

## RAPPORT FINAL

Suivi des populations animales dans le Parc national de Taï, Côte d'Ivoire  
par caméra à déclenchement automatique

Phases 1 & 2



Préparé par la Wild Chimpanzee Foundation

En collaboration avec l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves



Christophe BOESCH, Anne-Sophie CRUNCHANT,  
Adiko Noël HOUA, Emmanuelle NORMAND

Juillet 2023



## RÉSUMÉ

1. Le Parc national de Taï (PNT) est une réserve de biosphère (depuis 1978) et patrimoine mondial de l'UNESCO (depuis 1982). Cette forêt de 5360 km<sup>2</sup> est située au sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Un programme de suivi écologique à long terme a débuté en 1977 mais la méthode utilisée (transects en ligne) ne permet pas d'obtenir des informations détaillées sur la densité et l'abondance des espèces présentes. Ce rapport présente les résultats de deux phases réalisées par une méthode de biomonitoring récemment mise au point, l'échantillonnage à distance par caméra à déclenchement automatique (ci-après CTDS) en 2020 et 2021-2022 dans le PNT.
2. Pour la phase 1, nous avons créé un design de 291 points répartis de façon systématique sur l'ensemble du PNT et un design de 294 points dont la répartition a été faite en lien avec les transects en lignes des années précédentes pour la phase 2. Un design additionnel de 32 points a également été ajouté dans la zone de recherche/écotourisme pour la phase 2. Les caméras devaient rester sur place environ 3 mois. Nous avons utilisé des cartes d'interpolation pour étudier la distribution spatiale des différentes espèces rencontrées. Nous avons estimé les densités et abondances de 20 espèces par la méthode de CTDS.
3. Au total, nous avons collecté des données exploitables sur 267 points et 186 points, générant un total de 58523 et 49924 vidéos pour les phases 1 et 2, respectivement. Nous avons estimé les densités et abondances de 20 espèces dont celle du chimpanzé (1236 individus – CV=43), de l'éléphant (286 individus, CV=26), du léopard (153 individus, CV=32) et de 7 espèces de céphalophes. La phase 2 a permis de valider la méthode CTDS avec des densités estimées similaires entre les deux phases pour 8 espèces.
4. Un suivi régulier et rigoureux est important pour évaluer les efforts de conservation dans la zone. Au vu des CV associés aux estimations de densités et abondances, nous recommandons d'évaluer l'état du parc avec les espèces pour lesquelles le CV est inférieur à 20%. Compte-tenu du temps nécessaire pour collecter les données et faire son analyse, nous recommandons d'effectuer une nouvelle phase de suivi écologique par caméra à déclenchement automatique tous les trois ans, basée sur la phase 1.

1.	Introduction .....	4
2.	Méthode .....	5
2.1	Site d'étude .....	5
2.2	Installation des caméras à déclenchement automatique.....	6
2.3	Analyse des données.....	8
2.3.1	Codage des vidéos.....	8
2.3.2	Taux de rencontre et distribution spatiale des espèces présentes dans le PNT .....	8
2.3.3	Activité temporelle .....	8
2.3.4	Estimation de la densité par CTDS .....	9
2.3.5	Validation de la méthode CTDS .....	10
3.	Résultats.....	11
3.1	Effort d'échantillonnage et résultats généraux .....	11
3.2	Distribution des espèces présentes dans le PNT .....	15
3.2.1	Primates .....	15
3.2.2	Ongulés .....	17
3.2.3	Carnivores .....	22
3.2.4	Autres espèces .....	25
3.3	Activités temporelles .....	26
3.3.1	Primates .....	26
3.3.2	Ongulés .....	27
3.3.3	Autres espèces .....	28
3.4	Réaction des animaux à la caméra.....	30
3.5	Estimation de la densité par CTDS .....	31
3.6	Validation de la méthode CTDS .....	31
4.	Discussion.....	33
4.1	Mise à jour des estimations des densités de 20 espèces .....	33
4.2	Evaluation de la méthode CTDS.....	38
4.3	Perspectives avec la semi-automatisation du traitement des données .....	40
5.	Conclusion et recommandations .....	40
6.	Références .....	41

## Figures

Figure 1. Placement des points caméras des phases 1 et 2 dans les différents secteurs (Tai, ADK/V6, Soubré, Djouroutou et Djapadji) du PNT .....	7
Figure 2. Zone effective d'étude pour la phase 2. ....	10
Figure 3. Répartition des vidéos en fonction des différents groupes d'espèces pour les phases 1 et 2....	11
Figure 4. Courbes d'activité de la présence de braconniers dans le PNT à partir des événements indépendants pour les phases 1 (N=33) et 2 (N=32). Les histogrammes représentent le nombre de détections indépendantes par heure. Les courbes en pointillés représentent les intervalles de confiance obtenus par bootstraps avec 999 répétitions.....	12
Figure 5. Carte de distribution des indices de braconnage (nombre de vidéos indépendantes de braconniers par 100 jours de déploiement des caméras) de la phase 1. ....	13
Figure 6. Carte de distribution des primates du PNT.....	16
Figure 7. Cartes de distribution des ongulés du PNT.....	21
Figure 8. Carte de distribution des carnivores du PNT .....	24
Figure 9. Carte de distribution des autres espèces du PNT .....	25
Figure 10. Activités des primates du PNT .....	26
Figure 11. Activités des ongulés du PNT .....	28
Figure 12. Activités des autres espèces du PNT.....	29

## Tableaux

Tableau I. Résumé de l'effort d'échantillonnage des phases 1 et 2 .....	11
Tableau II. Nombre total de vidéos, d'événements indépendants (ev. ind.), abondance relative (RAI) et occupation naïve (occ. naïve) des principales espèces capturées dans le PNT.....	14
Tableau III. Catégorie des comportements des animaux à la caméra pour 20 vingt espèces (proportion et nombre des distances radiales). ....	30
Tableau IV. Estimations de la densité et de l'abondance pour 20 espèces clés du PNT (phase 1). ....	31
Tableau V. Estimation de la densité et abondance de onze espèces par CTDS dans le PNT. L'abondance globale de la phase 2 a été extrapolée à partir de la densité globale à l'échelle du parc. L'abondance dans la zone « reste du parc » est l'abondance estimée pour la zone d'étude effective de la phase 2, zone réduite.....	32

## 1. Introduction

Le suivi écologique est essentiel pour déterminer les priorités en matière de conservation et gérer les zones protégées (Nichols & Williams, 2006). Il nous permet d'évaluer quelles espèces sont présentes, leur distribution spatiale, leur taux de rencontre - e.g. nombre d'observations directes ou indirectes par unité de temps ou d'espace (km ou autre) - et leur abondance. Pour comprendre la dynamique des populations d'animaux sauvages et les variations spatiales et temporelles de la diversité biologique, la méthode utilisée est un facteur clé qui doit être pris en compte dans une étude, de même que les spécificités (comportement, densité, etc.) de l'espèce étudiée. Auparavant, les études de biomonitoring étaient réalisées à l'aide d'observations directes sur des transects en ligne. Cependant, certaines espèces rares ou nocturnes ne sont que rarement détectées au cours de ces études, ce qui peut entraîner des biais négatifs dans les estimations de densité. Pour pallier ce problème, des méthodes basées sur les observations indirectes (e.g., crottes, empreintes ou nids) ont été développées. Néanmoins, elles nécessitent des données complémentaires (telles que les taux de production et de décomposition) pour convertir les estimations de l'abondance de signes en abondance d'animaux (e.g., Buckland, 2001 ; Marques et al., 2001 ; Plumptre & Reynolds, 1997). L'obtention de ces données demande cependant souvent beaucoup de travail sur une longue durée et les estimations sont souvent imprécises car elles dépendent de facteurs environnementaux telles que la pluviométrie, température, etc. (Kühl et al., 2008 ; Walsh & White, 2005). Les caméra traps (CTs) sont une solution potentielle à ces problèmes car elles peuvent fournir des preuves directes de la présence d'animaux, sans perturbation humaine (Burton et al., 2015 ; Rovero & Zimmerman, 2016). Le CT nous permet d'estimer la densité, l'abondance et la distribution spatiale des populations de primates et de grands mammifères. Récemment, la méthode d'échantillonnage par distance par point transect a été étendue aux CTs (ci-après camera trap distance sampling, CTDS). Elle a été développée et testée à partir de données collectées dans le Parc national de Taï (PNT) (Cappelle et al., 2019; Howe et al., 2017).

