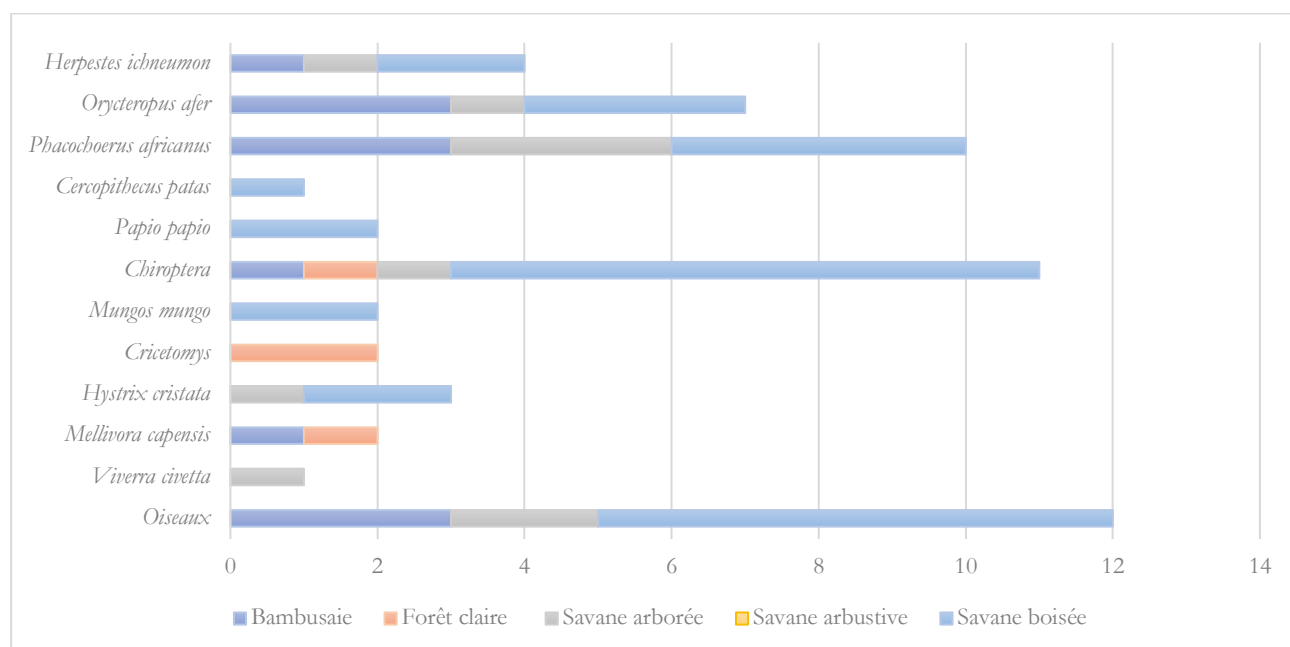


Figure 24 : Distribution des espèces en fonction des habitats dans lesquels les gueules de terriers ont été creusées.

Concernant les résultats de l'impact sur la fréquentation des gueules par les espèces en fonction de l'intensité ou la présence du brûlis, les espèces montrent des préférences en fonction des différentes intensités de brûlis (Figure 25). Les oiseaux sont plus fréquemment observés dans les zones de brûlis ancien (>1 mois), tandis que les chauves-souris (Chiroptera) montrent une présence. D'autres espèces telles que *Hystrix cristata*, *Phacochoerus africanus*, *Orycteropus afer* et *Herpestes ichneumon* sont présents.

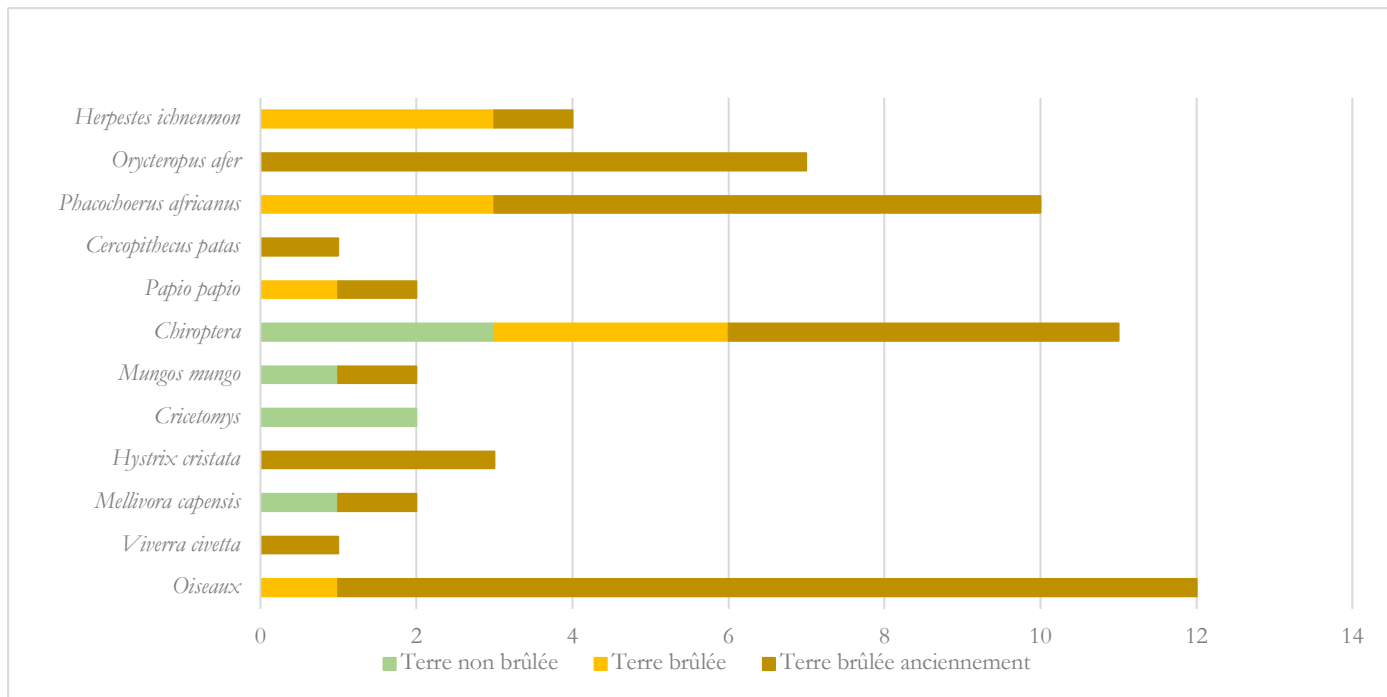


Figure 25 : Distribution des espèces pour les gueules creusés dans des environnements où la terre est non brûlée, brûlée récemment ou brûlée anciennement (il y a plus de 1 mois).

Sur les plateaux des espèces comme *Viverra civetta*, *Mellivora capensis* et *Hystrix cristata* sont observées. Les espèces d'oiseaux ont aussi été observées visiter sept gueules et les chauves-souris (*Chiroptera*) dix gueules (Figure 26).

Les vallons semblent être relativement fréquentés, avec plusieurs espèces d'oiseaux, *Hystrix cristata*, *Papio papio*, *Cercopithecus patas*, *Phacochoerus africanus*, *Orycteropus afer* et *Herpestes ichneumon*, ayant été observées. Les chauves-souris (*Chiroptera*) ont également été repérées une fois dans cette géomorphologie. Ces résultats suggèrent que les vallons sont des habitats attractifs pour diverses espèces.

La géomorphologie joue un rôle important dans la distribution des espèces. Les plateaux semblent être les habitats les plus diversifiés en termes d'espèces présentes, tandis que les vallées et les pentes montrent une présence plus restreinte. Cependant, il est essentiel de considérer d'autres facteurs environnementaux qui pourraient également influencer les schémas de distribution des espèces.

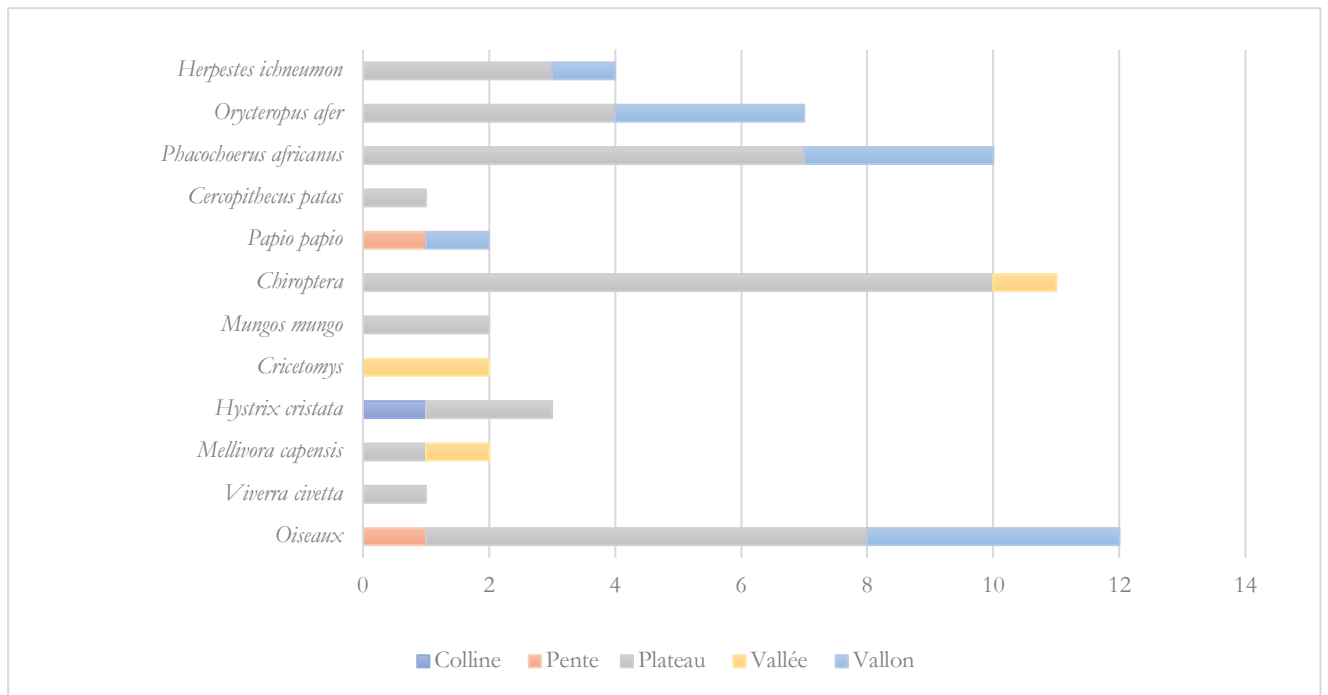


Figure 26 : Distribution des espèces dans les gueules de terriers en fonction de la géomorphologie dans laquelle ils ont été creusés.

Les résultats sont issus de différents tests Exact de Fisher pour des données de comptage. Ces tests ont été effectués pour évaluer s'il existe des relations significatives entre différentes variables, en prenant en compte l'échantillonnage, et la présence d'espèces (Sp.) (Tableau 6) ainsi que la présence d'oiseaux et de mammifères (Tableau 7).



Tableau 6 : Analyse de l'association entre les caractéristiques environnementales étudiées des gueules de terriers suivies et la visite des espèces animales dans celles-ci.

	<b>p-values</b>
	Sp.
Brûlis	0.5945
Sol	0.3553
Géomorphologie	0.9230
Habitat	0.2901
Traces animaux	1
Présence d'insectes	*** 0.0001
Échelle de fréquentation	0.3707
Diamètre	0.2571
Ouvertures	1

Dans cette série de tests, il semble y avoir une forte association significative entre la fréquentation des espèces et la présence d'insectes (Présence d'insectes). Les autres variables (Brûlis, Sol, Géomorphologie, Habitat, Échelle de fréquentation, Diamètre et Ouvertures) ne montrent pas de preuves significatives d'association avec la présence des espèces.

Tableau 7 : Analyse de l'association entre les caractéristiques environnementales étudiées des gueules de terriers suivies et la visite des espèces d'oiseaux et mammifères dans celles-ci.

	p-values	
	Oiseaux	Mammifères
Brûlis	0.2225	(*) 0.1045
Sol	0.5768	0.4092
Géomorphologie	0.3566	0.8171
Habitat	1	0.8541
Traces animaux	0.6446	0.6994
Présence d'insectes	0.1483	*** 0.0008
Échelle de fréquentation	0.7981	0.6800
Diamètre	0.4910	(*) 0.1007
Ouvertures	(*) 0.09436	0.7299

La variable "Présence d'insectes" témoigne d'une association hautement significative avec la présence des mammifères. Les variables "Brûlis" et "Diamètre" semblent aussi tendre vers la signification à un seuil de 0,05, notée (\*) pour les mammifères ainsi que pour la variable « Ouvertures » pour les oiseaux (Tableau 7).

### 3.1.4. Suivi temporel de deux terriers entre 2022 et 2023

#### 3.1.4.1. Le terrier t\_25

Le terrier t\_25 est caractérisé comme un terrier "complexe", ce qui signifie qu'il abrite six ouvertures de terriers étroitement situées les unes à côté des autres (dans un rayon de 15 mètres) et on suppose qu'elles sont connectées entre elles. En 2023 et en 2022, quatre de ces ouvertures de terriers ont été sous surveillance avec deux pièges caméra, équivalant à un total de 20 jours de caméra en action. L'environnement du terrier est visible dans la Figure 27 pour les deux années.

En 2022, il y a eu 13 observations de chiroptères qui visitent les gueules du terrier et une observation de l'*Hystrix cristata* (porc-épic). En 2023, les observations ont changé, avec seulement 6 observations de chiroptères, aucune observation d'*Hystrix cristata*, 1 observation de l'*Herpestes ichneumon* et 10 observations de *Phacochoerus africanus* qui pénètre dans une des gueules du terrier.



Figure 27 : Photo de l'environnement à gauche du terrier t\_25 en 2022 et photo du terrier t\_25 en 2023.

#### 3.1.4.1. Le terrier t\_48

C'est également un terrier complexe qui possède quatre ouvertures. En 2023 et 2022, deux caméras ont été utilisées pour surveiller ces ouvertures, ce qui équivaut à une période totale de 20 jours.caméras. En 2023, une des ouvertures surveillées a été récemment creusée. L'environnement entourant le terrier peut être observée dans la Figure 28 pour les deux années considérées.

En 2022, les observations ont été différentes avec 3 observations de chiroptères et seulement 2 observations d'*Hystrix cristata*. En 2023, il y a eu 5 observations de chiroptères et 9 observations de l'*Hystrix cristata* (porc-épic) qui visitent les gueules du terrier.



Figure 28 : Photo de l'environnement en 2022 à gauche et en 2023 à droite.

### 3.1.5. Identification acoustique des familles de chauves-souris

À partir du guide acoustique (Annexe 7 et Annexe 8) pour l'identification des espèces de chauves-souris au Sénégal, les résultats sont présentés sous forme d'un histogramme (Figure 29). Chaque détection qui a pu être identifiée est représentée avec sa gueule de terrier d'appartenance.

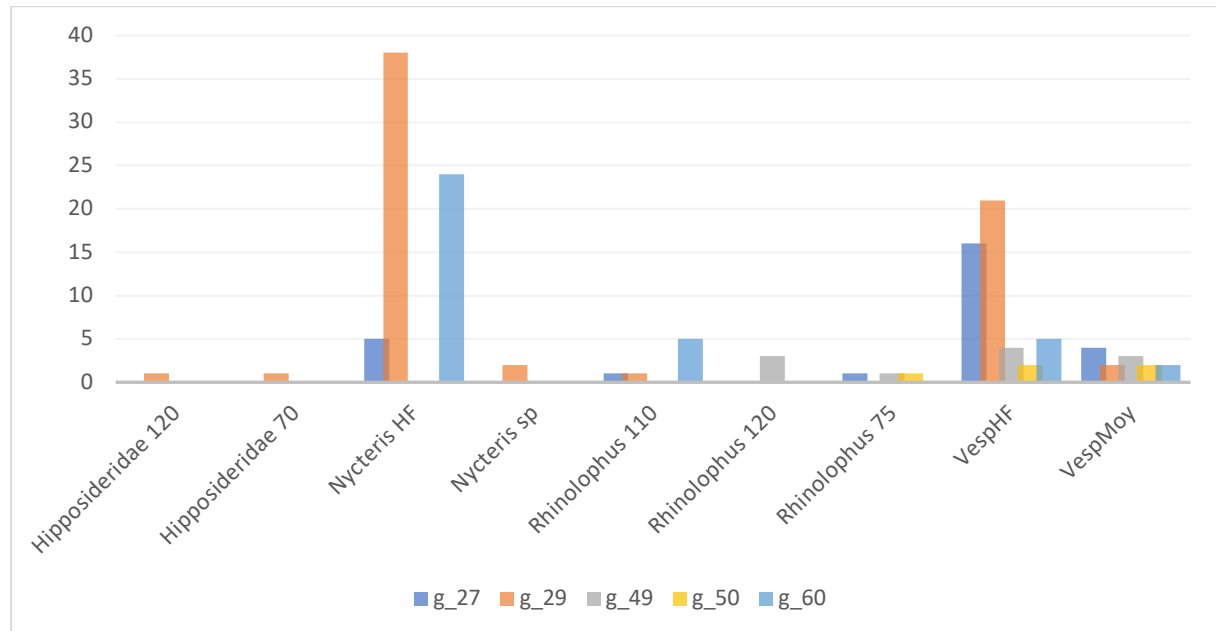


Figure 29 : Histogramme sur la répartition des espèces de chauves-souris par gueule de terrier.

Une grande partie des détections, soit un total de 10 163 détections à travers les cinq sites, n'a pas pu être identifiée. Environ 96 % des détections sont donc non identifiables en raison du manque de données et d'informations sur les cris d'écholocation des chauves-souris au Sénégal. Le site g\_49 présente la plus grande proportion d'indéterminées, avec 3 920 détections inconnues.

Les espèces identifiées comme Hipposideridae 70 présentent des cris caractéristiques d'Hipposideridae émis à 70 KHz. Par conséquent, il est plausible de supposer que l'espèce précise de chauves-souris pourrait être *Phyllorhine cylope*, avec une fréquence légèrement supérieure. Ensuite, le groupe appelé Hipposideridae 120 regroupe des espèces telles que Phyllorhine de Noack (*Hipposideros ruber*) ou Phyllorhine cendrée (*Hipposideros tephros*) ou encore une autre espèce « haut perchée » comme le trident du désert (*Asellia tridens*) qui est une espèce cavernicole des déserts et semi déserts d'Afrique du Nord (Taylor, 2019). Les deux espèces sont potentiellement intéressantes pour leur occupation des terriers, bien que l'étude acoustique ne puisse pas confirmer leur présence.

Les Nycteris HF présentent les cris les plus intéressants et sont probablement liés aux chauves-souris sur les séquences filmées (Figure 30) (Quentin Smits, communication personnelle, 2023). Cela pourrait correspondre aux *Nyctères de Thébaïde* ou à toute autre espèce de Nyctère émettant à haute fréquence, en général avec une fréquence maximale d'énergie (FME) au-dessus de 75 kHz. Les *Nycteris sp.* pourraient appartenir aux mêmes espèces que celles identifiées comme Nycteris HF, mais avec une FME inférieure à 40 KHz.





Figure 30 : Deux captures d'écran d'une séquence filmée avec une chauve-souris qui pénètre dans la gueule du terrier. L'image à gauche représente la gueule g\_50 et l'image à droite la gueule g\_60.

Concernant les *Rhinolophus*, ils sont reconnaissables grâce à leur type sonore FM-FC-FM. En se basant sur la fréquence à laquelle ils émettent, trois catégories ont pu être créées. Le groupe Rhinolophus 110 pourrait être soupçonné d'être l'espèce nommée *Rhinolophe de Lander*, mais ce dernier est censé émettre à +/- 107 KHz, ce qui est légèrement plus bas. Le deuxième groupe, Rhinolophus 120, ne correspond à aucune espèce de rhinolophe connue pour émettre à cette fréquence. Selon les connaissances actuelles du guide d'identification, aucune espèce ne peut être associée à cette catégorie. Quant au troisième groupe, Rhinolophus 75, il pourrait éventuellement contenir le *Rhinolophe de Dent*, mais ce dernier est censé émettre à une fréquence légèrement plus élevée. Ces trois groupes sont intéressants car elles pourraient potentiellement occuper les terriers, mais actuellement, il n'y a pas de preuve concluante à ce sujet.

Les Vespertilionidae sont subdivisées en deux groupes : Vesp HF et Vesp moy. Les Vesp HF pourraient être représentées par les pipistrelloïdes émettant à des fréquences élevées, supérieures à 50 kHz, qui peuvent parfois produire des fréquences extrêmement élevées, dépassant même 100 kHz. Ces valeurs sont bien au-delà de celles observées chez l'espèce la plus élevée connue, la Vespère naine, qui est supposée émettre à environ 69 kHz. Ensuite, les Vesp moy regrouperaient les pipistrelloïdes émettant à une fréquence maximale d'énergie (FME) moyenne inférieure à 50 kHz.

Il n'y a pas beaucoup de certitudes absolues concernant les espèces, mais il est mis en évidence que les gueules g\_29 et g\_60 présentent des séquences attribuées au *Nycteris*, avec toutefois des fréquences nettement plus élevées.

#### 3.1.4. Analyses génétiques des excréments

Les résultats des analyses génétiques, qui visent à identifier les bactéries associées à des risques zoonotiques dans les huit échantillons de matières fécales collectées sur le terrain, sont exposées au moyen d'une matrice représentée dans la Figure 31. On peut observer la présence de certaines familles de bactéries communes aux huit échantillons, telles que *Bacteroidaceae*, *Lachnospiraceae* et *Ruminococcaceae*.

Les familles de bactéries indiquées en gras sont susceptibles de contenir des genres et espèces de bactéries pouvant intervenir directement dans les maladies transmises de l'animal à l'homme. L'analyse microbiologique a révélé la présence de ces différentes familles de bactéries dans les



échantillons examinés. La famille *Bacillaceae* a été détectée dans les échantillons A.3, A.1 (provenant du phacochère) et T.2. De même, les familles *Enterobacteriaceae* et *Campylobacteraceae* ont été identifiées chez des crottes d'espèces non identifiées (A.3 et A.4).

La famille *Clostridiaceae* a montré une distribution plus étendue, étant présente chez les espèces non identifiées (A.3 et A.4), le phacochère (A.1) et le porc-épic (A.2). La famille *Mycoplasmodaceae* a été mise en évidence dans les échantillons provenant du porc-épic (A.2). La famille *Spirochaetaceae* a été observée chez le phacochère (A5, A6 et A1) ainsi que chez le porc-épic (A.2). Enfin, la famille *Streptococcaceae* a été identifiée chez des espèces non identifiées (A.3 et A.4) ainsi que chez le phacochère (A.1). Ces résultats mettent en évidence la diversité des familles bactériennes présentes dans les échantillons, soulignant la complexité des interactions microbiennes au sein de ces écosystèmes.

Famille de bactérie	A.3	A.4	A.5	A.6	A1	A2	T.1	T.2	Total général
Acidaminococcaceae		1	1		1	1		1	5
Akkermansiaceae						1	1	1	3
Anaeroplasmataceae			1	1	1				3
<b>Bacillaceae 1</b>	<b>1</b>				<b>1</b>			<b>1</b>	<b>3</b>
Bacteroidaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	8
<b>Campylobacteraceae</b>	<b>1</b>	<b>1</b>							<b>2</b>
Chitinophagaceae				1	1				2
<b>Clostridiaceae 1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>			<b>1</b>	<b>1</b>			<b>4</b>
Desulfovibrionaceae		1					1	1	3
Eggerthellaceae					1	1	1	1	4
Enterobacteriaceae	1	1					1		3
<b>Enterococcaceae</b>	<b>1</b>	<b>1</b>							<b>2</b>
Erysipelatoclostridiaceae		1							1
Erysipelotrichaceae		1	1	1	1		1	1	6
Fibrobacteraceae				1	1				2
Fusobacteriaceae	1	1							2
Lachnospiraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Lactobacillaceae					1				1
Metamycoplasmataceae	1	1							2
Methanobacteriaceae						1			1
Methanomassiliicoccaceae								1	1
Morganellaceae	1								1
Muribaculaceae						1	1		2
<b>Mycoplasmoidaceae</b>						<b>1</b>			<b>1</b>
Odoribacteraceae		1					1	1	3
Oligosphaeraceae			1	1	1				3
<b>Peptostreptococcaceae</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	<b>7</b>
Planococcaceae					1	1			2
Porphyromonadaceae		1			1	1	1	1	5
Prevotellaceae			1	1	1	1			4
Rikenellaceae		1					1	1	3
Ruminococcaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Sphaerochaetaceae			1	1	1				3
<b>Spirochaetaceae</b>			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>			<b>4</b>
<b>Streptococcaceae</b>	<b>1</b>	<b>1</b>			<b>1</b>				<b>3</b>
Succinivibrionaceae					1				1
Sutterellaceae		1							1
Victivallaceae								1	1

Figure 31 : Matrice de présence et absence des familles bactériennes à travers les huit échantillons. Où A.1, A.5, A.6 proviennent de l'espèce animale *Phacocoerus africanus* et A.2 de *Hystrix cristata*. Les familles mises en gras représentent celles susceptibles de contenir des espèces de bactéries intervenant dans des zoonoses.

## 4. Discussion

### 4.1. Caractérisation des terriers

Un des objectifs de cette étude était de caractériser les types de terrier présents dans la région du Niokolo-Koba, au Sénégal. En effet, divers facteurs environnementaux influencent la répartition des terriers, tels que le type de sol, la topographie, la géologie, la végétation et les schémas de précipitations. De plus, la distribution des terriers affecte également la distribution des espèces. Par exemple, certaines espèces préfèrent les sols sablonneux, tandis que d'autres habitent des types de sols ou des environnements spécifiques (Mapuru et al., 2021).

Cette étude a porté sur 54 gueules de terriers et leurs caractéristiques environnementales ont été observées, montrant que la majorité se trouvait dans des zones de plateau (73%) et des habitats de savane boisée (55%). L'échantillonnage présente un déséquilibre entre les zones.

Les gueules étudiées ont montré des traces d'animaux et la présence d'insectes. Les diamètres moyens les plus fréquents étaient entre 41 et 45 cm. Concernant les feux de brousse, 71% des gueules étaient dans des zones brûlées il y a plus de deux mois, 20% il y a moins de deux mois, et 9% n'avaient pas été touchées par les feux.

Les gueules de terrier étaient creusées dans divers types de sols, principalement des limons argilo-sableux.

Cette étude offre un aperçu détaillé des caractéristiques des gueules de terriers, qui ont été sélectionnées en utilisant une approche semi-opportuniste. Néanmoins, cette méthode présente des inconvénients notables. La Figure 3, qui illustre la distribution des terriers, met en évidence leur regroupement autour des pistes et leur répartition inégale dans la zone d'étude. Cette concentration crée des biais spécifiques, en particulier en ce qui concerne la localisation. En se concentrant principalement sur les terriers près des pistes, il est possible que des espèces préférant des zones éloignées soient sous-représentées, ce qui pourrait altérer la compréhension globale de la faune terrestre.

La généralisation des conclusions à l'ensemble de la zone d'étude n'est pas possible en raison de cette concentration sur les terriers proches des pistes. Les résultats obtenus à partir de ces terriers pourraient ne pas être extrapolables aux terriers éloignés, voire à l'ensemble du Parc National du Niokolo-Koba (PNNK). De plus, il n'y a pas eu d'établissement de corrélation entre la répartition des différents types de sol, de végétation ou de géomorphologie.

Pour surmonter cette limite, il serait envisageable de cartographier la végétation du parc à l'aide de la méthode « Random Forest ». Cette approche produirait une carte de la distribution végétale, permettant de comprendre l'importance relative de chaque type végétal dans l'ensemble du parc. Cela permettrait de contextualiser les observations des terriers et de déterminer comment les différentes zones végétales pourraient influencer les comportements observés.

De plus, il est important de noter que les animaux à l'aise avec l'activité humaine le long des pistes pourraient être surreprésentés dans les observations, tandis que les espèces plus sensibles à la présence humaine pourraient être moins fréquemment observées, introduisant ainsi un biais comportemental.

La répartition inégale des terriers pourrait également compliquer l'analyse et la comparaison des résultats entre différents groupes de terriers. Cette non-homogénéité doit être prise en compte lors de l'interprétation statistique.

Bien que l'approche semi-opportuniste puisse fournir des informations précieuses, il est essentiel de reconnaître les limitations découlant de la concentration des terriers près des pistes. Ces limitations doivent être prises en compte lors de l'analyse et de l'interprétation des observations des espèces pénétrant les terriers.

#### 4.2. Espèces animales fréquentant les terriers

Le deuxième objectif était d'identifier les espèces fréquentant les terriers qui ont été caractérisés. La richesse spécifique de la fréquentation des gueules documentée par cette étude est de 18 espèces, représentant huit ordres taxonomiques : trois primates, un Tubulidentés, un Artiodactyles, des Chiroptères, cinq Carnivores, un Rongeurs, deux Galliformes et quatre Passériformes.

Une étude menée en 2021 en Afrique du Sud a découvert 27 espèces dans les terriers d'oryctéropes, comprenant 21 mammifères, deux oiseaux, trois reptiles et un amphibien (Whittington-Jones et al., 2011). Une comparaison peut être faite entre la liste d'espèces obtenue lors de la présente étude et la liste fournie par l'étude de Whittington-Jones. Notre étude a été réalisée en Afrique de l'Ouest, tandis que l'étude de 2021 s'est déroulée en Afrique du Sud, présentant des différences de richesse faunique. Whittington-Jones s'intéresse aux environnements semi-arides, similaires à notre étude, et aride. Trois sites différents ont été étudiés : le Parc national des Zèbres de montagnes, la Réserve Tswalu Kalahari et la Réserve privée Kwandwe. Ces sites se distinguent de notre site d'études (PNNK) de par la végétation mais se rapproche par la topographie de plateaux et des sols sableux et sablo-argileux présents (Tableau 8). Pour rendre la comparaison possible, nous nous concentrons sur les ordres taxonomiques. A la fois des similitudes et des différences intéressantes concernant les types d'animaux sont répertoriés ainsi que les environnements auxquels ils appartiennent.