Dans le PNT, situé au sud-ouest de la Côte d'Ivoire, le programme de suivi écologique à long terme a débuté en 1977 (Hoppe-Dominik et al., 2011). Il a commencé par des transects en ligne situés à la périphérie du parc, ce qui rendait difficile l'interprétation et l'extrapolation des résultats à l'ensemble du parc. Par la suite, le design a été modifié en 2005 pour parcourir des transects en ligne couvrant la totalité du parc. Cette méthode a permis d'obtenir des résultats importants au niveau de la répartition spatiale de quelques espèces animales. Cependant, les estimations des densités et abondances étaient limitées aux chimpanzés, éléphants, céphalophes et groupes de singes sans distinction par espèce. En effet, un minimum de 60 à 80 observations est nécessaire pour estimer la densité (Buckland, 2001). Or le nombre

d'observations directes d'animaux est souvent limité, les nids de chimpanzés et autres indices indirects sont difficiles à détecter dans la forêt dense et les facteurs de conversion des indices indirects doivent être mis à jour régulièrement car ils sont dépendant des facteurs environnementaux. Pour pallier ces insuffisances et affiner les estimations de densités et abondances des espèces animales, l'ajout de CTs comme méthode de biomonitoring a été décidé. USAID au travers des programmes "West Africa Biodiversity and Climate Change" (WABiCC) puis "West African Biodiversity and Low Emissions Development" (WABiLED) a financé la WCF pour réaliser deux phases de biomonitoring avec l'utilisation des caméras à déclenchement automatique dans le PNT en appui de l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR), dont les résultats sont présentés dans ce rapport. L'objectif principal de cette étude était de valider la méthode CTDS pour obtenir des données fiables sur l'abondance et la densité des espèces présentes dans le PNT. Plus spécifiquement nous avons voulu 1) cartographier la distribution des différentes espèces présentes dans le PNT, 2) estimer et mettre à jour la densité de 20 espèces, et 3) valider la méthode CTDS avec les deux phases de collecte de données et l'estimation de densités et abondances de onze espèces.

## 2. Méthode

### 2.1 Site d'étude

Les données ont été collectées du 23 mars 2019 au 23 mars 2020 pour la phase 1 et du 7 mai 2021 au 12 août 2022 pour la phase 2, dans le PNT. Réserve de biosphère (depuis 1978) et patrimoine mondial de l'UNESCO (depuis 1982), il est situé au sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Il s'étend entre les latitudes 5°08' et 6°24' Nord et 6°47' et 7°25' Ouest. Cette forêt, qui est une des dernières forêts primaires en Afrique est bordée par les fleuves Cavally et Sassandra, constitue une partie du bloc forestier de la Haute-Guinée qui couvre une vaste superficie allant de la Sierra Leone au Ghana. Avec la Réserve partielle de Faune du N'Zo, le PNT constitue un bloc forestier qui couvre une superficie de 5360 km<sup>2</sup> et fait partie du réseau des aires protégées de Côte d'Ivoire, dont il représente 25 % de la superficie totale. La moyenne annuelle de pluviométrie est d'environ 1800mm (Hoppe-Dominik, 1999). La température moyenne annuelle varie entre 24°C et 28°C. Le PNT abrite au moins 146 espèces de mammifères (Chatelain et al., 2001; Hoppe-Dominik et al., 2011), au moins 250 espèces d'oiseaux (Fishpool, 2001), 56 espèces d'amphibiens et 63 espèces de reptiles (Rödel & Ernst, 2004). Le PNT est entouré de villages qui concentrent une forte population humaine, surtout dans sa partie Est. Du fait de la fertilité du sol dans cette zone forestière, l'immigration de populations allochtones venues d'autres régions de la Côte d'Ivoire mais aussi des pays

limitrophes y est accrue (Koch, 1994). Cette situation entraîne une pression forte sur le parc avec les activités illégales, dont le braconnage et l'orpaillage.

## 2.2 Installation des caméras à déclenchement automatique

Avec le logiciel Distance, un design de 291 points a été créé pour la phase 1. Les points ont été répartis de façon systématique sur l'ensemble du PNT, distants chacun espacés de 4,3km direction nord-sud et 6km direction ouest-est (Figure 1). Pour la phase 2, le design a été différent, avec 294 points dont la répartition a été faite en lien avec les transects en ligne du suivi écologique des années précédentes. Lors de cette seconde phase un design additionnel de 32 points a été ajouté dans la zone de recherche et d'écotourisme dans le secteur Tai pour y affiner les résultats, notamment pour les chimpanzés. En effet lors de la phase 1, 80% des observations totales ont été faites sur trois points dans la zone de recherche. Au total, un design de 326 points a été créé pour la phase 2. La phase 1 a été supervisée par la WCF, tandis que la phase 2 a été supervisée par l'OIPR.

Nous avons utilisé des caméras de type Bushnell TrophyCam et Bushnell Core DS 30MP (angle de vue  $\Theta=38^\circ$ ). Les caméras sont restées en place et actives en moyenne trois mois (92,4 [2-255] jours pour la phase 1 et 104,7 [6-322] jours pour la phase 2). Elles ont été placées dans un rayon de 30 m autour du point théorique pour aider à trouver un arbre avec un DBH d'au moins 10 cm et une visibilité suffisante, à une hauteur d'arbre comprise entre 50 et 60 cm (en fonction de la topographie), direction Nord ( $\pm 20^\circ$ ) pour éviter l'éblouissement et le déclenchement automatique par le soleil. Les caméras ont été réglées pour enregistrer une vidéo d'une minute une fois déclenchée par le passage d'un animal, avec un temps de récupération de 2 secondes entre les vidéos successives. Certaines caméras défectueuses ont enregistré des vidéos de durées inférieures à une minute.

L'estimation de la densité des espèces animales est basée sur les distances radiales i.e. les distances de l'animal par rapport à la caméra. Pour pouvoir manuellement estimer la distance à laquelle se trouve chaque animal, nous avons enregistré des vidéos de référence. Pour cela un panneau indiquant la distance (de 1 à 15m) a été montré par une personne se trouvant devant la caméra au centre, à gauche et à droite de la zone de détection. Un décimètre a été placé préalablement au sol pour indiquer la distance précise.

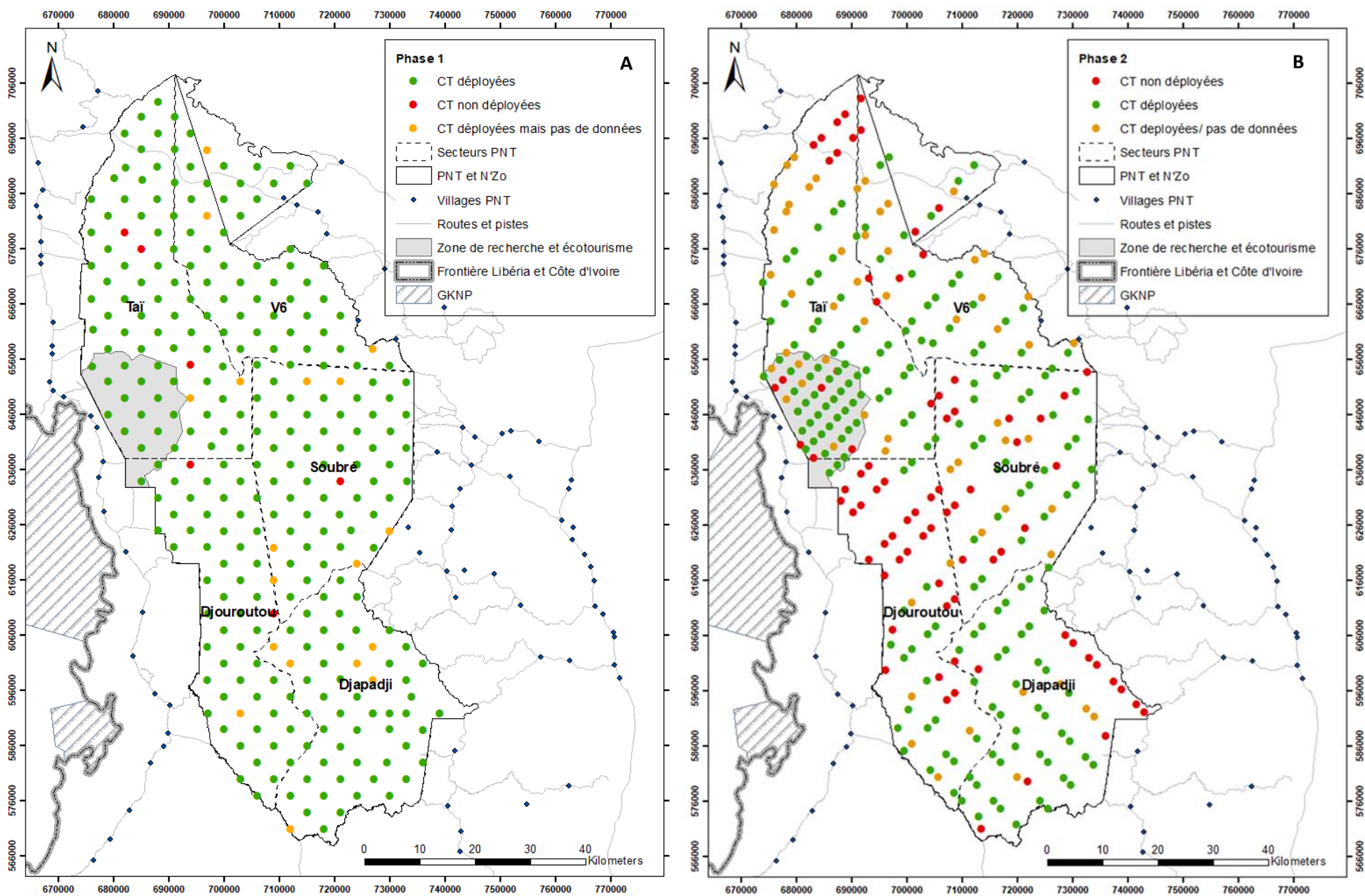


Figure 1. Placement des points caméras des phases 1 et 2 dans les différents secteurs (Tai, ADK/V6, Soubré, Djouroutou et Djapadji) du PNT



## 2.3 Analyse des données

### 2.3.1 Codage des vidéos

Toutes les analyses ont été faites manuellement. Les informations de chaque vidéo enregistrée ont été renseignées dans des bases de données Excel pour chacune des phases. Deux types de base de données ont été créés : une pour l'identification des espèces et une autre pour l'estimation des distances radiales par espèce.