Tableau 8 : Type de climat, de végétation, de topographie et de géologie des trois sites d'étude de Whittington-Jones: Parc national des Zèbres de montagnes, Réserve Tswalu Kalahari et réserve privée Kwandwe (Whittington-Jones, 2007).

	<b>Parc national des Zèbres de montagnes</b>	<b>Réserve Tswalu Kalahari</b>	<b>Réserve privée Kwandwe</b>
Climat	semi-aride à aride	aride	semi-aride
Végétation	Forêt dominée par <i>Acacia karroo</i> - <i>Pentzia globosa</i>	5 types de végétation mais dominée par <i>l'Acacia haemotoxylon</i>	Les espèces dominantes dans cette zone sont <i>Rhus lancea</i> , <i>Acacia karroo</i> et <i>Combretum cafferum</i> . <i>Panicum maximum</i>
Topographie	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.
Géologie	Mudstones, des grès et des schistes. Sols argileux très fertiles.	Sol rouge à grains fins parsemé d'affleurements largement dispersés de calcrète.	Mudstone et grès gris/rouge, sols sablo-argileux et sols sableux.

Tout d'abord, les rongeurs (Rodentia) sont largement présents dans les deux listes. Cette convergence suggère que ces animaux jouent un rôle important dans les écosystèmes des environnements concernés. Les rongeurs, tels que les souris, les rats et les gerbilles, sont des créatures prolifiques et diversifiées capables de s'adapter à une gamme de conditions environnementales.

De plus, la présence d'espèces carnivores (Carnivora) est notable dans les deux listes. Ces carnivores occupent diverses niches écologiques en tant que prédateurs, soulignant la complexité et l'interdépendance des chaînes alimentaires dans les écosystèmes. Des créatures telles que les mangoustes, les félins et les lycas sont des exemples de carnivores que l'on peut retrouver dans les habitats étudiés.

En outre, le phacochère (*Phacochoerus africanus*) est mentionné dans les deux listes, suggérant une fréquentation régulière des terriers d'oryctéropes par cette espèce. Cependant, les phacochères utiliseraient les terriers abandonnés d'après l'étude de Whittington-Jones or dans l'étude ici présente les deux espèces entrent et sortent par une même gueule à des moments différents (co-occurrence). Les oiseaux font également partie de la faune fréquentant les terriers dans les deux cas.

Cependant, des différences significatives entre les deux listes reflètent la diversité des habitats et des écosystèmes examinés ainsi que les techniques utilisées. Dans notre étude (2023), des chauves-souris (Chiroptera) ont été détectées grâce aux pièges photographiques et capteurs acoustiques mais aucun amphibien ni reptile n'a été enregistré. Pour finir, notre étude n'a pas pu faire un recensement des insectes présents de les gueules de terriers mais des observations directes ont été faites. Dans l'étude en Afrique du sud, jusqu'à 32 familles différentes ont pu être identifiées (Whittington-Jones, 2007).

En utilisant des techniques comme les tapis de pistes qui est une méthode de collecte d'empreintes, les relevés nocturnes des terriers et les fouilles de terriers, il est évident que le nombre d'espèces enregistrées aurait été augmenté (Lomolino & Smith, 2004). La faible représentation des reptiles et des amphibiens, en particulier, souligne la nécessité d'étendre l'échantillonnage pour une meilleure compréhension. Les périodes et saisons ne sont pas équivalentes entre les deux études. A l'avenir un suivi sur une période d'un an serait intéressant pour couvrir toutes les saisons et voir si elles ont un impact sur la fréquentation des terriers.

#### 4.3.Co-occurrences d'espèces dans les gueules de terriers

Le troisième objectif était de quantifier les interactions (co-occurrences) entre espèces qui fréquentent les terriers. Un total de 33 co-occurrences a été listé. La co-occurrence *Phacochoerus africanus* - *Orycteropus afer* est hautement significative. Cette co-occurrence s'explique par la distribution et l'abondance des phacochères affectée par la présence ou l'absence de l'oryctérope et leur grande tendance à s'abriter de les terriers de cet animal excavateur (Melton, 1976 ; White & Cameron, 2009). Un lien entre ces deux espèces est donc confirmé. La co-occurrence *Numida meleagris* - *Orycteropus afer* est également sigificative. Les deux co-occurrences impliquent alors une même espèce qui est l'oryctérope, l'animal fouisseur.

Small mammals	
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> <i>Myosorex varius</i> <sup>n,d</sup>
Eulipotyphla	
Other mammals	
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> <i>Phacochoerus africanus</i> <sup>d</sup>
Suiformes	
Birds	
Passeriformes	<i>Hirundo dimidiata</i> <sup>d</sup> <i>Myrmecocichla formicivora</i> <sup>ad</sup>
Reptiles	
Squamata	<i>Agama aculeata</i> <sup>d</sup> <i>Mabuya capensis</i> <sup>d</sup> <i>Varanus albigularis</i> <sup>d</sup>
Amphibians	
Anura	<i>Bufo gariensis</i> <sup>n,d</sup>

Figure 32 : Liste d'espèces recensées lors de l'étude de Whittington-Jones en Afrique du sud. (Whittington-Jones et al., 2011).



Les résultats indiquent une forte probabilité que ces deux co-occurrences ne soient pas dues au hasard. Cela suggère que ces deux espèces partagent probablement les mêmes habitats ou les mêmes ressources, ce qui explique leur présence commune dans les terriers. Cependant, il est important de noter que le test de Fisher fournit une indication statistique et que d'autres facteurs biologiques et environnementaux pourraient également influencer cette association.

Une co-occurrence observée dans un terrier complexe mais sans association statistiquement significative concerne la relation entre les chauves-souris (Chiroptera) et les porcs-épics (*Hystrix cristata*). Les observations issues des vidéos ont clairement révélé que les chauves-souris nichent dans les terriers, tandis que les porcs-épics occupent simultanément les mêmes terriers. Cette piste mérite une exploration plus approfondie à l'avenir, en élargissant l'échantillonnage ou en introduisant des terriers plus complexes, et en ciblant davantage de terriers de porcs-épics.

Une étude menée en Inde sur une période de trois ans (2013 à 2016) dans un climat semi-aride similaire au Sénégal a révélé que les terriers de porcs-épics étaient occupés à hauteur de 54 % par les chauves-souris. Au cours de cette étude, il a été observé que les terriers de porcs-épics sont utilisés par au moins 22 espèces différentes, comprenant des mammifères, des oiseaux, des reptiles et un amphibien, totalisant ainsi 3254 jours d'efforts de piégeage photographique aux terriers (Mukherjee et al., 2019). Cet effort est 6 fois plus grand que l'étude menée en 2023. Cette cohabitation n'est donc pas anodine mais n'est pas fort représentée dans nos résultats. Cela peut être dû aux terriers suivis à proximité des pistes, d'un effort d'échantillonnage trop faible et d'un temps d'étude restreint sur une période n'incluant que la saison sèche. Il serait également pertinent de suivre l'approche de l'étude de Mukherjee en évaluant les co-occurrences en corrélation avec les caractéristiques des gueules de terriers.

#### 4.4.Évolution temporelle de l'occupation des terriers

Les données du terrier t\_25 montrent des variations dans la présence des différentes espèces entre 2022 et 2023. Par exemple, la présence des chiroptères a diminué, l'*Hystrix cristata* n'a pas été observé en 2023 et il y a eu une nouvelle observation de l'*Herpestes ichneumon*. De plus, la présence du *Phacochoerus africanus* (phacochère) a augmenté en 2023. L'incendie de brousse survenu peu de temps avant la mise en place des pièges photographiques en 2023 pourrait également expliquer ces variations de fréquentation (Figure 27).

Cette approche comparative exploratoire pourrait être adoptée dans une étude ultérieure en suivant plusieurs terriers de l'année 2023 et au mieux sur plusieurs saisons. Ceci permettrait d'analyser la fréquentation des terriers au fil des ans, d'étudier le rythme de création de nouveaux terriers par l'animal fouisseur et d'examiner l'effort qu'une espèce fouisseuse déploie pour entretenir un terrier plutôt que d'en créer un nouveau. Les repaires d'animaux ne sont pas des éléments statiques dans le paysage, mais plutôt des caractéristiques en constante évolution (Holmes et al., 2003 ; Goodman et al., 2018) Avec le temps, les anciens terriers se comblent tandis que de nouveaux voient le jour ailleurs. Prenons l'exemple de l'oryctérope qui construit un nouveau terrier tous les quelques jours (Melton, 1976). Une estimation de un à trois ans correspond à la durée de vie d'un terrier de porc-épic au Cap-Nord (Bragg et al., 2005). Dans notre étude, les six terriers enregistrés en 2022 s'étaient détériorés à un tel point qu'ils n'ont pas pu être retrouvés en 2023, à l'exception de deux terriers complexes t\_48 et t\_25.

Concernant le terrier t\_48, les données révèlent des variations marquées dans la présence de deux espèces entre les deux années étudiées. Les observations indiquent une légère augmentation des chiroptères en 2023 par rapport à 2022. De manière similaire, la présence de l'*Hystrix cristata* a connu une hausse en 2023 par rapport à l'année précédente.

Finalement, la coexistence entre les chiroptères et les porc-épics semble avoir été confirmée en 2023 grâce à la mise en place d'une caméra positionnée à l'entrée d'une nouvelle gueule, ajoutée à ce système de terrier complexe. Cela a permis une observation plus approfondie à l'intérieur du terrier, renforçant ainsi notre compréhension de cette interaction.

#### 4.5. Association entre les paramètres environnementaux des gueules de terriers et les visites des espèces animales

Une forte association est constatée entre la variable "Présence d'insectes" et la présence des mammifères dans les terriers, avec une haute signification statistique. Toutefois, il serait pertinent d'examiner de plus près les variables "Brûlis" et "Diamètre". En effet, la variable "Brûlis" présente une illustration intéressante de comparaison entre les années 2022 et 2023, et avec la variable "Diamètre", toutes deux montrent une tendance vers une signification significative.

Toutefois, les résultats que nous avons observés sont directement influencés par la méthode d'échantillonnage que nous avons employée. Il est important de noter qu'aucune conclusion solide ne peut être tirée en l'absence d'un échantillonnage équilibré, où chaque modalité de chaque variable est représentée de manière adéquate. Cela souligne l'importance d'une approche rigoureuse et équilibrée dans notre méthodologie d'échantillonnage pour obtenir des résultats fiables et significatifs.

#### 4.6. Identification acoustique des chauves-souris

Les capteurs acoustiques ont pu à titre plus exploratoire mettre l'étude sur la piste des différentes espèces de chauves-souris qui pourraient fréquenter les terriers. Bien que des certitudes soient rares concernant l'identification précise des espèces, les observations soulignent que les gueules g\_29 et g\_60 présentent des séquences attribuées aux *Nycteris*, avec des fréquences nettement supérieures. Ces résultats révèlent la diversité et la complexité des espèces de chauves-souris présentes dans les terriers étudiés, bien que certaines incertitudes subsistent quant à leur identification précise et à leur occupation des terriers. La présence des *Nycteris* près des terriers est attendue avec la littérature (Monadjem et al., 2020). Les images capturées à la g\_60 et à la g\_29 apportent une confirmation qu'une espèce de chauves-souris semblable à la morphologie des *Nycteris* entre effectivement dans le terrier. Il aurait été avisé d'installer une caméra en parallèle avec les capteurs acoustiques permettant de fournir une corroboration de l'identité de la chauve-souris qui pénètre dans le terrier. Il est à noter que les pièges photographiques ne parviennent pas toujours à détecter ces animaux volant rapidement (Lomolino & Smith, 2004).

Des *Hipposideridae* ont été enregistrées en petite quantité pour la g\_29, mais leur présence suscite une attention particulière. Plus spécifiquement, les chauves-souris de la famille des *Hipposideridae*, identifiées comme *Hipposideros* sp., ont été répertoriées comme occupants permanents des terriers de porcs-épics à crête indien dans l'étude de Mukherjee. Bien qu'aucune interaction directe entre les chauves-souris et les porcs-épics n'ait été observée, les inspections internes des terriers ont révélé une séparation spatiale entre ces deux espèces, chacune occupant des chambres distinctes (Mukherjee et al., 2019).

La présence de ces chauves-souris peut être expliquée par l'hypothèse selon laquelle les terriers fournissent des conditions environnementales similaires à celles des terriers d'autres rongeurs et des sites de repos de chauves-souris dans des grottes, ce qui les attire (Mukherjee et al., 2019).

#### 4.7. Pathogènes à risques zoonotiques

Le dernier objectif était de repérer les agents pathogènes portés et potentiellement transmis par les espèces qui résident dans les terriers. Les résultats obtenus peuvent témoigner de familles de bactéries potentiellement responsables de zoonoses, de maladies transmises aux humains. Le terrier rassemble des conditions idéales pour contenir des charges parasitaires élevées. En effet, ce dernier donne l'accès des hôtes réguliers et offre un milieu chaud et humide. Des conséquences pour la gestion peuvent surgir, notamment si les parasites agissent comme vecteurs de maladies. Par exemple, les terriers de rongeurs abritent les phlébotomes, porteurs du protozoaire *Leishmania*, à l'origine de la leishmaniose (Reichman & Smith, 1990). *Leishmania* est un genre similaire aux trypanosomes, transmis par la mouche tsé-tsé au Niokolo-Koba (voir 2.12.).

Le terrier peut également contenir des tiques (Whittington-Jones, 2007) vectrices de la bactérie *Borrelia burgdorferi* de la famille *Spirochaetaceae* qui est responsable de la maladie de Lyme. Cette famille a été identifiée dans les crottes de phacochères et de porc-épic lors de notre étude. La maladie de Lyme est généralement transmise aux humains par les tiques infectées, qui acquièrent la bactérie en se nourrissant du sang d'animaux infectés. Les symptômes de la maladie de Lyme peuvent inclure des éruptions cutanées, des douleurs articulaires, des maux de tête et de la fièvre (Little & Molaei, 2020). Ensuite, une base de données produites par Maya Wardeh et Konstans Well de Liverpool EID2, mentionne que le Babouin de Guinée (*papio papio*) contiendrait une bactérie appelée *Treponema pallidum* responsable de la syphilis chez l'homme. *Treponema pallidum* appartient aussi à la famille des *Spirochaetaceae* (Centurion-Lara et al., 2006).

Dans l'échantillon de crotte A1, A5, A6 d'origine du phacochère et A2 provenant du porc-épic, la famille *Spirochaetaceae* a été identifiée ainsi que le genre *Treponema* avec une forte probabilité, un *bootstrap* supérieur à 0,8 de la famille jusqu'au genre. Dans ce contexte, il serait intéressant de déterminer l'espèce spécifique de bactérie présente pour établir si cette bactérie, originaire des primates, a été transmise aux espèces, le phacochère et le porc-épic. Cette information est d'autant plus intéressante que la co-occurrence de *Phacochoerus africanus* et de *Papio papio* a été enregistrée par les pièges photographiques. Ces découvertes suggèrent des risques de transmission entre des autres espèces comme le phacochère et l'oryctérope étant donné la co-occurrence significative.