Pour la base de données « identification », les informations suivantes ont été rentrées : informations générales sur la vidéo (secteur, numéro du point caméra, nom du dossier dans lequel la vidéo a été enregistrée et nom de la vidéo, date et heure, habitat et coordonnées GPS du point caméra, durée de la vidéo, hauteur à laquelle la caméra a été placée, présence ou non d'arbres fruitiers et d'indices d'activités humaines illégales autour du point caméra) et les informations sur l'espèce présente dans la vidéo (noms communs et scientifiques, nombre d'objets, sexe des individus et commentaires généraux). Une ligne correspond à une espèce présente dans une vidéo. Dans le cas où plusieurs espèces étaient présentes dans une vidéo, une nouvelle ligne avec les mêmes informations générales de la vidéo a été créée pour chaque nouvelle espèce.

Pour la base de données « distances », les informations suivantes ont été rentrées : informations générales de la vidéo (comme précédemment), la seconde à laquelle l'observation est faite et la distance. Parce qu'estimer précisément la distance à laquelle l'animal se situe est compliqué, un intervalle a été utilisé : de 1m en 1m de 0 jusqu'à 8m puis de 8 à 10, 10 à 12m et de 12 à 15m. La distance renseignée dans le fichier d'analyse de la densité correspond à la distance médiane de l'intervalle (par exemple 0,5, 1,5... 9, 11 et 13,5m). Une colonne pour préciser si l'animal réagissait à la caméra et quel type de comportement a également été ajoutée. Une base de données « distances » a été créée pour chacune des espèces pour lesquelles une estimation de la densité était possible.

### 2.3.2 Taux de rencontre et distribution spatiale des espèces présentes dans le PNT

L'abondance relative de chaque espèce a été calculée selon la formule suivante :

$$RAI = \frac{\text{Nombre d'événements indépendants}}{\# \text{ total de jours} - \text{caméra}}$$

Les cartes de distribution des différentes espèces ont été obtenues par interpolation (d'après la méthode IDW, Inverse Distance Weight) avec l'outil d'analyse spatiale dans ArcMap 10.8, à partir des données d'abondance relative de la phase 1.

### 2.3.3 Activité temporelle

Pour évaluer la période à laquelle les animaux sont actifs et donc détectables par la caméra, nous avons déterminé l'activité *A* (Rowcliffe et al., 2014). Le comportement des animaux peut les empêcher d'être détectés par une CT

(par exemple, les animaux se reposent pendant une partie de la journée et restent immobiles pendant une longue période ou ne bougent pas suffisamment pour déclencher les CT).  $A$  est estimée à partir d'événements indépendants (définis ici comme des vidéos qui ont enregistré la même espèce à la même caméra et le même jour, avec des vidéos se produisant à plus de 15 minutes l'une de l'autre), et a déterminé en utilisant la shiny application Activity<sup>1</sup>.

#### 2.3.4 Estimation de la densité par CTDS

La densité a été estimée par la méthode CTDS dans le logiciel R avec le package "Distance" (Miller et al., 2019), avec l'équation suivante (Howe et al., 2017) :

$$\hat{D} = \frac{\sum_{k=1}^K n_k}{\pi w^2 \sum_{k=1}^K e_k \widehat{P}_k} \frac{1}{A}$$

Où  $n_k$  est le nombre d'animaux détectés au point  $K$ ,  $w$  le rayon de la zone,  $\widehat{P}_k$  la probabilité de détection dans  $w$  et  $e_k$  l'effort au point  $k$  défini comme suit :

$$e_k = \frac{\theta_k T_k}{2\pi t}$$

Où  $T_k$  est la durée de l'échantillonnage au point  $k$  (en secondes),  $t$  est le temps entre les snapshots (ici, 2 secondes) et  $\theta$  l'angle de vue de la caméra (38°).

$A$  est l'activité temporelle, définie plus haut (2.3.3).

Les distances entre la caméra et chaque animal présent dans une vidéo ont été estimées toutes les 2 secondes manuellement à partir des vidéos de référence. Pour les espèces pour lesquelles il y a eu de nombreuses détections, nous avons réduit l'ensemble des données à l'intervalle de temps où l'espèce était la plus active, c'est-à-dire à son pic d'activité. De même, pour éviter une sous-estimation ou une surestimation de la densité, nous avons exclu les distances radiales lorsque l'animal exprimait un comportement d'évitement ou d'attraction, respectivement, envers la caméra (Houa et al., 2022).

Nous avons considéré plusieurs modèles candidats : la fonction de détection « half-normal » avec des termes d'ajustement polynomiaux 0 et 1-hermite, la fonction de détection « uniform » avec des termes d'ajustement 1 et 2 et 3 cosinus et la fonction de détection « hazard rate » avec des termes d'ajustement 0, 1 et 2 simple polynomial.

Pour sélectionner le meilleur modèle, nous avons suivi la procédure en deux étapes décrite par Howe et al. (2019). Nous avons comparé les scores des critères de sélection des modèles ajustés (QAIC) au sein de chaque fonction clé, puis nous avons comparé la statistique du test d'adéquation (GOF) des meilleurs modèles pour chaque fonction clé différente. Les estimations de densité et l'intervalle de confiance autour de la densité estimée

---

<sup>1</sup> <https://lenthomas.shinyapps.io/Activity/>

ont été extraits du meilleur modèle. Nous avons estimé les CV des densités et abondances à l'aide de bootstraps non paramétriques à partir de 999 rééchantillons, avec remplacement entre les emplacements des caméras (Howe et al., 2017). Les bootstraps ont été exécutés avec le logiciel Distance 7.5 (Thomas et al., 2010).

### 2.3.5 Validation de la méthode CTDS

Pour la phase 2, nous avons estimé la densité et l'abondance de 11 espèces en ne considérant que la zone pour laquelle les points caméras ont été placés lors de cette phase (zone effective P2, Fig. 2). L'aire de cette zone est de 4013,3 km<sup>2</sup>. Nous avons effectué une post-stratification en considérant la zone de recherche/écotourisme (288 km<sup>2</sup>) pour laquelle la densité de points était plus importante et le reste du parc. Pour pouvoir comparer avec la phase 1 et valider la méthode, nous avons extrapolé les valeurs de la densité globale des deux strates à l'aire totale du parc (5360 km<sup>2</sup>).