Dans les résultats, d'autres familles sont identifiées comme *Bacillaceae* pour le phacochère et deux espèces non-identifiées (A1 et T2). Cette famille peut contenir les bactéries du genre *Bacillus* pouvant provoquer des zoonoses telles que l'anthrax, également connu sous le nom de maladie du charbon, qui peut infecter les humains par le contact avec des animaux infectés ou des produits animaux contaminés (Dhanasekaran & Thangaraj, 2014). La famille *Streptococcaceae* est trouvée dans les crottes de phacochère et deux espèces inconnues (A3 et A4). On y retrouve les bactéries du genre *Streptococcus* qui peuvent être associées à différentes zoonoses chez les animaux et les humains. Par exemple, *Streptococcus suis* peut causer des infections chez les porcs et peut également être transmis à l'homme, provoquant des infections sévères, y compris des cas de méningite et de bactériémie (Pedroli et al., 2003). On retrouve la famille *Clostridiaceae* chez le phacochère, le porc-épic et les deux espèces non identifiées (A3 et A4). Cette famille contient des bactéries du genre *Clostridium* qui peuvent causer plusieurs maladies zoonotiques, dont certaines sont liées à l'infection des plaies, comme le tétanos. Cette bactérie se trouve généralement dans le sol et la saleté et peut entraîner des infections graves et potentiellement mortelles suite à une blessure ou une plaie contaminée par ses spores (YanHua et al., 2019). Les bactéries de la famille *Mycoplasmoidaceae* trouvées chez le porc-épic telles que *Mycoplasma* (*Mycoplasma pneumoniae*), sont des bactéries atypiques pouvant être impliquées dans des zoonoses (Mikola et al., 1997). La famille *Campylobacteraceae* retrouvée chez deux espèces non identifiées (A3 et A4) peut contenir des bactéries du genre *Campylobacter*, appartenant pouvant être associées à la campylobactériose, une

zoonose courante transmise principalement par la consommation de viande contaminée et de produits laitiers d'origine animale (Lastovica et al., 2014). Pour finir, la famille des *Enterobacteriaceae* identifiée chez deux espèces non identifiées (A3 et A4) peut comprendre plusieurs genres de bactéries, dont certaines peuvent être responsables de zoonoses. Par exemple, *Salmonella spp.* et *Escherichia coli* sont des membres de cette famille associés à des infections alimentaires d'origine animale (Isler et al., 2021).

Il est essentiel de noter que certaines bactéries de ces familles peuvent être pathogènes pour les humains, causant des maladies sérieuses, tandis que d'autres peuvent être inoffensives voire bénéfiques pour l'environnement ou la santé humaine. Les bactéries associées aux zoonoses mentionnées précédemment ouvrent la possibilité de leur présence dans ces échantillons d'animaux, en particulier dans les cas où ces espèces se croisent dans les terriers.

#### 4.7.1. La chasse au terrier

La chasse de l'homme dans les terriers est une technique ancienne utilisée pour capturer des animaux sauvages à l'intérieur de leurs cachettes souterraines (Chayet, 2019). Bien qu'elle ait été une source de subsistance pour certaines communautés, cette pratique met en lien direct les humains avec la faune sauvage porteuse de pathogènes à risques zoonotiques potentiels. Cette approche implique également l'utilisation de chiens domestiques pour traquer l'animal dans le terrier. Cette interaction expose le chien à un potentiel de transmission de maladies à l'homme. Une sensibilisation aux chasseurs doit être faite pour empêcher les propagations de maladies au village.

#### 4.7.2. Tourisme et propagation de maladies

Initialement, l'établissement d'une infrastructure touristique engendre la mise en œuvre de structures de recherche et d'activités telles que le tourisme de vision, qui englobent une large zone géographique. De plus, la fréquentation accrue de touristes entraîne une augmentation des ressources financières pour le parc, ce qui se traduit par un meilleur financement des postes de gardes, une augmentation des effectifs et une intensification des missions de lutte contre le braconnage. Cette conjonction d'éléments peut potentiellement exercer une influence dissuasive sur les activités de braconnage (Tagg et al., 2015) ; et contribue ainsi à limiter les activités illicites de braconnage mais aussi, par extension, à réduire les risques de propagation de maladies. En effet, la manipulation et la consommation de viande de brousse obtenue illégalement peuvent constituer des vecteurs potentiels de transmission de pathogènes entre les animaux sauvages et les êtres humains (Papai, 2020).

Cependant, des observations occasionnelles de primates visitant les terriers ont été enregistrées à des fréquences moindres mais existent et sont répertoriées parmi les co-occurrences. Par exemple, des co-occurrences possibles incluent *Cercopithecus sabaceus* et *Numida meleagris*, *Cercopithecus sabaceus* et *Orycteropus afer*, *Numida meleagris* et *Cercopithecus patas*, *Numida meleagris* et *Papio papio*, etc. Ces interactions et leur implication dans des relations étroites avec d'autres animaux des terriers pourraient également les exposer à la propagation de pathogènes et de zoonoses. Notamment, le singe vert (*Cercopithecus sabaceus*) présente une proximité considérable avec l'être humain. Des observations personnelles ont révélé cette situation aux camps de Simenti et du lion, où les touristes recherchent cette proximité en nourrissant les singes, ce qui entraîne une intrusion de ces animaux dans les espaces de vie des touristes. Le singe vert pourrait potentiellement agir comme vecteur entre les humains et les terriers. Il est donc nécessaire de susciter une demande en matière de suivi et de sensibilisation pour prévenir cette situation.

## 4.8. Complémentarité des méthodes utilisées

Les synergies entre les approches génétiques et la surveillance par pièges photographiques ouvrent une perspective holistique pour explorer la dynamique des écosystèmes. L'analyse génétique a fourni une caractérisation précise de la composition microbienne des échantillons fécaux des espèces fréquentant les terriers. Cette approche fournit une base empirique solide pour détecter la présence de pathogènes spécifiques, et elle ouvre également la voie à des investigations futures sur la transmission inter-espèces de microorganismes.

D'autre part, les pièges photographiques ont documenté les co-occurrences d'espèces, suggérant ainsi des interactions potentielles entre ces espèces. Cette corrélation prend toute son importance dans le contexte de la transmission de bactéries, car les contacts rapprochés entre les espèces augmentent les chances de transfert d'agents pathogènes.

L'intégration de ces méthodes conduit à une compréhension plus approfondie des mécanismes microbiens au sein des écosystèmes. En identifiant des similitudes entre les bactéries présentes chez les primates par exemple et celles identifiées dans les excréments des phacochères, cette étude suggère la possibilité d'une transmission croisée de microorganismes.

En outre, les capteurs acoustiques ont révélé une présence nettement plus élevée de chauves-souris que les pièges photographiques, offrant ainsi des orientations pour l'identification des familles et des espèces.

L'utilisation combinée de ces méthodes complémentaires enrichit notre compréhension des mécanismes écologiques et microbiens, et soulève des questions pertinentes quant aux implications pour la santé humaine et la gestion de la biodiversité.

## 4.9. Dysfonctionnement des pièges photographiques et améliorations

### 4.9.1. Conditions environnementales

Dans un environnement semi-aride en pleine saison sèche au Sénégal, les pièges photographiques peuvent être particulièrement sensibles aux conditions météorologiques et aux éléments environnementaux. Les défis liés aux faux déclenchements peuvent être accentués dans ce contexte, où le vent, l'intensité solaire, la sécheresse et les mouvements sporadiques de la végétation peuvent contribuer à des détections non désirées (Zimmermann, 2013).

Les données collectées pendant ces incidents pourraient contenir des enregistrements non représentatifs de la faune ciblée, ce qui pourrait influencer les estimations de présence et les comportements réels des espèces.

L'enfouissement de piquets et leur camouflage pour résoudre le problème des supports naturels (arbustes) en mouvements sont des options à considérer, malgré les éventuelles perturbations pour les animaux. Dans la région semi-aride de l'étude et particulièrement en saison sèche il n'est parfois pas possible de trouver des endroits ombragés, comme sous des arbres ou des buissons denses, pour placer la caméra. Alors l'utilisation de caches artificielles serait une option. Une protection en matériaux tels que des tissus épais, des feuilles, des morceaux de toile, ou même des bâches pour créer un abri au-dessus de la caméra peut être pensé. De plus, certains fabricants proposent des boîtiers ou des coques spécialement conçus pour protéger les caméras-trappes contre les éléments extérieurs, y compris le soleil. Ces boîtiers peuvent être équipés de capuchons ou de protections pour l'objectif.



Puis, il revêt une grande importance de dégager la végétation afin de créer une fenêtre d'observation non obstruée, tout en atténuant les faux déclenchements résultant des mouvements de la végétation induits par le vent. Cependant, l'élimination de la végétation, même de manière légère, a un impact sur le comportement de la faune. Il est essentiel de prendre en compte cet effet lorsqu'on souhaite considérer la probabilité de détection de caméras utilisées.

#### 4.9.2. Animaux de petites tailles ou rapides

L'un des facteurs potentiels contribuant aux faux déclenchements peut découler de la présence d'animaux de petite taille ou de mouvements rapides qui échappent à la capture par la caméra. Ce phénomène est causé aussi par détection de tout mouvement ayant lieu à l'intérieur du « triangle de détection » qui dépend de la hauteur et de l'orientation de la caméra (Fonteyn et al., 2021). Cette hauteur et orientation est adaptée à chaque situation pour avoir en visuel les terriers permettant d'observer si l'espèce entre ou non dans le terrier. Cette méthode n'est parfois pas adaptée à toute la faune qui y passe et manque donc de la capturer à cause d'un champ trop restreint. Prendre de la distance permettrait d'avoir un plus large champs de vision mais pourrait manquer de détecter des espèces plus petites.

Donc, les pièges photographiques font face à divers défis, notamment en ce qui concerne la détection et l'identification des espèces de petite taille. Un autre défi majeur consiste à uniformiser la taille du champ de vision de chaque piège photographique, facilitant ainsi la comparaison des taux de capture entre différents emplacements et moments.

Différentes solutions ou conseils sont donnés pour optimiser cette technique. Dans un premier temps, la plage de vitesses de déclenchement de 0,2 à 2,1 secondes a été respectée pour notre étude. Ensuite, l'utilisation du flash blanc pourrait aboutir à des vidéos plus lumineuses et aisément identifiables que celles prises avec un éclairage infrarouge. Néanmoins, il est à noter que le flash blanc pourrait potentiellement causer de l'effroi chez les animaux. Le placement de deux pièges photographiques côte à côte peut aussi générer un taux de réussite supérieurs par rapport à l'utilisation d'une seule caméra (Glen et al., 2013).

#### 4.10. Perspectives et amélioration du protocole

Pour améliorer l'étude, le protocole de terrain suivant serait plus adéquat et s'inspire de l'étude dans la zone semi-aride du parc national de Keoladeo, Rajasthan, en Inde (Mukherjee et al., 2017). Afin de ne plus avoir les biais de la recherche semi-opportuniste, un échantillonnage systématique serait adaptée. Grâce à cette technique, la localisation, la caractérisation et les enregistrements des terriers pourraient être possibles à travers une grille du parc et en se concentrant sur des gueules de terriers d'un diamètre moyen de minimum 30 cm car à partir de ce diamètre la diversité d'espèces qui visite la gueule est plus importante.

La méthode est la suivante :

1. Mise en place d'une grille d'échantillonnage :
  - Diviser la zone d'étude en grilles de 25 hectares chacune ;
  - Utiliser un système GPS pour enregistrer les coordonnées géographiques de chaque grille ;
2. Localisation et caractéristiques externes des terriers :
  - Diviser chaque grille en quatre sous-grilles de 250 x 250 mètres ;



- Parcourir systématiquement chaque sous-grille en zigzag pour localiser les terriers ;
- Enregistrer les caractéristiques externes de chaque terrier comme pour l'étude présente avec la distance entre les ouvertures, la taille et l'orientation des ouvertures (en degrés cardinaux).

Le suivi par pièges photographique serait dans l'idéal sur une période de 12 mois pour survoler toutes les saisons et avoir une vision globale.

## 5. Conclusion

En synthèse, cette étude a apporté des éclairages significatifs sur les rôles et les interactions au sein des terriers dans un environnement semi-aride. De par les 52 pièges photographiques déployés sur une zone de 96 km<sup>2</sup> aux alentours du Niokolodge au PNKK au Sénégal, cette étude confirme que les terriers offrent un abri crucial à une variété d'espèces, comme en témoignent les 18 espèces de vertébrés identifiées dans notre analyse. Pour savoir si les facteurs environnementaux influencent la répartition des terriers l'échantillonnage doit être équilibré et la recherche de terrier à l'avenir devra être plus systématique.

Concernant les espèces fréquentant les terriers, cette étude révèle des similitudes et des différences avec d'autres études similaires. Les rongeurs et les carnivores se retrouvent dans les deux listes d'espèces, soulignant leur rôle écologique essentiel. Malgré des convergences, des variations reflètent la diversité des habitats et des méthodes d'étude. Pour mieux comprendre les co-occurrences entre les espèces, une approche approfondie et des échantillonnages plus vastes pourraient être nécessaires. Cette étude a démontré malgré les faibles effectifs que la co-occurrence du phacochère et de l'oryctérope était statistiquement significative et que 33 co-occurrences ont été observées au total. Bien que la présence des chauves-souris dans les terriers soit établie, il est encore nécessaire d'améliorer l'identification précise des espèces. Malheureusement, en raison du manque de connaissances approfondies sur les chauves-souris au Sénégal, les données recueillies par les capteurs acoustiques ne permettent pas actuellement de répondre à cette question. Toutefois, les familles *Hipposideridae*, *Nycteridae* et *Rinolophidae* ont été repérées à proximité des terriers étudiés.

Enfin, l'analyse des agents pathogènes transportés par les espèces fréquentant les terriers a révélé des implications potentielles pour la santé humaine. La présence de familles de bactéries associées à des maladies zoonotiques soulève des préoccupations quant à la transmission des maladies entre les espèces. La nécessité de surveiller ces interactions pour mieux comprendre les risques sanitaires et de conservation est soulignée. En résumé, cette étude offre un aperçu approfondi des rôles, des interactions et des implications des terriers pour la faune et la santé, tout en mettant en lumière les défis liés aux méthodes d'étude et à l'interprétation des résultats.

## 6. Contribution personnelle de l'étudiante

Mon rôle dans ce projet a englobé la supervision du suivi des terriers au moyen de pièges photographiques, de capteurs acoustiques et de collectes de matières fécales, depuis la conceptualisation du dispositif d'échantillonnage jusqu'à la finalisation du rapport. Mes responsabilités comprenaient :

- a) La recherche semi-opportuniste de terriers et le positionnement stratégique des pièges photographiques à leur proximité ;
- b) La caractérisation des terriers et la création de fiches de terrain ;
- c) L'installation et le retrait des pièges photographiques dans la zone d'étude ;
- d) L'installation et le retrait des capteurs acoustiques dans la zone d'étude ;
- e) La collecte de matières fécales sur le terrain ;
- f) L'identification des espèces via Timelapse des enregistrements vidéo effectués par les pièges photographiques aux terriers ;
- g) L'extraction d'ADN des échantillon de crottes;
- h) L'interprétation des résultats obtenus ;
- i) Mobilisation des intervenants pour cette étude ;
- j) La rédaction finale de ce rapport.