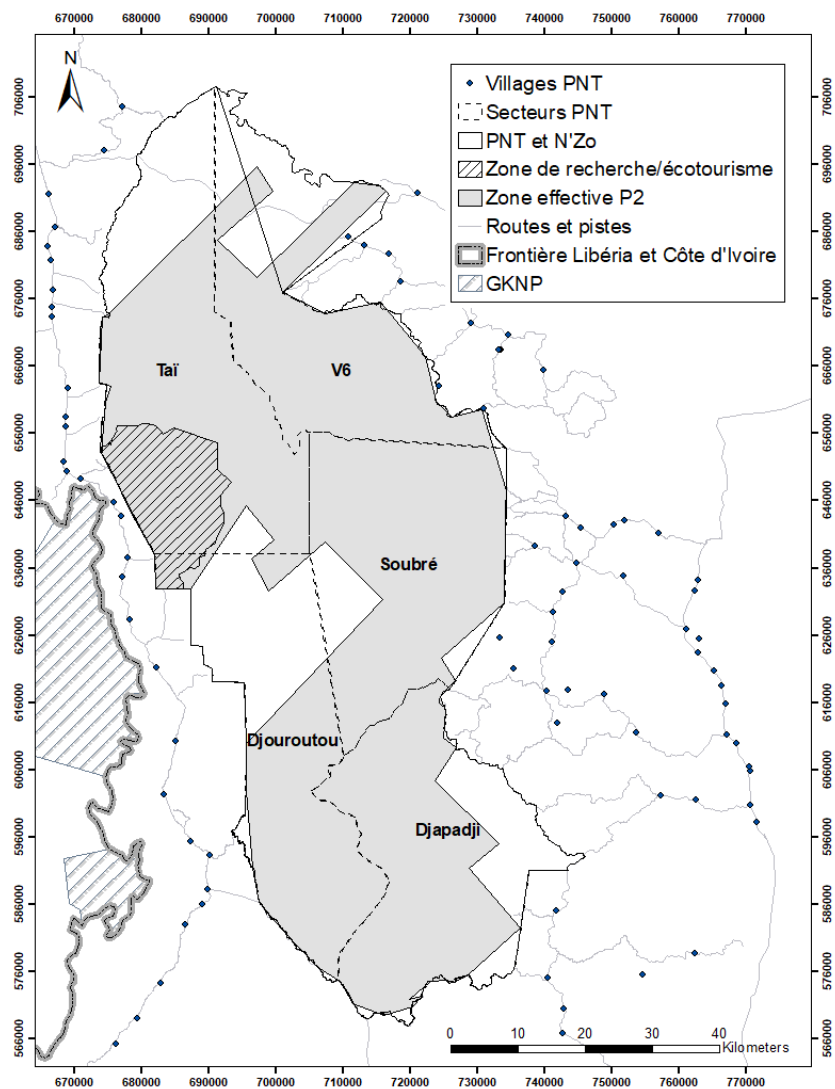


Figure 2. Zone effective d'étude pour la phase 2.

### 3. Résultats

#### 3.1 Effort d'échantillonnage et résultats généraux

Pour la phase 1, 91,7% des points caméras du design ont permis d'obtenir des données exploitables et ont généré un total de 58523 vidéos, tandis que seulement 56,7% des points caméras du design de la phase 2 ont permis d'obtenir des données exploitables et ont généré un total de 49924 vidéos (Tableau I).

Les points pour lesquels les caméras n'ont pas été installées sont dus à des problèmes logistiques (caméras défaillantes, conditions météorologiques ne permettant pas de traverser les rivières et d'accéder au point...etc.). Les points avec des données non exploitables sont des points pour lesquelles les caméras ont été posées mais par la suite volées, les informations générales (point transect, coordonnées GPS, dates de pose et de retrait) n'ont pas été correctement enregistrées, les caméras ont été mal réglées (par exemple mode photo au lieu de vidéo), ou encore les vidéos de référence n'ont pas été prises correctement.

Tableau I. Résumé de l'effort d'échantillonnage des phases 1 et 2

Phase	# Points prévus	# Points réalisés	# Points avec données exploitables	Durée moyenne de fonctionnement (jours)	# jours cumulés	# total de vidéos
Phase 1 – 2019-2020	291	285 (97,9%)	267 (91,7%)	91,6 [2,3-254,9]	24636,7	58523
Phase 2 – 2021-2022	326	246 (75,5%)	186 (56,7%)	104,7 [6-322]	19489,9	49924

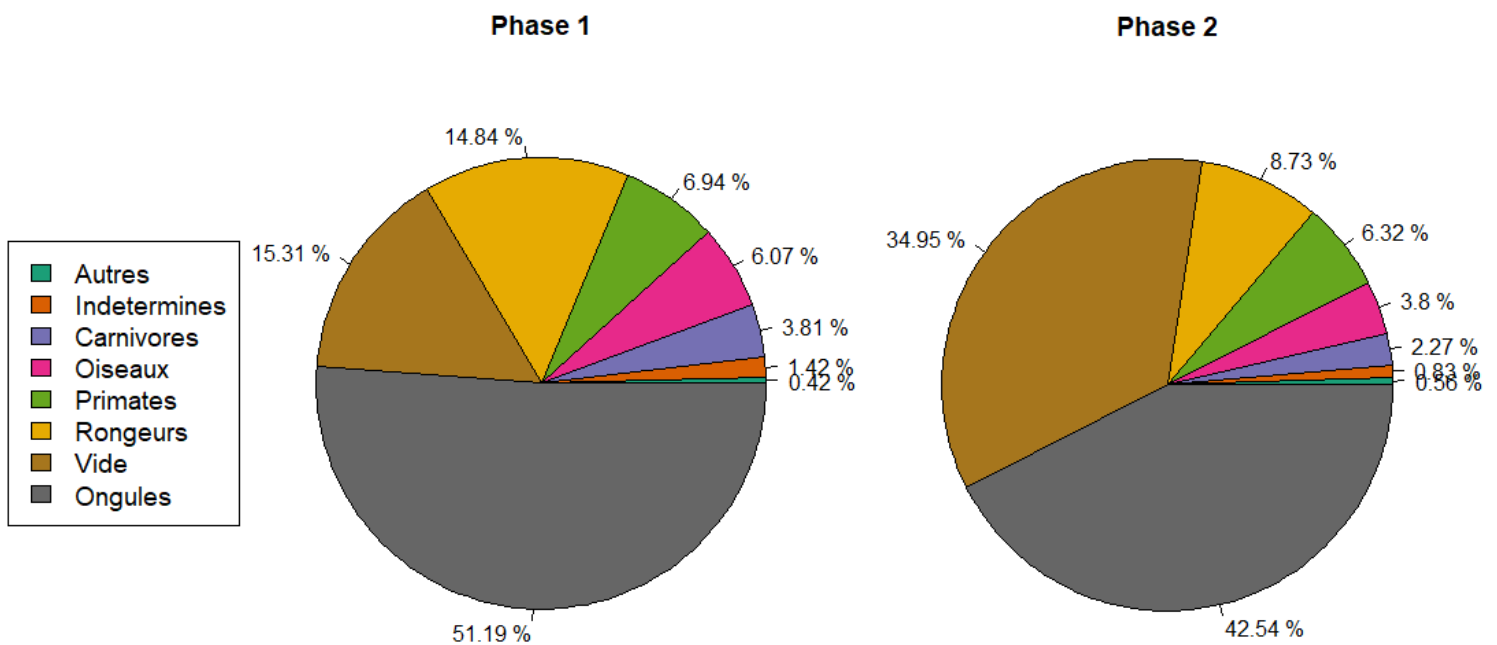


Figure 3. Répartition des vidéos en fonction des différents groupes d'espèces pour les phases 1 et 2

Les ongulés constituent le groupe majoritaire capturé par les caméras pour les deux phases (Figure 3). La proportion de vidéos vides, c'est-à-dire dues à des caméras déclenchées par le vent, des feuilles ou par défaillance technique de la caméra a doublé entre la phase 1 et la phase 2, passant de 15 à 35%. La proportion de primates dans les vidéos (6%) est similaire entre les deux phases.

#### *Présence de braconniers*

La présence de braconniers dans chaque secteur du parc a été confirmée dans les deux phases. Ils sont globalement actifs toute la journée dans tous les secteurs mais particulièrement à l'est et au sud du parc (Fig. 4 et 5).

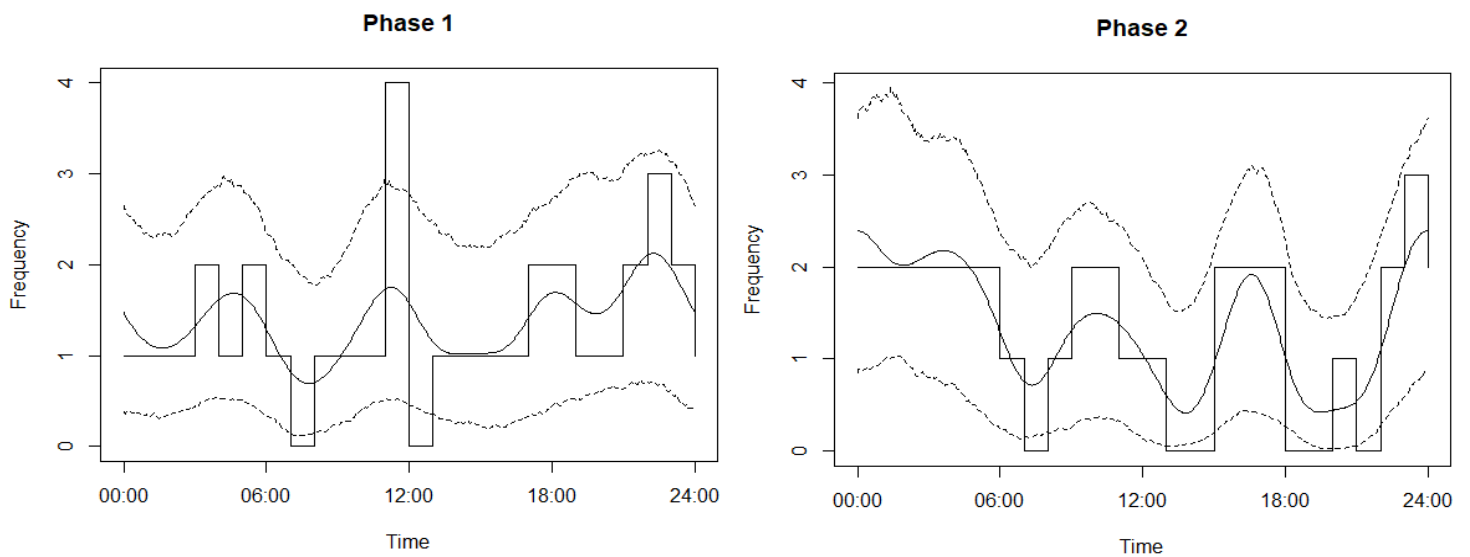


Figure 4. Courbes d'activité de la présence de braconniers dans le PNT à partir des événements indépendants pour les phases 1 (N=33) et 2 (N=32). Les histogrammes représentent le nombre de détections indépendantes par heure. Les courbes en pointillés représentent les intervalles de confiance obtenus par bootstraps avec 999 répétitions.

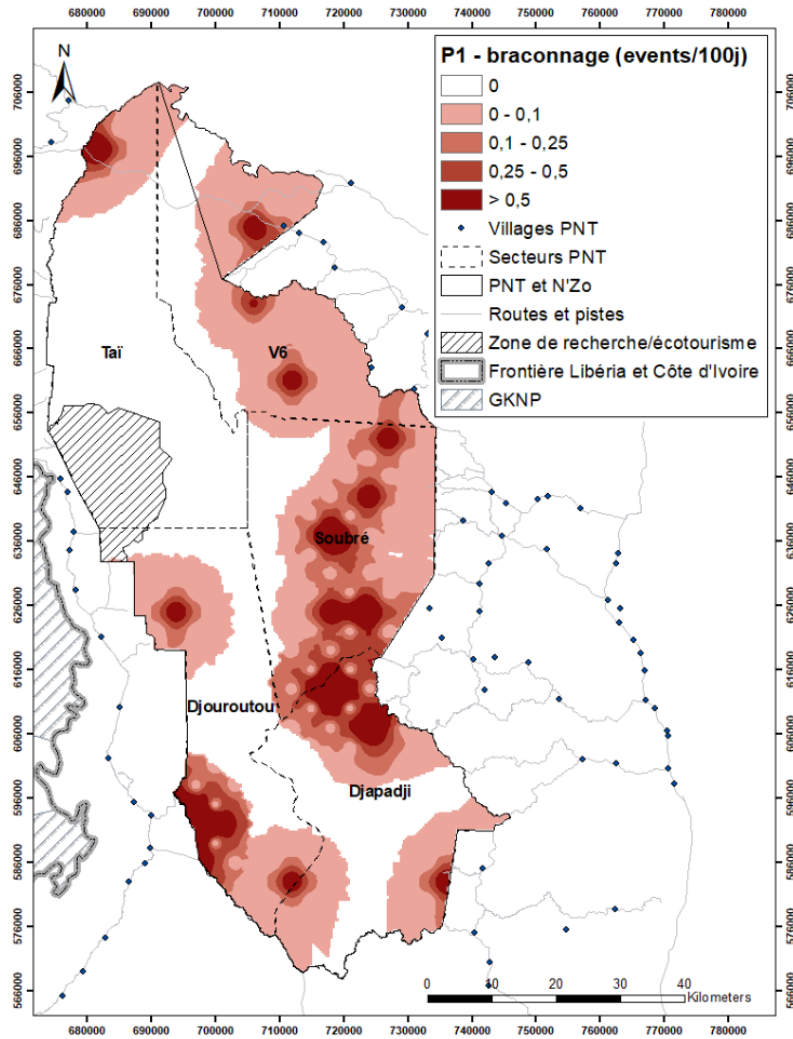


Figure 5. Carte de distribution des indices de braconnage (nombre de vidéos indépendantes de braconniers par 100 jours de déploiement des caméras) de la phase 1.

### Taux de rencontre

Les taux de rencontres ont été déterminés pour les principales espèces pour chacune des phases (Tableau II).

Tableau II. Nombre total de vidéos, d'événements indépendants (ev. ind.), abondance relative (RAI) et occupation naïve (occ. naïve) des principales espèces capturées dans le PNT.

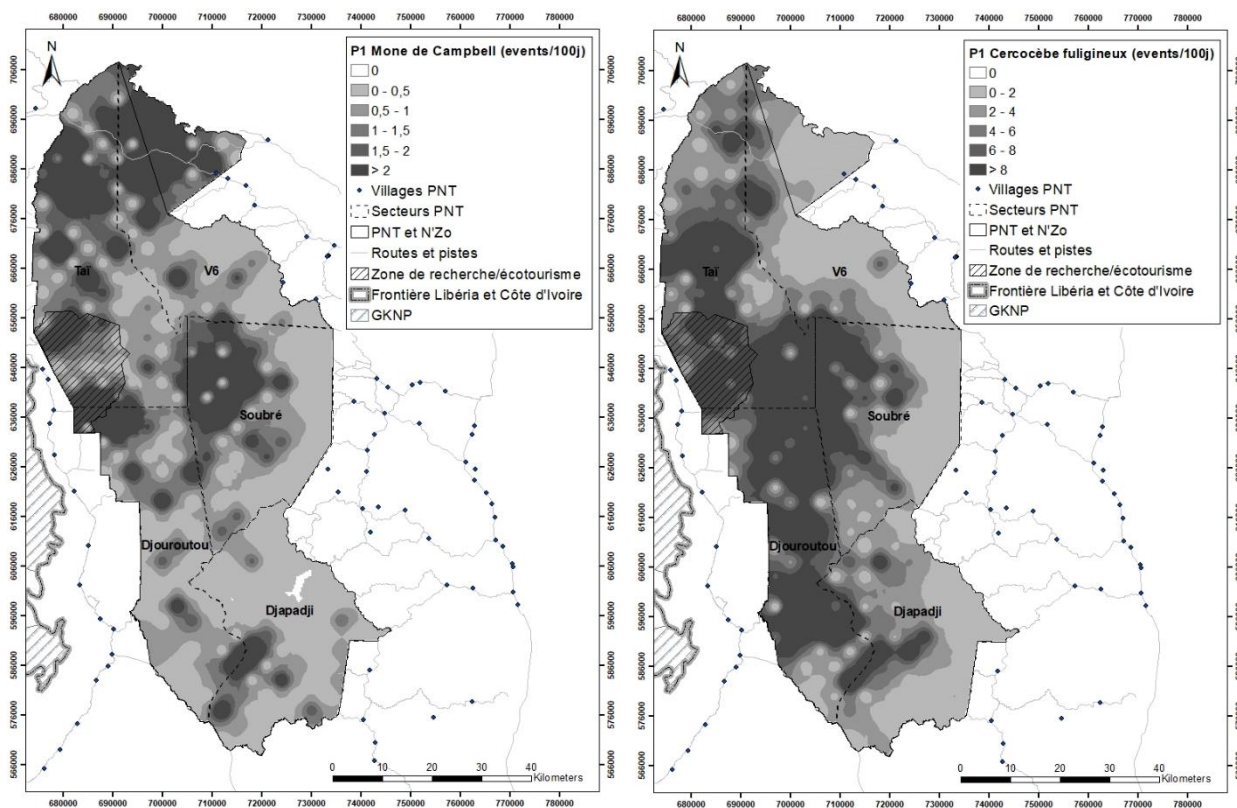
Groupes	Espèces	Phase 1				Phase 2			
		# total vidéos	# ev. ind.	RAI	Occ. naïve	# total vidéos	# ev. ind.	RAI	Occ. naïve
<b>Primates</b>	Mone de Campbell	406	281	1,14	0,41	256	177	0,91	0,44
	Cercocèbe fuligineux	4085	1227	4,98	0,73	3074	1063	5,45	0,83
	Chimpanzé	218	139	0,56	0,24	190	120	0,62	0,31
	Colobe noir et blanc	5	2	0,01	0,01	12	6	0,03	0,03
	Colobe vert	11	9	0,04	0,03	43	21	0,11	0,08
	Cercopithèque diane	56	34	0,14	0,08	30	23	0,12	0,10
	Galago ind.	13	13	0,05	0,02	21	21	0,11	0,09
	Cercopithèque hocheur	-	-	-	-	18	5	0,03	0,02
	Cercopithèque pétauriste	174	113	0,46	0,21	107	76	0,39	0,25
<b>Ongulés</b>	Céphalophe à dos jaune	116	70	0,28	0,13	160	79	0,41	0,21
	Céphalophe de Jentink	607	430	1,74	0,52	545	337	1,73	0,50
	Céphalophe Ogilby	7469	4784	19,4	0,80	5265	3841	19,7	0,92
	Céphalophe noir	746	438	1,78	0,51	572	387	1,99	0,52
	Céphalophe zébré	760	563	2,28	0,41	491	342	1,75	0,36
	Céphalophe à bande dorsale noire	3418	2250	9,13	0,77	1500	1208	6,20	0,84
	Céphalophe Maxwell	21901	12685	51,5	0,84	15984	9159	47,0	1,00
	Guib harnaché	34	19	0,08	0,03	40	27	0,14	0,04
	Bongo	90	33	0,14	0,09	65	35	0,18	0,11
	Hylochère	55	28	0,11	0,07	19	8	0,04	0,04
	Potamochère	943	220	0,89	0,34	636	191	0,98	0,32
	Chevrotain aquatique	126	75	0,30	0,05	38	37	0,19	0,03
	Eléphant de forêt	158	75	0,30	0,13	198	78	0,40	0,19
	Hippopotame pygmée	276	162	0,66	0,29	184	41	0,21	0,29
	Antilope royale	25	13	0,05	0,02	7	5	0,03	0,005
	Buffle de forêt	32	13	0,05	0,01	16	6	0,03	0,02
	<b>Carnivores</b>	Léopard	80	60	0,24	0,16	76	53	0,27
Chat doré		26	23	0,09	0,07	16	16	0,08	0,08
Mangouste des marais		866	789	3,20	0,61	409	375	1,92	0,51
Mangouste brune		314	172	0,70	0,27	161	98	0,50	0,25
Mangouste du Libéria		117	58	0,23	0,09	46	19	0,10	0,07
Mangouste rouge		8	7	0,03	0,01	-	-	-	-
Ratel		105	75	0,30	0,20	37	36	0,18	0,17
Genette de Johnston		708	622	2,52	0,57	279	244	1,25	0,41
Nandinie		77	56	0,23	0,05	30	24	0,12	0,09
Civette africaine		442	321	1,30	0,38	217	178	0,91	0,39
Poiane d'Afrique occidentale		19	16	0,06	0,03	34	34	0,17	0,10
<b>Autres</b>	Pintade à poitrine blanche	1551	637	2,59	0,41	515	288	1,48	0,39
	Pintade huppée	711	348	1,41	0,52	276	140	0,72	0,27
	Pangolin à longue queue	25	23	0,09	0,06	15	13	0,07	0,05
	Pangolin géant	22	17	0,07	0,06	10	9	0,05	0,05
	Pangolin commun	18	16	0,06	0,05	-	-	-	-