## Annexes

LES PRINCIPAUX TYPES DE VÉGÉTATION	LOCALISATION	CARACTÉRISATION	ESPÈCES PRÉDOMINANTES
LA SAVANE HERBEUSE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plateaux cuirassés ou <i>bowé</i></li> <li>- Les bordures de certaines mares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Strate herbacée continue</li> <li>- absence ou rareté des arbustes et des arbres.</li> <li>- riches en individus et pauvres en espèces.</li> </ul>	<p><i>Poaceae</i>, <i>Amaranthaceae</i> et <i>Acanthaceae</i> : <i>Loudetiopsis tristachyoides</i>, <i>Lepidagathis capituliformis</i>, <i>Cyathula pobeguinii</i>.</p> <p>Les genres <i>Andropogon</i> et <i>Pennisetum</i> y sont les plus représentés. D'autres espèces comme <i>Panicum anabaptistum</i> et <i>Vetiveria nigrimana</i> prédominent sur la périphérie des petites dépressions inondées.</p>
SAVANE ARBUSTIVE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plateaux</li> <li>- Pentes des collines.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Strate herbacée continue et parsemée d'arbustes.</li> </ul>	<p><i>Combretaceae</i> : <i>Combretum glutinosum</i>, <i>Combretum nigricans</i>, <i>Terminalia macroptera</i>, <i>T. avicennioides</i> ;</p> <p><i>Strychnos spinosa</i>, <i>Pterocarpus lucens</i>, <i>Gardenia triacantha</i>, <i>Vitex madiensis</i>, <i>Lansea acida</i>.</p> <p>Les graminées communes : <i>andropogon pseudapricus</i>, <i>hyparrhenia dissoluta</i>, <i>schizachyrium semiberbe</i>, <i>Setaria pallidifusca</i>, <i>Digitaria longiflora</i>, <i>Brachiaria distichophylla</i>.</p> <p><i>Cochlospermum tinctorium</i> ( mise en évidence par ses fleurs jaunes qui apparaissent quelques jours après le passage des feux en saison sèche.)</p>
SAVANE ARBORÉE	Plateaux Pentes des collines	Taux de recouvrement du sol (par les arbres) compris entre 5% et 25% (Adam, 1965) avec un tapis herbacé continu (fermé).	<p>Dans les collines Hassirik : <i>Azelia africana</i>, <i>Vitellaria paradoxa</i>, <i>Stereospermum kunthianum</i>, <i>Xeroderis stuhlmanii</i>, <i>Terminalia macroptera</i>, <i>Pterocarpus erinaceus</i>, <i>Burkea africana</i>.</p> <p>Au pied des buttes de la région de Simenti : <i>Erythrophleum africanum</i>, <i>Sterculia setigera</i>, <i>Ficus glumosa</i>, <i>Detarium microcarpum</i>, <i>Bombax costatum</i>, <i>Prosopis africana</i>, <i>Terminalia macroptera</i>. Les lianes les plus observées dans ce type de végétation sont <i>Cissus populnea</i> et <i>Baissea multiflora</i>.</p> <p>La strate herbacée, haute de 1 m à 1,5 m : <i>Dibeteropogon amplexans</i>, <i>A. pseudapricus</i>, <i>Dibeteropogon hagerupii</i>.</p>

SAVANE BOISÉE	Dépressions entre les collines (sols hydromorphes) et en bordure des vallées sur des sols ferrugineux tropicaux lessivés et sur des sols hydromorphes	Présence d'arbres et d'arbustes avec un taux de recouvrement du sol compris entre 25 et 50% (Adam, 1965).	<p>La strate herbacée : <i>Andropogon</i> et <i>Pennisetum</i>. La strate arborée dans les collines Hassirik comprend <i>Azizelia africana</i>, <i>Vitellaria paradoxa</i>, <i>Burkea africana</i>, <i>Pterocarpus erinaceus</i>, <i>Parkia biglobosa</i>, <i>Pericopsis laxiflora</i>, <i>Lannea acida</i>, <i>Cordyla pinnata</i>, <i>Stereospermum kunthianum</i>, <i>Xeroderis stuhlmanii</i>, <i>Terminalia macroptera</i>.</p> <p>La strate ligneuse sur les bas plateaux dans la région de Simenti : <i>Pterocarpus erinaceus</i>, <i>Terminalia macroptera</i>, <i>Erythrophleum africanum</i>, <i>Anogeissus leiocarpus</i>, <i>Bombax costatum</i>, <i>Lannea acida</i>, <i>Combretum glutinosum</i>, <i>Xeroderris stuhlmannii</i>, <i>Vitellaria paradoxa</i> et <i>Hexalobus monopetalus</i>.</p> <p><i>Cissus populnea</i> et <i>Baissea multiflora</i> ( lianes ligneuses )</p>
FORET CLAIRE	Zones de sols profonds dans le lit majeur de certains cours d'eau.	<p>Un taux de recouvrement du sol par les frondaisons des arbres compris entre 50 et 75%. Le couvert des cimes laisse passer les rayons solaires (formation forestière ouverte).</p> <p>La plupart des sujets de la strate ligneuse supérieure atteignent 15 mètres.</p>	<p>Espèces à affinité soudanienne : <i>Pterocarpus erinaceus</i>, <i>Piliostigma thonningii</i>, <i>Pericopsis laxiflora</i>, <i>Anogeissus leiocarpus</i>, <i>Xeroderris stuhlmannii</i>, <i>Prosopis africana</i>, <i>Bombax costatum</i>, <i>Terminalia macroptera</i>, <i>Cordyla pinnata</i>, <i>Sterculia setigera</i>.</p> <p>Espèces guinéennes et soudano-guinéennes y sont présentes : <i>Cola cordifolia</i>, <i>Khaya senegalensis</i>.</p> <p>Les espèces ligneuses : <i>Pterocarpus erinaceus</i>, <i>Piliostigma thonningii</i>, <i>Anogeissus leiocarpus</i>.</p> <p>La strate herbacée : <i>Pennisetum</i>, <i>Andropogon</i>, <i>Hyparrhenia</i>, <i>Schizachyrium</i>.</p> <p>La strate herbacée, discontinue : <i>Pennisetum</i> (<i>P. subangustum</i>), <i>Andropogon</i> (<i>A. pinguipe</i>, <i>A. tectorum</i>), <i>Hyparrhenia</i> (<i>H. archaelymandra</i>), <i>Schizachyrium</i> (<i>S. brevifolium</i>, <i>S. semiberbe</i>), <i>Ceiba pentandra</i>, <i>Pseudospondias microcarpa</i> et <i>Cola cordifolia</i> (atteignent une hauteur de 20 mètres ou plus).</p>
FORET GALERIE	Vallées (SCHNELL, R. 1944), endroits plus humides que les plateaux environnants à cause des conditions pédohydrologiques favorables.	<p>Micro-climat frais et humide, propice au développement d'une flore et d'une végétation particulières.</p> <p>Grande diversité des espèces végétales.</p> <p>Abondance des lianes, grande taille des arbres et</p>	<p>La végétation des berges des cours d'eau : les rôniers (<i>Borassus aethiopum</i>). Les épiphytes et les lianes comme <i>Saba senegalensis</i>, <i>Nauclea latifolia</i>, <i>Combretum tomentosum</i>, <i>Alchornea cordifolia</i>, <i>Paullinia pinnata</i>, <i>Landolphia hendelotii</i>, <i>Strophanthus sarmentosus</i>.</p> <p>Les espèces herbacées sont faiblement représentées : <i>Vetivera nigriflora</i>, <i>Rhytachne triaristata</i>, <i>Commelina diffusa</i>, <i>Melastomastrum capitatum</i>.</p>

		<p>forte densité de la végétation.</p> <p>La base des fûts des arbres est parfois atteinte par l'inondation temporaire engendrée par la crue de certains cours d'eau.</p> <p>Elle est caractérisée par la prédominance des espèces sempervirentes.</p>	<p>Les berges de la Gambie et de ses principaux affluents présentent des espèces ripicoles : <i>Ziziphus amphibia</i>, <i>Salix coluteoides</i>, <i>Cola laurifolia</i>, <i>Garcinia livingstonei</i>, <i>Alchornea cordifolia</i>, <i>Mallotus oppositifolius</i>, <i>Pterocarpus santalinoides</i>, <i>Cynometra vogelii</i>, <i>Symmeria paniculata</i>, <i>Hunteria elliotii</i>, <i>Syzygium guineense</i>, <i>Diospyros elliotii</i>, <i>Christiana africana</i>.</p> <p>Certaines de ces espèces comme <i>Ziziphus amphibia</i> et <i>Salix coluteoides</i> supportent des mois de submersion en période de crue.</p> <p>Lianes à fruits comestibles : <i>Saba senegalensis</i> et <i>Nauclea latifolia</i>,</p> <p>La végétation des berges hautes : <i>Crateva religiosa</i>, <i>Acacia nilotica</i>, <i>Diospyros mespiliformis</i>, <i>Ziziphus mucronata</i>, <i>Dichrostachys cinerea</i>, <i>Celtis integrifolia</i>, <i>Anogeissus leiocarpus</i>. <i>Securinega virosa</i>, <i>Cassia tora</i>, <i>Luffa aegyptiaca</i> sont des plantes herbacées rencontrées dans ce type de végétation, dominée à certains endroits par les rôniers.</p>
<p>PRAIRIES MARECAGEUSES</p>	<p>Étangs et mares situées dans les lits majeurs de la Gambie et de ses principaux affluents.</p>	<p>Herbes annuelles ou vivaces de plus de 25 cm de haut à recouvrement total, mais dépassant rarement 150 cm au-dessus des eaux.</p>	<p><i>Arundinella nepalensis</i>, <i>Eichhornia natans</i>, <i>Eriochrysis brachypogon</i>, <i>Nymphoides indica</i>, <i>Oryza barthii</i>, <i>Ottelia ulvifolia</i>, <i>Potamogeton nodosus</i> et <i>Vetiveria nigriflora</i>. (graminées)</p> <p><i>Sacciolepis</i>, <i>Echinochloa</i>, <i>Setaria</i>, <i>Leersia</i>, <i>Vetiveria</i>, <i>Panicum</i> et <i>Acroceras</i>.</p> <p>Dans les étangs de Wouring, Siminti, Kountadala <i>Mimosa pigra</i> y forme des fourrés. La même situation est observée avec <i>Mitragyna inermis</i> au niveau des étangs de Oumpanthie (lit abandonné) et de Oudassi. La prolifération de ces deux espèces est un facteur limitant la fonction que jouent ces mares et étangs dans l'alimentation en eau et en herbes fraîches de la faune.</p> <p>Les graminées aquatiques des genres <i>Sacciolepis</i>, <i>Echinochloa</i>, <i>Setaria</i>, <i>Leersia</i>, <i>Vetiveria</i>, <i>Panicum</i>, <i>Acroceras</i> jouent un rôle important dans la nourriture des granivores (ADAM, J.G. 1968). Des terrains marécageux se localisent au niveau de la source de certains cours d'eau. Ils sont colonisés par une végétation marquée par la présence de <i>Mitragyna stipulosa</i> (rare), <i>Elaeis guineensis</i>.</p> <p>Les bordures des étangs sont colonisées par une végétation dominée par <i>Borassus aethiopicum</i> associée à d'autres espèces ligneuses comme <i>Piliostigma thonningii</i>, <i>Anogeissus leiocarpus</i>, <i>Dichrostachys cinerea</i>, <i>Cassia sieberiana</i>, <i>Celtis integrifolia</i>, <i>Combretum</i></p>



LA RÔNERAIE	Les berges, les sols profonds et humides expliquent en grande partie la densité et la bonne structure de ces rôneraies	Le rônier est un palmier qui forme des peuplements denses.  Les fruits de <i>Borassus aethiopum</i> étant consommés par les éléphants, ceux-ci ont joué un rôle important dans la dissémination des semences de cette espèce.	<i>glutinosum</i> , <i>Hexalobus monopetalus</i> , <i>Mitragyna inermis</i> , <i>Saba senegalensis</i> et <i>Caparis tomentosa</i> .  Les mares temporaires situées sur les plateaux cuirassés abritent une végétation aquatique essentiellement composée de <i>Bryaspis lupulina</i> , <i>Adelostigma senegalense</i> , <i>Oryza brachyantha</i> , <i>Burmannia latialata</i> , <i>Nymphaea micrantha</i> et <i>Nymphaea lotus</i> .  <i>Borassus aethiopum</i> (rônier)
BAMBUSAIE	Elles sont plus fréquentes et plus denses sur les sols argilo-sableux des vallées et parfois dans les dépressions situées entre les collines Les bambusaies sont présentes le long du cours du <i>Sinkari Boulou</i> , du <i>Woulou</i> , et sur les pentes des collines du Mont Assirik..	Les peuplements de Bambou ( <i>Oxytenanthera abyssinica</i> )  <i>Oxytenanthera abyssinica</i> forme des touffes de 40 à 50 tiges. Cette graminée qui peut atteindre 7 centimètres de diamètre et 13 mètres de haut meurt après la floraison qui survient lorsque les individus sont âgés de 6 à 8 ans selon les zones et les conditions stationnelles.	Bambou ( <i>Oxytenanthera abyssinica</i> )

Annexe 1 : Les principales types de végétation au Parc National Niokolo Koba (Arbonnier, 2019; Direction des parc nationaux, 2018).

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	Raphiales	Rôneraies	Autre :	
Couverture de la canopée (%)									
<b>Description du terrier :</b>									
Traces d'animaux/grattage ?	Oui				Non				
Nombres de gueules ouvertes			Nombre de gueule bouchées						
Diamètre diagonal des gueule (cm)			Diamètre vertical des gueules (cm)						
Type de terrier	Sableux		Rocheux		Termitière	Terre	Autre :		
	mou	dur							
Présence papillons/insectes	Oui 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 2 : Fiche de terrain pour la caractérisation des gueules de terrier.



*Annexe 3 : échantillon de sol récolté à l'entrée de la gueule d'un terrier pour faire une analyse granulométrique (g\_41).*





Machettes, carnet de notes, fiches de terrain, 1 GPS, 49 pièges photographiques (Bushnell, modèle Core DS-4K (#119987), 49 cartes SD, 294 piles AAA et un mètre ruban souple, une voiture, un filet à papillons (colecons, feuillard en acier et filet) , un appareil photo, 2 Elekon batlogger S2 et 2 SM mini, un endoscope, bâches, 10 tubes de 2mL, 20 tubes de 25mL, javel, éthanol non dénaturé à 97%, pinces, gants chirurgicaux et pipettes.

*Annexe 4 : Matériel utilisé sur le terrain.*



*Annexe 5 : Capteur acoustique SM mini*



*Annexe 6 : Capteur acoustique Elekon batlogger S2*

Famille	Nom latin	nom français	type sonore	FME	LB	Dur	commentaires
<b>Vespertilionidae (20 espèces)</b>							
	GLAUCONYCTERIS POENSIS	Glauconyctère d'Abo	LD FM	?			
	GLAUCONYCTERIS VARIEGATA	Glauconyctère réticulé	LD FM	41.1 kHz	21.1 kHz	2.3 ms	parfois 2sd harmonic
	MYOTIS BOCCAGII	Murin de Du Bocage	LD FM	56.8±0.7 KHz	45.8±2.7 KHz	2.9±0.2 ms	
	NEOROMICIA GUINEENSIS	Vespère de Guinée	FMA	?			
	NEOROMICIA NANA (=nanus)	Vespère naine	FMA	69.4±1.5 KHz	17.8±5.7 kHz	4.6±0.9 ms	
	NEOROMICIA RENDALLI	Vespère de Rendall	FMA	42-44 KHz	+34 kHz		
	NEOROMICIA SOMALICA	Vespère de Somalie	FMA	35 KHz	35 KHz		
	NEOROMICIA TENUJIPINNIS	Vespère à ailes blanches	FMA	37 KHz	25 kHz	1.5 ms	
	NYCTICEINOPS SCHLIEFFENI	Vespère de Schlieffen	FMA	42.5±0.3 KHz	16.1±1.3 KHz	3.5±0.2 ms	parfois 2 et 3emeharmonic
	PIPISTRELLUS NANULUS	Pipistrelle minuscule	FMA	45.8 KHz ?		2.9 ms	
	PIPISTRELLUS RUEPELLII	Pipistrelle de Rueppel	FMA	37.3±0.8 kHz	27.1±3.4 kHz	7±1 ms	
	PIPISTRELLUS RUSTICUS	Pipistrelle rouille	FMA	55.7±2.9 kHz	15.9±7.6 kHz	4.5±2.2 ms	
	SCOTOECUS ALBIGULA	Scotoèque	FMA	39.9±0.3 kHz	17.3±9.2 KHz	4.2±0.1 ms	proche de S. Hindei
	SCOTOECUS ALBOFUSCUS	Scotoèque à ailes pâles	FMA	39.3 KHz	24 KHz	3.3 ms	
	SCOTOECUS HINDEI	Scotoèque à ailes sombres	FMA	39.9±0.3 kHz	17.3±9.2 KHz	4.2±0.1 ms	Proche de S. Albigula
	SCOTOPHILUS HIRUNDO	Scotoèque à ailes sombres	FMA	32-34 KHz	2 KHz	5-6 ms	
	SCOTOPHILUS DINGANII	Scotophile de Dingane	LD FM	33.6±1.3 kHz	16.8±4.9 kHz	4.9±0.6 ms	
	SCOTOPHILUS LEUCOGASTER	Scotophile à ventre blanc	not been recorded.	?	?	?	
	SCOTOPHILUS NIGRITA	Scotophile de Schreber	not been recorded.	?	?	?	
	SCOTOPHILUS VIRIDIS	Scotophile verdâtre	LD FM	40 kHz ± x kHz	25 KHz ± x kHz	10 ms	
<b>Pteropodidae (6 espèces)</b>							
	ROUSETTUS AEGYPTIACUS	Rousette d'Egypte	Clic - primitive form of echolocation	10 KHz-60KHz	50KHz		Claquement de langue
	EIDOLON HELVUM	Rousette paillée d'Afrique	pas d'écholocation				La Rousette paillée africaine, Rousette jaune, ou encore Rousette des palmiers africaine est une espèce de grandes chauves-souris frugivore d'Afrique.
	EPOMOPS BUETTIKOFERI	Epomophore de Büttikofer	pas d'écholocation				
	EPOMOPHORUS GAMBIANUS	Epomophore de Gambie	pas d'écholocation				
	MICROPTEROPUS PUSILLUS	Petit Epomophore	pas d'écholocation				le Microptère de Peters ou encore la Chauve-souris frugivore à épaulettes de Peters, est une espèce de chauves-souris de la famille des Pteropodidae et du genre Micropteropus.
	MYONYCTERIS ANGOLENSIS	Rousette de l'Angola	pas d'écholocation				La Rousette de l'Angola, ou Chauve-souris soyeuse (=Rousettus angolensis)

Annexe 7 : Guide Acoustique pour l'Identification des Espèces de Chauves-Souris au Sénégal (Animalia, 2023; Don E. & Russell A., 2019; Monadjem et al., 2020).



Famille	Nom latin	nom français	type sonore	FME	LB	Dur	commentaires
<b>Molossidae (5 espèces)</b>							
	MOPS CONDYLURUS	Tadaride D'Angola	LD-QCF	17.8 kHz	12 kHz	15 ms,	
	CHAEREPHON PUMILUS	Petite Tadaride	LD-QCF	25.6±1.5 kHz	15.7±2.3 kHz	12.4±0.9 ms	Le Phyllante pumilus, Chaerephon pumilus (a) est une espèce de chauve-souris de l'Afrique subsaharienne. Elle est parmi les espèces les plus répandues et communes du genre. On l'appelle communément petite chauve-souris à queue libre.
	MOPS MIDAS	Tadaride midas	LD-QCF	14 KHz		10-15 ms	
	CHAEREPHON MAJOR	Tadaride à oreillettes	LD-QCF	33 KHz			
	MYOPTERUS DAUBENTONII	Tadaride de Daubenton	LD-QCF	?			not been recorded.
<b>Rhinolophidae (5 espèces)</b>							
	RHINOLOPHUS FUMIGATUS	Rhinolophe de Rüppell	FM-FC-FM	53.7±1 kHz			
	RHINOLOPHUS LANDERI	Rhinolophe de Lander	FM-FC-FM	107.3±2 kHz			
	RHINOLOPHUS DENTI	Rhinolophe de Dent	FM-FC-FM	83.9±0.6 KHz			
	RHINOLOPHUS GUINEENSIS	Rhinolophe de Guinée	FM-FC-FM	85 KHz			
	RHINOLOPHUS ALCYONE	Rhinolophe alcyone	FM-FC-FM	87 kHz			
<b>Nycteridae (5 espèces)</b>							
	NYCTERIS GRANDIS	Grand Nyctère	multi-harmonic LD-FM	20±1 kHz	24±0.3 kHz	3.5±0.7 ms	with additional peaks at around 40, 62 and 84 kHz
	NYCTERIS THEBAICA	Nyctère de Thébaïde	multi-harmonic LD-FM	90±1.3 kHz	30.2±1.9 kHz		with additional peaks at around 50, 73 and 113 kHz)
	NYCTERIS HISPIDA	Nyctère hérissé	multi-harmonic LD-FM	80.8±1 kHz	22±0.3 kHz	2±0.1 ms	with additional peaks at around at around 40 and 60 kHz)
	NYCTERIS MACROTIS	Nyctère de Dobson	multi-harmonic LD-FM	89±13.2 kHz	29.3±0.4 kHz	1.2±0.5 ms	with additional peaks at around 29, 49 and 70 kHz)
	NYCTERIS GAMBIENSIS	Nyctère de Gambie	multi-harmonic LD-FM	?			not been recorded.
<b>Hipposideridae (5 espèces)</b>							
	ASELLA TRIDENS	Asellia trident	FC-FM	115-120 KHz			Le Trident du désert (Asellia tridens) est une espèce de chauve-souris de la famille des Hipposideridae.
	HIPPOSIDEROS RUBER	Phyllorhine de Noack	FC-FM	136.6±2.7 KHz		4.8±0.5 ms	
	DORYRHINA CYCLOPS	Phyllorhine cyclope	FC-FM	60 KHz			= Hipposideros cyclops
	MACRONYCTERIS GIGAS	Phyllorhine géante	FC-FM	54-56 kHz			= Hipposideros gigas
	HIPPOSIDEROS TEPHRUS	Phyllorhine cendrée	FC-FM	140-150 KHz			
<b>Emballonuridae (3 espèces)</b>							
	TAPHOZOUS NUDIVENTRIS	Taphien à ventre nu	multi-harmonic HD-QCF	?	?	?	
	TAPHOZOUS MAURITIANUS	Taphien de Maurice	multi-harmonic HD-QCF	25.9±0.9 kHz	2.8±0.9 KHz	7.4±0.6 ms	
	TAPHOZOUS PERFORATUS	Taphien perforé	multi-harmonic HD-QCF	?	?	?	
<b>Megadermatidae (1 espèces)</b>							
	Lavia frons	Mégaderme à ailes orangées	multi-harmonic LD-FM	37.5±1 kHz	24±0.3 kHz	3.5±0.7 ms	with additional peaks at around 18, 53 and 72 kHz
<b>Rhinopomatidae (2 espèces)</b>							
	Rhinopoma microphyllum	Grand Rhinopome	multi-harmonic HD-QCF (max 2sd harmonic 27.31 KHz				Rhinopoma microphyllum Le Grand rhinopome (Rhinopoma microphyllum) est une espèce de chauve-souris de la famille des Rhinopomatidae.
	Rhinopoma cystops	Rhinopome d'Egypte	multi-harmonic HD-QCF (max 2sd harmonic 32.5 +/- 5 kHz			4.5-12 ms	max energy on 2sd harmonic

Annexe 8 : Guide Acoustique pour l'Identification des Espèces de Chauves-Souris au Sénégal (Animalia, 2023 ; Don E. & Russell A., 2019 ; Monadjem et al., 2020).

**Granulo juillet  
2023**

ID	ID_GP	Description	>2mm (%)	Pesée	Argile (g/L)	Sable (g)	A (%)	L (%)	S (%)
1	g_9	TFE Senegal - sable gris		37,11	3	32,48	8,1	4,4	87,5
2	g_20	TFE Senegal - sable brun		19,81	3	14,15	15,1	13,4	71,4
3	g_34	TFE Senegal - latérite rose		38,06	10	21,88	26,3	16,2	57,5
4	g_40	TFE Senegal - sable brun + résidus		17,16	5,5	8,8	32,1	16,7	51,3
5	g_50	TFE Senegal - latérite rose	36%	21,05	9,5	9,23	45,1	11,0	43,8

*Annexe 9 : Analyse granulométrique des cinq échantillon de sol pris à l'entrée de cinq gueule de terrier différentes.*

Espèces	1	2	3	N	RAI
<i>Cephalopbus rufilatus</i>	11	0	0	11	2,1
<i>Ceropithecus patas</i>	6	6	2	14	2,7
<i>Ceropithecus sabaceus</i>	2	0	2	4	0,8
<i>Chiroptera</i>	7	21	39	67	13,3
<i>Coracias abyssinicus</i>	1	0	0	1	0,2
<i>Cricetomys gambianus</i>	4	2	3	9	1,7
<i>Crocota 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>Eaocerus erythropus</i>	15	2	0	17	3,3
<i>Felis serval</i>	1	0	0	1	0,2
<i>Francolinus 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>Ichneumia albicanda</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>Lamprotornis chalybaeus</i>	1	0	0	1	0,2
<i>Laniarius barbarus</i>	0	1	0	1	0,2
<i>Malaconotus blancboti</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 meleagris</i>	41	33	41	115	22,1
<i>Oendicnème 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>Phascocoercus 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>Ptilophachus petrosus</i>	7	2	7	16	3,1
<i>Rodentia</i>	4	0	0	4	0,8
<i>Sylvicapra grimmia</i>	0	1	0	1	0,2
<i>Tchiagra 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 10 : 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.

<b>Espèce 1</b>	<b>Espèce 2</b>
<i>Cercopithecus.sabaceus</i>	<i>Numida.meleagris</i>
<i>Cercopithecus.sabaceus</i>	<i>Orycteropus.afer</i>
<i>Numida.meleagris</i>	<i>Orycteropus.afer</i>
<i>Numida.meleagris</i>	<i>Phacochoerus.africanus</i>
<i>Numida.meleagris</i>	<i>Ptilophachus.petrosus</i>
<i>Numida.meleagris</i>	<i>Cercopithecus.patas</i>
<i>Numida.meleagris</i>	<i>Papio.papio</i>
<i>Numida.meleagris</i>	<i>Turdoides.reinwardtii</i>
<i>Numida.meleagris</i>	<i>Mungos.mungo</i>
<i>Numida.meleagris</i>	<i>Eremomela.pusilla</i>
<i>Orycteropus.afer</i>	<i>Phacochoerus.africanus</i>
<i>Orycteropus.afer</i>	<i>Papio.papio</i>
<i>Orycteropus.afer</i>	<i>Chiroptera</i>
<i>Orycteropus.afer</i>	<i>Mellivora.capensis</i>
<i>Orycteropus.afer</i>	<i>Viverra.civetta</i>
<i>Phacochoerus.africanus</i>	<i>Papio.papio</i>
<i>Phacochoerus.africanus</i>	<i>Chiroptera</i>
<i>Phacochoerus.africanus</i>	<i>Mellivora.capensis</i>
<i>Phacochoerus.africanus</i>	<i>Viverra.civetta</i>
<i>Ptilophachus.petrosus</i>	<i>Papio.papio</i>
<i>Ptilophachus.petrosus</i>	<i>Turdoides.reinwardtii</i>
<i>Ptilophachus.petrosus</i>	<i>Eremomela.pusilla</i>
<i>Cercopithecus.patas</i>	<i>Mungos.mungo</i>
<i>Cercopithecus.patas</i>	<i>Eremomela.pusilla</i>
<i>Papio.papio</i>	<i>Turdoides.reinwardtii</i>
<i>Chiroptera</i>	<i>Mungos.mungo</i>
<i>Chiroptera</i>	<i>Cricetomys</i>
<i>Chiroptera</i>	<i>Hystrix.cristata</i>
<i>Chiroptera</i>	<i>Malaconotus.blanchoti</i>
<i>Chiroptera</i>	<i>Mellivora.capensis</i>
<i>Chiroptera</i>	<i>Viverra.civetta</i>
<i>Mungos.mungo</i>	<i>Eremomela.pusilla</i>
<i>Cricetomys</i>	<i>Mellivora.capensis</i>

Annexe 11 : La liste des 33 co-occurrences établies lors du suivi des gueules de terriers