### 3.2 Distribution des espèces présentes dans le PNT

La distribution spatiale de six espèces de primates, seize espèces d'ongulés, de neuf espèces de carnivores et trois autres espèces/groupe d'espèces ont été déterminées avec les données de caméra de la phase 1.

#### 3.2.1 Primates

Les primates sont globalement principalement distribués à l'ouest et au centre du PNT. Les mones de Campbell, cercocèbes fuligineux, cercopithèques pétauristes et chimpanzés sont présents sur une grande majorité du parc. Le cercopithèque diane est absent du pourtour sud du parc et au nord du parc, bien qu'il semble présent dans l'extrémité nord.





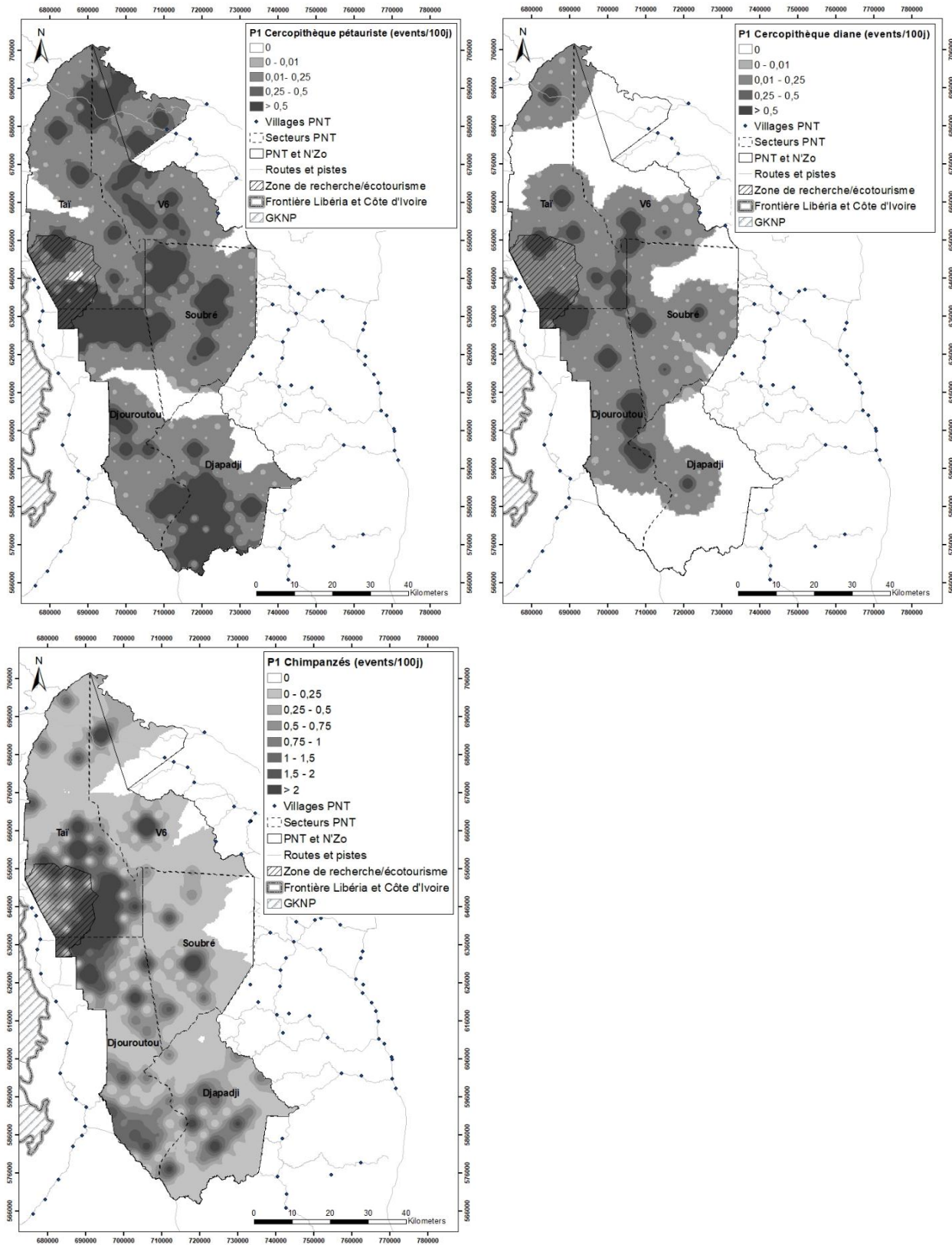
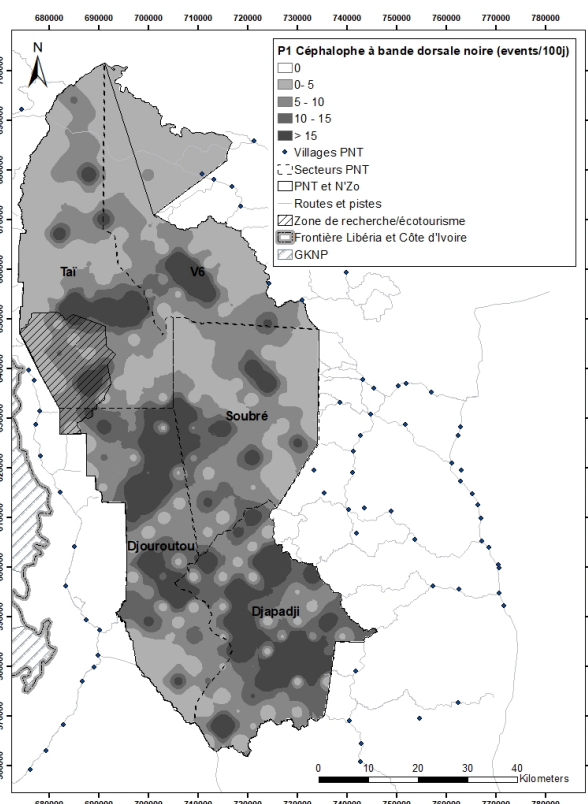
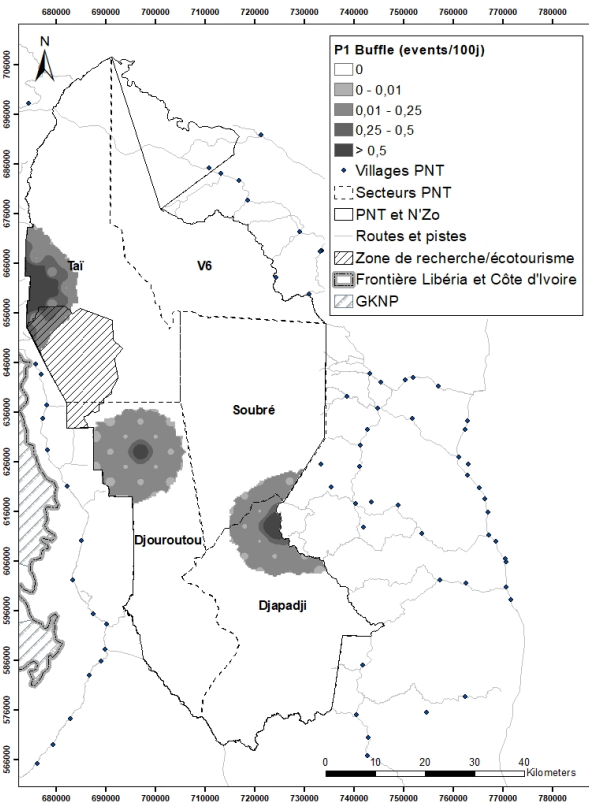
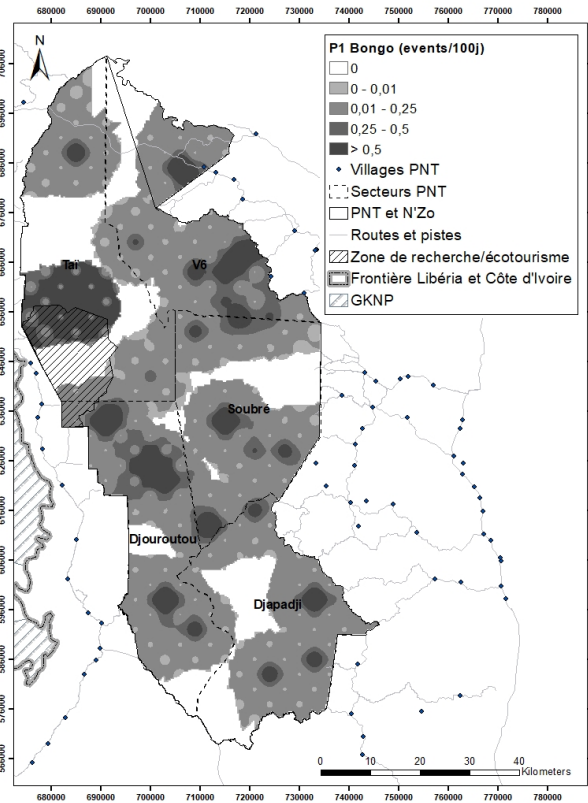
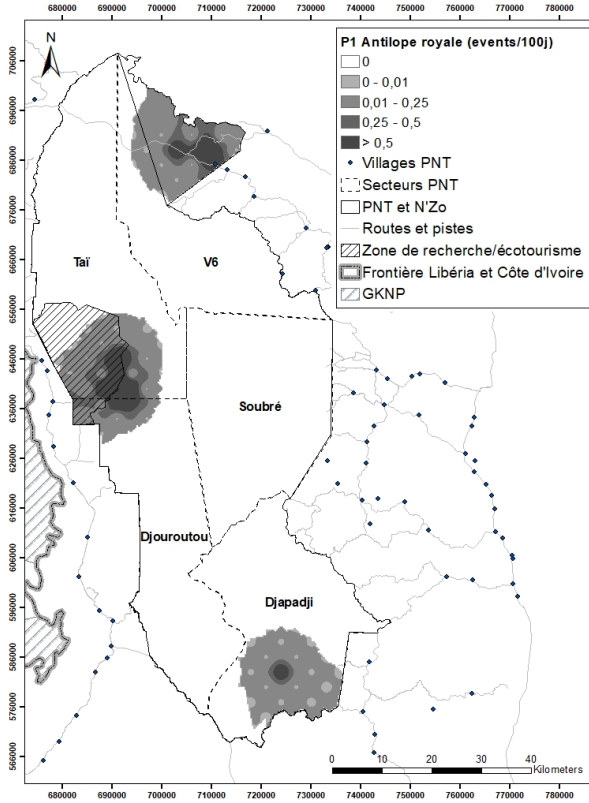
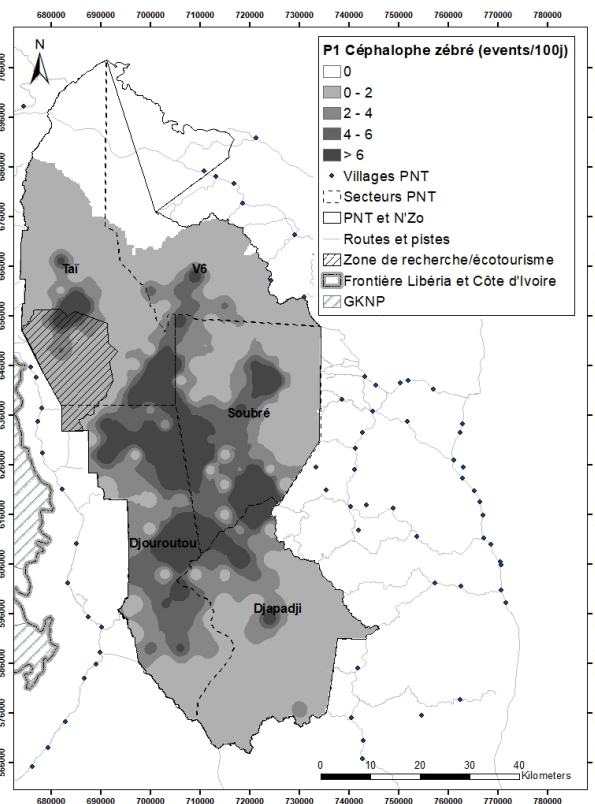
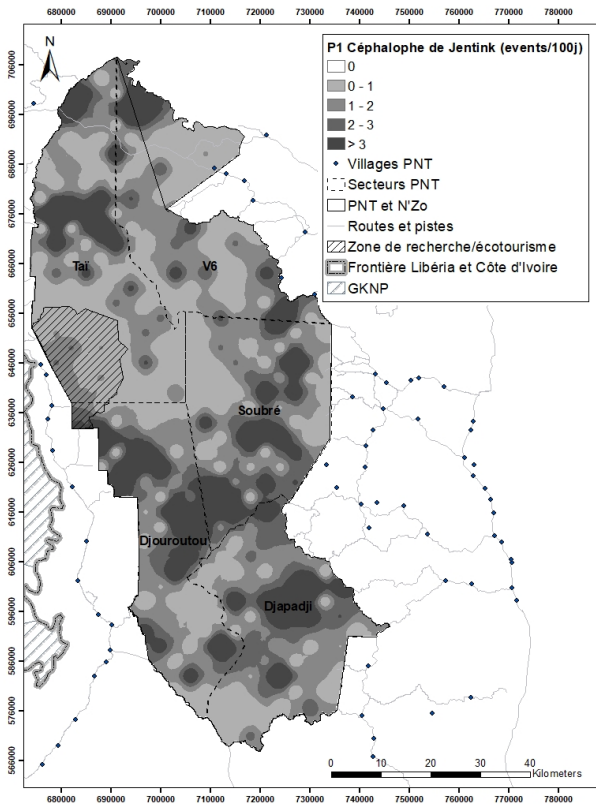
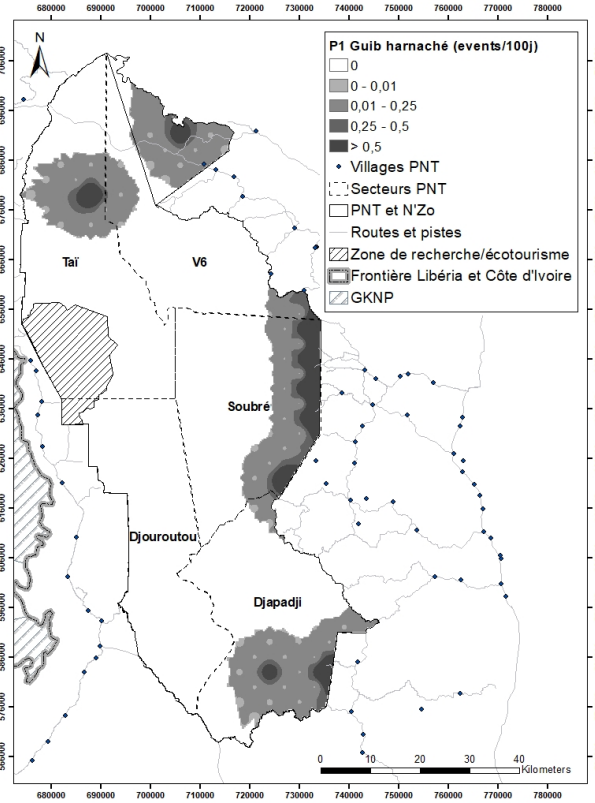
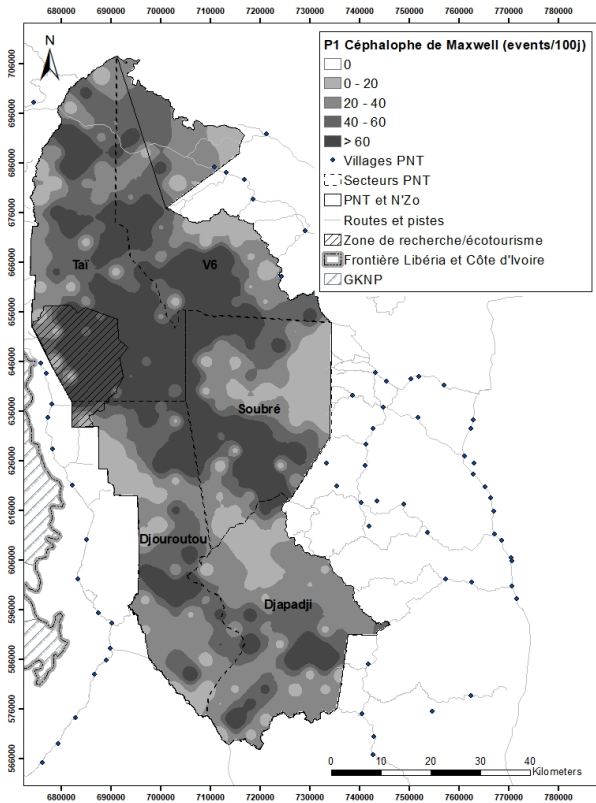