## Bibliographie

- André, A., Mouton, A., Milien, V., & Michaux, J. (2023). *The microbiome of P. leucopus, a notable reservoir host species for emerging infectious diseases in North America*.
- Animalia. (2023). *Bats of Senegal*. <https://www.animalia.bio/lists/country/bats-of-senegal>
- 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>
- Artois, M. (2021). *Recueil de fiches sur les zoonoses liées aux rongeurs, potentiellement détectées dans le cadre du projet Biodiversa BioRodDis*. [https://www6.inrae.fr/biodiversa-bioroddis\\_fre/content/download/3599/35021/version/1/file/Livret-Zoonoses.pdf](https://www6.inrae.fr/biodiversa-bioroddis_fre/content/download/3599/35021/version/1/file/Livret-Zoonoses.pdf)
- Auffray, J.-C., Blasdel, K., Bordes, F., Chabé, 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., Herbretau, V., Hugot, J.-P., Jiyipong, T., ... Xuéreb, A. (2006). *Protocols for field and laboratory rodent studies*. Vincent Herbretau<sup>1,2,3</sup>, Sathaporn Jittapalpong<sup>4</sup>, Worawut Rerkamnuaychoke, Yannick Chaval, Jean-François Cosson and Serge Morand.
- Barnard, K. (2020). *Diversity and Ecology of Astroviruses in South African Bats* [Thesis, Stellenbosch : Stellenbosch University]. <https://scholar.sun.ac.za:443/handle/10019.1/108357>
- Bennett, E. L., & Robinson, J. G. (2000). *Hunting of Wildlife in Tropical Forests : Implications for Biodiversity and Forest Peoples*. <http://hdl.handle.net/10986/18297>
- Bhattarai, S., Khatiwada, A., Wright, W., Kunkel, K., Khatiwada, M., Waterman, C., Baral, H., Pokheral, C., & Dalerum, F. (2022). Human influence on burrow activity of the Chinese pangolin in Nepal. *Wildlife Research*. <https://doi.org/10.1071/WR21024>
- 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 Sensing in Ecology and Conservation*, 8(2), 180-190. <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. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.09.007>
- Bridges, A., Fox, J., Olfenbittel, C., & Vaughan, M. B. (2004). American black bear denning behavior : Observations and applications using remote photography. *Wildlife Society Bulletin*, 32, 188-193.
- Browning, E., Gibb, R., Glover-Kapfer, P., & Jones, K. (2017). *Passive acoustic monitoring in ecology and conservation*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18158.46409>
- Bruce, T., Kamta, R., Tabue Mbobda, R. B., Kanto, S., Djibrilla, D., Moses, I., Deblauwe, V., Njabo, K., LeBreton, M., Ndjassi, C., Barichievy, 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. <https://doi.org/10.1177/1940082917749224>
- Cantas, L., & Suer, K. (2014). Review : The Important Bacterial Zoonoses in “One Health” Concept. *Frontiers in Public Health*, 2. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2014.00144>
- 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. *Journal of Clinical Microbiology*, 44(9), 3377-3380. <https://doi.org/10.1128/jcm.00784-06>

- Charbonnel, N. (2021). *Nom du site—Rongeurs, pathogènes et zoonoses*. [https://www6.inrae.fr/biodiversa-bioroddis\\_fre/Projet-BioRodDis/Rongeurs-pathogenes-et-zoonoses](https://www6.inrae.fr/biodiversa-bioroddis_fre/Projet-BioRodDis/Rongeurs-pathogenes-et-zoonoses)
- Chayet, D. (2019, mai 15). *La chasse aux blaireaux dans le collimateur des associations*. LEFIGARO. <https://www.lefigaro.fr/sciences/la-chasse-aux-blaireaux-dans-le-collimateur-des-associations-20190515>
- Cleaveland, S., Haydon, D. T., & Taylor, L. (2007). Overviews of Pathogen Emergence : Which Pathogens Emerge, When and Why? In J. E. Childs, J. S. Mackenzie, & J. A. Richt (Éds.), *Wildlife and Emerging Zoonotic Diseases : The Biology, Circumstances and Consequences of Cross-Species Transmission* (Vol. 315, p. 85-111). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-70962-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-540-70962-6_5)
- 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).
- Coppola, F., Maestrini, M., Berrilli, F., Guadano Procesi, I., Felicioli, A., & Perrucci, S. (2020). First report of *Giardia duodenalis* infection in the crested porcupine (*Hystrix cristata* L., 1758). *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2020.01.006>
- Dekeyser, P.-L., & Villiers, A. (1956). Deux missions zoologiques au parc national du Niokolo-Koba. *Revue d'Écologie (La Terre et La Vie)*, 10(2), 64-76. <https://doi.org/10.3406/rev.1956.3817>
- 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. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(14\)60569-7](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(14)60569-7)
- Direction des parc nationaux. (2018). *Plan d'Aménagement et de Gestion du Parc National du Niokolo Koba et de sa périphérie, 2019-2023*.
- Don E., W., & Russell A., M. (2019). *Mammals of the world—Volume 9*.
- Dupuis-Désormeaux, M., Davidson, Z., Mwololo, M., Kisio, E., & Macdonald, S. (2016). Usage of Specialized Fence-Gaps in a Black Rhinoceros Conservancy in Kenya. *African Journal of Wildlife Research*, 46. <https://doi.org/10.3957/056.046.0022>
- 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/UNIC/UNICEF/WB. <http://www.fao.org/docrep/011/aj137e/aj137e00.htm>
- Fargeot, C. (2013). *La chasse commerciale en Afrique centrale : Une menace pour la biodiversité ou une activité économique durable? : Le cas de la république centrafricaine*.
- Ferreras, P., Francisco, D.-R., Alves, P., & Monterroso, P. (2016). Optimizing camera-trapping protocols for characterizing mesocarnivore communities in south-western Europe. *Journal of Zoology, In press*. <https://doi.org/10.1111/jzo.12386>
- Fonteyn, D., Doucet, J.-L., Fayolle, A., Monseur, A., Quevauvillers, S., Holvoet, J., Poulain, F., Delame, H., Peeters, Q., & Vermeulen, C. (2021). *FauneFAC, la boîte à outils méthodologique pour la mise en place d'inventaires par pièges photographiques*. Faunefac. <https://www.gembloux.ulg.ac.be/faunefac/>
- Froidevaux, J. S. P. (2013). *Master thesis 2013. Optimising the acoustic sampling for forest bat inventories*. [https://www.academia.edu/8917072/Master\\_thesis\\_2013\\_Optimising\\_the\\_acoustic\\_sampling\\_for\\_forest\\_bat\\_inventories](https://www.academia.edu/8917072/Master_thesis_2013_Optimising_the_acoustic_sampling_for_forest_bat_inventories)
- 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 Montréal. *The Canadian Veterinary Journal*, 63(5), 486-490.
- Galat, G., & Galat-Luong, A. (1997). *Circulation des virus en milieu tropical, socio-écologie des primates et équilibre des écosystèmes-fdi:010010463- Horizon*. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010010463>



- Galat-Luong, A., & Galat, G. (2016). *Anh Galat-Luong Gérard Galat primatologues 40 ans en Afrique de l'Ouest et du Centre—Niokolo Koba PN*. <https://www.animalscoop.fr/paysages-landscapes-landschaften-végétaux-plants-pflanzen-champignons-index/senegal/niokolo-koba-pn/>
- Galvis, N., Link, A., & Di Fiore, A. (2014). A Novel Use of Camera Traps to Study Demography and Life History in Wild Animals : A Case Study of Spider Monkeys (*Ateles belzebuth*). *International Journal of Primatology*, 35(5), 908-918. <https://doi.org/10.1007/s10764-014-9791-3>
- Glen, A. S., Cockburn, S., Nichols, M., Ekanayake, J., & Warburton, B. (2013). Optimising Camera Traps for Monitoring Small Mammals. *PLOS ONE*, 8(6), e67940. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067940>
- Goh, G. K.-M., Dunker, A. K., Foster, J. A., & Uversky, V. N. (2022). A Study on the Nature of SARS-CoV-2 Using the Shell Disorder Models : Reproducibility, Evolution, Spread, and Attenuation. *Biomolecules*, 12(10), 1353. <https://doi.org/10.3390/biom12101353>
- Goodman, S. J., Smith, J. A., Gorman, T. A., & Haas, C. A. (2018). Longevity of Gopher Tortoise Burrows in Sandy Soils. *Southeastern Naturalist*, 17(3), 531-540.
- Gueye, M., Cauteren, D., Mengual, L., Pellaton, R., Leirs, H., Bertola, L., & Iongh, H. (2022). Conflicts between large carnivores and local pastoralists around Niokolo Koba National Park, Senegal. *European Journal of Wildlife Research*, 68. <https://doi.org/10.1007/s10344-021-01556-5>
- Halpin, K., Hyatt, A. D., Plowright, R. K., Epstein, J. H., Daszak, P., Field, H. E., Wang, L., Daniels, P. W., & Henipavirus Ecology Research Group. (2007). Emerging viruses : Coming in on a wrinkled wing and a prayer. *Clinical Infectious Diseases: An Official Publication of the Infectious Diseases Society of America*, 44(5), 711-717. <https://doi.org/10.1086/511078>
- Hayes, J. P. (1997). Temporal Variation in Activity of Bats and the Design of Echolocation-Monitoring Studies. *Journal of Mammalogy*, 78(2), 514-524. <https://doi.org/10.2307/1382902>
- Hereward, H. F. R., Facey, R. J., Sargent, A. J., Roda, S., Couldwell, M. L., Renshaw, E. L., Shaw, K. H., Devlin, J. J., Long, S. E., Porter, B. J., Henderson, J. M., Emmett, C. L., Astbury, L., Maggs, L., Rands, S. A., & Thomas, R. J. (2021). Raspberry Pi nest cameras : An affordable tool for remote behavioral and conservation monitoring of bird nests. *Ecology and Evolution*, 11(21), 14585-14597. <https://doi.org/10.1002/ece3.8127>
- Hill, A., Piña-Covarrubias, E., Prince, P., & Doncaster, C. P. (2017). (PDF) *AudioMoth : Evaluation of a smart open acoustic device for monitoring biodiversity and the environment*. [https://www.researchgate.net/publication/321798445\\_AudioMoth\\_Evaluation\\_of\\_a\\_smart\\_open\\_acoustic\\_device\\_for\\_monitoring\\_biodiversity\\_and\\_the\\_environment](https://www.researchgate.net/publication/321798445_AudioMoth_Evaluation_of_a_smart_open_acoustic_device_for_monitoring_biodiversity_and_the_environment)
- Holmes, A., Green, G., Morgan, R., & Livezey, K. (2003). Burrowing Owl nest success and burrow longevity in north central Oregon. *Western North American Naturalist*, 63(2). <https://scholarsarchive.byu.edu/wnan/vol63/iss2/11>
- Illumina. (2023). *16S Metagenomic Sequencing Library Preparation. Preparing 16S Ribosomal RNA Gene Amplicons for the Illumina MiSeq System*.
- Isler, M., Wissmann, R., Morach, M., Zurfluh, K., Stephan, R., & Nüesch-Inderbinen, M. (2021). Animal petting zoos as sources of Shiga toxin-producing *Escherichia coli*, *Salmonella* and extended-spectrum  $\beta$ -lactamase (ESBL)-producing *Enterobacteriaceae*. *Zoonoses and Public Health*, 68(2), 79-87. <https://doi.org/10.1111/zph.12798>
- Joint 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>
- Jones, C. G., Lawton, J. H., & Shachak, M. (1994). *Organisms as Ecosystem Engineers*.
- Jones, K., Freeman, R., Rowcliffe, M., Lucas, T., & Moorcroft, E. (2015). A generalised random encounter model for estimating animal density with remote sensor data. *Methods in Ecology and Evolution*, 6.

<https://doi.org/10.1111/2041-210X.12346>

Kershenbaum, A., Blumstein, D. T., Roch, M. A., Akçay, Ç., Backus, G., Bee, M. A., Bohn, K., Cao, Y., Carter, G., Căsar, C., Coen, M., DeRuiter, S. L., Doyle, L., Edelman, S., Ferrer-i-Cancho, R., Freeberg, T. M., Garland, E. C., Gustison, M., Harley, H. E., ... Zamora-Gutierrez, V. (2016). Acoustic sequences in non-human animals : A tutorial review and prospectus. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 91(1), 13-52. <https://doi.org/10.1111/brv.12160>

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. du, Ebang-Mbele, A., Edwards, S., Fairet, E., Frechette, J. L., Garside, A., Gibson, L., Giordano, A., ... Challender, D. W. S. (2019). Pangolins in global camera trap data : Implications for ecological monitoring. *Global Ecology and Conservation*, 20, e00769. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00769>

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

Kingdon, J. (2006). *Mammifères d'Afrique | Delachaux et Niestlé*. <https://www.delachauxetniestle.com/livre/mammiferes-dafrique>

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

Kloepper, L., Linnenschmidt, M., Blowers, Z., Branstetter, B., Ralston, J., & Simmons, J. (2016). Estimating colony sizes of emerging bats using acoustic recordings. *Royal Society Open Science*, 3, 160022. <https://doi.org/10.1098/rsos.160022>

Knöthig, J. (2005). *Biology of the Aardvark*. <https://zuriorphanager.com/wp-content/uploads/2016/01/Biology-of-the-Aardvark-by-Joachim-Kn%C3%B6thig.pdf>

Kondo, A. (2018). Interspecific Burrow Sharing between Mammals in Countryside in Japan. *Mammal Study*, 43(3), 213-218. <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. *Frontiers in zoology*, 10, 48. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-10-48>

Kumar, H., Lokesh, K., Madhavaprasad, C., Shilpa, V., Karabasanavar, N., & Kumar, A. (2013). Occupational zoonoses in zoo and wildlife veterinarians in India : A review. *Veterinary World*, 6(9), 605. <https://doi.org/10.5455/vetworld.2013.605-613>

Lahoz-Monfort, J. J., & Magrath, M. J. L. (2021). A Comprehensive Overview of Technologies for Species and Habitat Monitoring and Conservation. *BioScience*, 71(10), 1038-1062. <https://doi.org/10.1093/biosci/biab073>

Lastovica, A. J., On, S., & Zhang, L. (2014). *The family Campylobacteraceae*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39044-9\\_274](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39044-9_274)

Lebecel, Y. (2021). Time of emergence from the sett of the European Badger (*Meles meles* L.) over a year in Meurthe-et-Moselle (Department of France) by camera-trap. *Bulletin de la Societe Zoologique de France*, 145, 401-411.

Lebourgeois, F. F. (2020). *Le blaireau Européen (Meles meles L.). Synthèse des données européennes concernant la sélection des habitats, la densité des terriers et des populations, les territoires vitaux, le régime alimentaire et les cycles d'activités*. (p. 1) [Report, Université de Lorraine, AgroParisTech, INRAE, Silva ; Groupe d'Etudes des Mammifères de Lorraine]. <https://hal-agroparistech.archives-ouvertes.fr/hal-03120592>

Lee, H., Krinner (France/Germany), Aditi Mukherji (India), Peter Thorne (Ireland/United Kingdom), Christopher, Trisos (South Africa), José Romero (Switzerland), Paulina Aldunce (Chile), Ko Barrett (USA), Gabriel Blanco, (Argentina), William W. L. Cheung (Canada), Sarah L. Connors (France/United Kingdom), Fatima Denton, (The Gambia), Aida Diongue-Niang (Senegal), David Dodman (Jamaica/United Kingdom/Netherlands), Matthias Garschagen (Germany), Oliver Geden (Germany), Bronwyn Hayward (New Zealand), Christopher, Jones (United Kingdom), Frank Jotzo (Australia), Thelma Krug (Brazil), Rodol Lasco (Philippines), June-Yi, Lee (Republic of Korea), Valérie Masson-Delmotte (France), Malte Meinshausen

(Australia/Germany), Katja, Mintenbeck (Germany), Abdalah Mokssit (Morocco), Friederike E. L. Otto (United Kingdom/Germany), Minal Pathak (India), Anna Pirani (Italy), Elvira Poloczanska (UK/Australia), Hans-Otto Pörtner (Germany), Aromar Revi (India), Debra C. Roberts (South Africa), Joyashree Roy (India/Thailand), Alex C. Ruane (USA), Jim Skea (United Kingdom), Priyadarshi R. Shukla (India), Raphael Slade (United Kingdom), Aimée Slangen, (The Netherlands), Youba Sokona (Mali), Anna A. Sörensson (Argentina), Melinda Tignor (USA/Germany), Detlef van Vuuren (The Netherlands), Yi-Ming Wei (China), Harald Winkler (South Africa), Panmao Zhai, Zinta Zommers, Katherine Calvin, & Dipak Dasgupta Gerhard. (2023). *2023—Rapport de synthèse. Climat | Climat*. <https://climat.be/changements-climatiques/changements-observees/rapports-du-giec/2023-rapport-de-synthese>

Lehmann, D., Halbax, 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. *African Journal of Ecology*, *58*(3), 540-542. <https://doi.org/10.1111/aje.12759>

Lemmens, M. (2022). *Etude de la faune mammalienne aux alentours du Niokolodge, Parc National du Niokolo Koba, Sénégal*.

Lescuyer, G., & Nasi, R. (2016). Financial and economic values of bushmeat in rural and urban livelihoods in Cameroon : Inputs to the development of public policy. *The International Forestry Review*, *18*, 93-107.

Lhoest, S., & Fonteyn, D. (2022). *Wildlife monitoring by camera traps*.

Little, E. A. H., & Molaei, G. (2020). Passive Tick Surveillance : Exploring Spatiotemporal Associations of *Borrelia burgdorferi* (Spirochaetales: Spirochaetaceae), *Babesia microti* (Piroplasmida: Babesiidae), and *Anaplasma phagocytophilum* (Rickettsiales: Anaplasmataceae) Infection in *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae). *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, *20*(3), 177-186. <https://doi.org/10.1089/vbz.2019.2509>

Lomolino, M., & Smith, G. (2004). Terrestrial vertebrate communities at black-tailed prairie dog (*Cynomys ludovicianus*) towns. *Biological Conservation*, *115*, 89-100. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00097-1)

Louw, M. A., Haussmann, N. S., & le Roux, P. C. (2019). Testing for consistency in the impacts of a burrowing ecosystem engineer on soil and vegetation characteristics across biomes. *Scientific Reports*, *9*(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55917-x>

Ludwig, B., Kraus, F. B., Allwinn, R., Doerr, H. W., & Preiser, W. (2003). Viral zoonoses—A threat under control? *Intervirology*, *46*(2), 71-78. <https://doi.org/10.1159/000069749>

Machicote, M., Branch, L. C., & Villarreal, D. (2004). Burrowing owls and burrowing mammals : Are ecosystem engineers interchangeable as facilitators? *Oikos*, *106*(3), 527-535. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.13139.x>

Mann, G., O'Riain, J. M., & Parker, D. (2014). The road less travelled : Assessing variation in mammal detection probabilities with camera traps in a semi-arid biodiversity hotspot. *Biodiversity and Conservation*, *24*. <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0834-z>

Mapuru, M., Hansen, C., & Haussmann, N. (2021, septembre 1). *Exploring determinants of aardvark burrow locations at Rietvlei Nature Reserve, South Africa*.

Marques, T. A., Thomas, L., Martin, S. W., Mellinger, D. K., Ward, J. A., Moretti, D. J., Harris, D., & Tyack, P. L. (2013). Estimating animal population density using passive acoustics. *Biological Reviews*, *88*(2), 287-309. <https://doi.org/10.1111/brv.12001>

Matthews, N., Nixon, S., Hardenberg, A. von, Isoke, S., & Geary, M. (2023). Targeting burrows improves detection in giant pangolin *Smutsia gigantea* camera-trap surveys. *Oryx*, 1-9. <https://doi.org/10.1017/S0030605322000692>

Melton. (1976). *The biology of aardvark (Tubulidentata-Orycteropodidae)*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2907.1976.tb00204.x>

Mendenhall, I. H., Smith, G. J. D., & Vijaykrishna, D. (2015). *Ecological Drivers of Virus Evolution : Astrovirus as a Case Study*. *Virology* *89:6978 –6981*.

- Mikola, I., Balogh, G., Nagy, A., Mátyás, M., Glávits, R., & Stipkovits, L. (1997). [Mycoplasma pneumoniae epidemic as zoonosis. *Orvosi hetilap*, 138(46), 2933-2935.
- Milbank, C., & Vira, B. (2022). Wildmeat consumption and zoonotic spillover : Contextualising disease emergence and policy responses. *The Lancet Planetary Health*, 6(5), e439-e448. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00064-X](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00064-X)
- 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 (REV-Revised, 2)*. Wits University Press. <https://doi.org/10.18772/22020085829>
- Moratelli, R., & Calisher, C. (2015). Bats and zoonotic viruses : Can we confidently link bats with emerging deadly viruses? *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 110, 1-22. <https://doi.org/10.1590/0074-02760150048>
- Morse, S. S. (1995). Factors in the Emergence of Infectious Diseases. *Emerging Infectious Diseases*, 1(1), 7-15. <https://doi.org/10.3201/eid0101.950102>
- Mouzoun, S., O.Lougbegnon, T., & Codjia, C. (2018). *Etude de quelques aspects ecologiques de Hystrix cristata dans les réserves de biosphère du Bénin*. [https://www.researchgate.net/profile/Seraphin-Mouzoun/publication/340556584\\_ETUDE\\_DE\\_QUELQUES\\_ASPECTS\\_ECOLOGIQUES\\_DE\\_Hystrix\\_cristata\\_DANS\\_LES\\_RESERVES\\_DE\\_BIOSPHERE\\_DU\\_BENIN/links/5e90965292851c2f529195be/ETUDE-DE-QUELQUES-ASPECTS-ECOLOGIQUES-DE-Hystrix-cristata-DANS-LES-RESERVES-DE-BIOSPHERE-DU-BENIN.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Seraphin-Mouzoun/publication/340556584_ETUDE_DE_QUELQUES_ASPECTS_ECOLOGIQUES_DE_Hystrix_cristata_DANS_LES_RESERVES_DE_BIOSPHERE_DU_BENIN/links/5e90965292851c2f529195be/ETUDE-DE-QUELQUES-ASPECTS-ECOLOGIQUES-DE-Hystrix-cristata-DANS-LES-RESERVES-DE-BIOSPHERE-DU-BENIN.pdf)
- 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. <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. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.02.003>
- Narro, C., Zinsstag, J., & Tiongo, M. (2012). A One Health Framework for Estimating the Economic Costs of Zoonotic Diseases on Society. *Ecobhealth*, 9(2), 150-162. <https://doi.org/10.1007/s10393-012-0747-9>
- Ngama, S. (2015). Analyse quantitative de la consommation en viande de brousse en vue d'une gestion durable de la faune sauvage au Gabon. *Tropicicultura*, NS, 12-23.
- Nioko Lodge. (2023). Le Parc National du Niokolo-Koba. *Nioko Lodge*. <https://niokolodge.sn/le-parc-national-du-niokolo-koba/>
- Nowakowski, K., Ważna, A., Kurek, P., Cichocki, J., & Gabryś, G. (2020). Reproduction success in European badgers, red foxes and raccoon dogs in relation to sett cohabitation. *PLOS ONE*, 15(8), e0237642. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237642>
- Organisation Mondiale de la Santé. (2019). *Dracunculose (maladie du ver de Guinée)*. [https://www.who.int/fr/news-room/facts-in-pictures/detail/dracunculiasis-\(guinea-worm-disease\)](https://www.who.int/fr/news-room/facts-in-pictures/detail/dracunculiasis-(guinea-worm-disease))
- Panthera. (2023). *Senegal*. Panthera. <https://panthera.org/panthera-senegal>
- Papai, S. (2020). *Mapping the African Bushmeat Crisis*. Earth.Org. [https://earth.org/data\\_visualization/mapping-the-african-bushmeat-crisis/](https://earth.org/data_visualization/mapping-the-african-bushmeat-crisis/)
- Paquot, A., & Libois, R. (1986). Etude des critères d'implantation du terrier chez le renard roux (*Vulpes vulpes*) au Pays de Liège. *Cabiers d'Ethologie*, 6(1). <https://orbi.uliege.be/handle/2268/113337>
- Pedroli, S., Kobisch, M., Beauchet, O., Chaussinand, J.-P., & Lucht, F. (2003). [Streptococcus suis bacteremia]. *Presse Medicale (Paris, France: 1983)*, 32(13 Pt 1), 599-601.
- Pietersen, D. W., McKechnie, A. E., & Jansen, R. (2014a). *Home range, habitat selection and activity patterns of an arid-zone population of Temminck's ground pangolins*. 49(2).

- Pietersen, D. W., McKechnie, A. E., & Jansen, R. (2014b). Home Range, Habitat Selection and Activity Patterns of an Arid-Zone Population of Temminck's Ground Pangolins, *Smutsia temminckii*. *African Zoology*, *49*(2), 265-276. <https://doi.org/10.3377/004.049.0215>
- Pimm, S. L., Alibhai, S., Bergl, R., Dehgan, A., Giri, C., Jewell, Z., Joppa, L., Kays, R., & Loarie, S. (2015). Emerging Technologies to Conserve Biodiversity. *Trends in Ecology & Evolution*, *30*(11), 685-696. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.08.008>
- Rabeil, T., Pavla, H., Malla Gueye, M., Greffrath, R., & Cornut, D. (2018). *Inventaire combiné terrestre et aérien Parc National du Niokolo-Koba, Sénégal*.
- 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>
- Ripple, W. J., Abernethy, K., Betts, M. G., Chapron, G., Dirzo, R., Galetti, M., Levi, T., Lindsey, P. A., Macdonald, D. W., Machovina, B., Newsome, T. M., Peres, C. A., Wallach, A. D., Wolf, C., & Young, H. (2016). Bushmeat hunting and extinction risk to the world's mammals. *Royal Society Open Science*, *3*. <https://doi.org/10.1098/rsos.160498>
- Robinson, J., & Bennett, E. (2000). Carrying capacity limits to sustainable hunting in tropical forests. In *Hunting for sustainability in tropical forests* (p. 13-30).
- Rosenthal, G. G., & Ryan, M. J. (2000). Visual and acoustic communication in non-human animals : A comparison. *Journal of Biosciences*, *25*(3), 285-290. <https://doi.org/10.1007/BF02703937>
- Rozenbaum, M. (2021, novembre 3). Zoos : Les rongeurs jouent un rôle majeur dans la transmission des zoonoses. *Vétitude*. <https://vetitude.fr/zoos-les-rongeurs-jouent-un-role-majeur-dans-la-transmission-des-zoonoses/>
- Schweinfurth, M. K., Stieger, B., & Taborsky, M. (2017). Experimental evidence for reciprocity in allogrooming among wild-type Norway rats. *Scientific Reports*, *7*(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03841-3>
- Siren, A., & Machoa, J. (2008). Fish, wildlife, and human Nutrition in tropical forests : A fat gap? *Interciencia*, *33*, 186-193.
- Skinner, J. (2003). Activity patterns, home ranges and burrow use of aardvarks (*Orycteropus afer*) in the Karoo. *Journal of Zoology*, *261*, 291-297. <https://doi.org/10.1017/S0952836903004217>
- Sonnino, S. (1998). *Spatial activity and habitat use of crested porcupine, *Hystrix cristata* L., 1758 (Rodentia, Hystricidae) in central Italy*. *62*(2), 175-190. <https://doi.org/10.1515/mamm.1998.62.2.175>
- Suuri, B., Baatargal, O., Badamdorj, B., & Reading, R. P. (2021). Assessing wildlife biodiversity using camera trap data on the Mongolian marmot (*Marmota sibirica*) colonies. *Journal of Arid Environments*, *188*, 104409. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104409>
- Tagg, N., Willie, J., Duarte, J., Petre, C.-A., & Fa, J. E. (2015). Conservation research presence protects : A case study of great ape abundance in the Dja region, Cameroon. *Animal Conservation*, *18*(6), 489-498. <https://doi.org/10.1111/acv.12212>
- Taylor, M. (2019). *Bats : An Illustrated Guide to All Species*. <https://www.nhbs.com/bats-an-illustrated-guide-to-all-species-book>
- terrier—Définitions, synonymes, conjugaison, exemples | Dico en ligne Le Robert. (2023). <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/terrier>
- van Vliet, N., Muhindo, J., Nyumu, J., Enns, C., Massé, F., Bersaglio, B., Cerutti, P., & Nasi, R. (2022). Understanding Factors that Shape Exposure to Zoonotic and Food-Borne Diseases Across Wild Meat Trade Chains. *Human Ecology: An Interdisciplinary Journal*, *50*(6), 983-995. <https://doi.org/10.1007/s10745-022-00361-1>
- Vermeulen, C. (2022). *Gestion de la faune en milieu tropicale*.

- Wang, Q., Garrity, G. M., Tiedje, J. M., & Cole, J. R. (2007). Naïve Bayesian Classifier for Rapid Assignment of rRNA Sequences into the New Bacterial Taxonomy. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(16), 5261-5267. <https://doi.org/10.1128/AEM.00062-07>
- White, A. M., & Cameron, E. Z. (2009). Communal nesting is unrelated to burrow availability in the common warthog. *Animal Behaviour*, 77(1), 87.
- White, F. (1983). *The Vegetation of Africa; a descriptive memoir to accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa—UNESCO Bibliothèque Numérique*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000058054>
- Whittington-Jones, G. M. (2007). *The role of aardvarks (Orycteropus afer) as ecosystem engineers in arid and semi-arid landscapes of South Africa*. [https://commons.ru.ac.za/vital/access/manager/Repository/vital:5757?site\\_name=Rhodes+University](https://commons.ru.ac.za/vital/access/manager/Repository/vital:5757?site_name=Rhodes+University)
- 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. <https://doi.org/10.3377/004.046.0215>
- Wibbelt, G., Moore, M., Schountz, T., & Voigt, C. (2010). Emerging diseases in Chiroptera : Why bats? *Biology letters*, 6, 438-440. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0267>
- Wilkinson, G. (1984). Reciprocal Food Sharing in the Vampire Bat. *Nature*, 308, 181-184. <https://doi.org/10.1038/308181a0>
- YanHua, W., Khan, M., Xiao, X., & JianPing, C. (2019). Research progress on regulatory mechanism of the VirS/VirR system in Clostridium perfringens. *Chinese Journal of Zoonoses*, 35(10), 934-956.
- Zimmermann, F. (2013). *“Which camera trap type and how many do I need?” A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications*. [https://www.academia.edu/17026107/\\_Which\\_camera\\_trap\\_type\\_and\\_how\\_many\\_do\\_I\\_need\\_A\\_review\\_of\\_camera\\_features\\_and\\_study\\_designs\\_for\\_a\\_range\\_of\\_wildlife\\_research\\_applications](https://www.academia.edu/17026107/_Which_camera_trap_type_and_how_many_do_I_need_A_review_of_camera_features_and_study_designs_for_a_range_of_wildlife_research_applications)