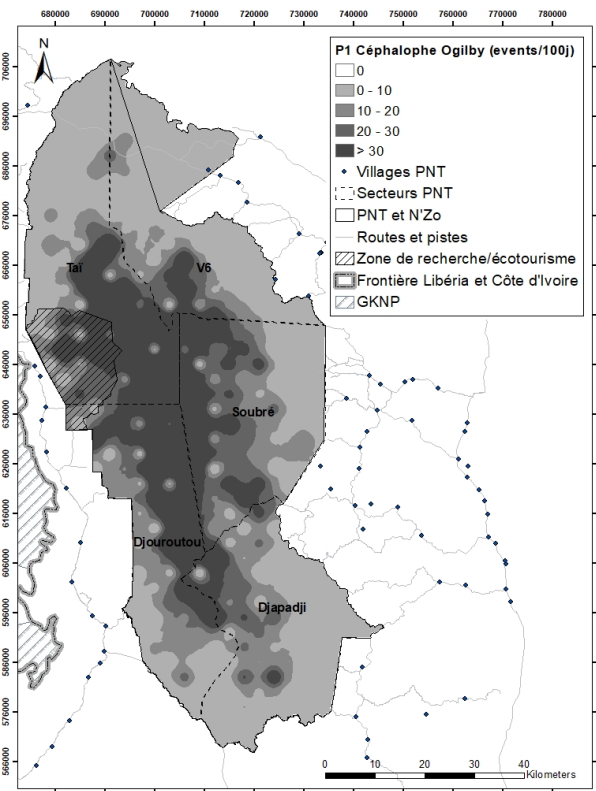
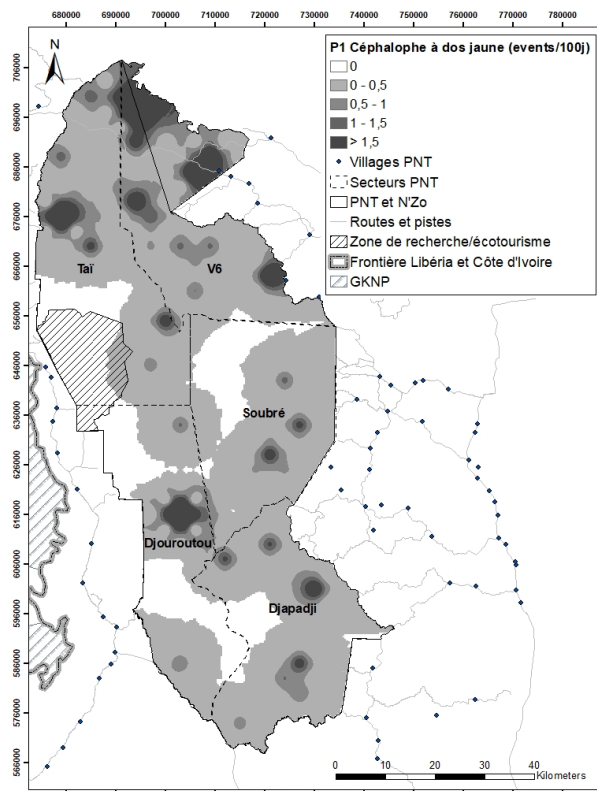
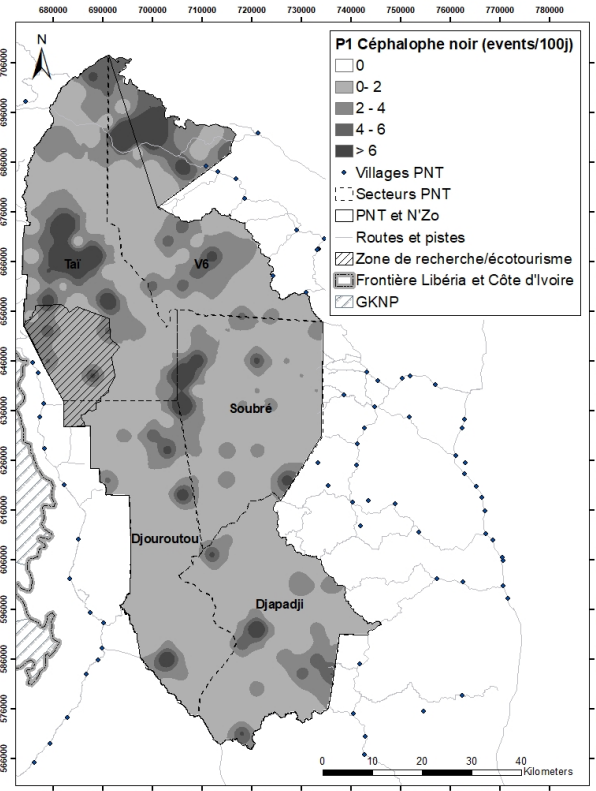
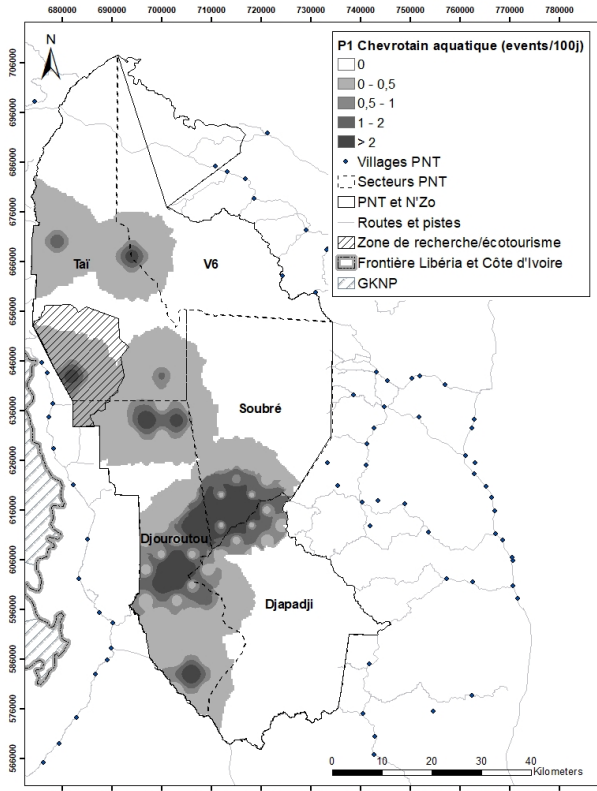
Figure 6. Carte de distribution des primates du PNT

### 3.2.2 Ongulés

Les céphalopes à bande dorsale noire, de Maxwell, de Jentink, noir et d'Ogilby sont présents sur tout le parc, tout comme l'hippopotame pygmée et le potamochère, tandis que le céphalophe zébré est totalement absent au nord du parc. Le céphalophe à dos jaune est absent à l'ouest du parc. L'antilope royale est présente à trois endroits : dans la réserve du N'Zo, dans la zone de recherche/écotourisme et au sud du parc. Le buffle est lui aussi présent uniquement dans trois zones : au nord de la zone de recherche/écotourisme, au nord des zones Djouroutou et Djapadji. Le bongo n'est pas distribué uniformément mais est présent dans les cinq secteurs et est principalement présent au nord de la zone de recherche/écotourisme. Le chevrotain aquatique est principalement présent au sud du secteur Soubré. Le guib harnaché n'a été que peu observé et est présent dans la réserve du N'Zo et au centre du secteur Tai, à l'est du secteur Soubré et au Sud du secteur Djapadji. L'hylochère est principalement présent au sud du parc, au sud des secteurs Tai et ADK/V6 et à l'ouest du secteur Soubré. Les éléphants sont majoritairement présents dans la deuxième moitié sud du parc.







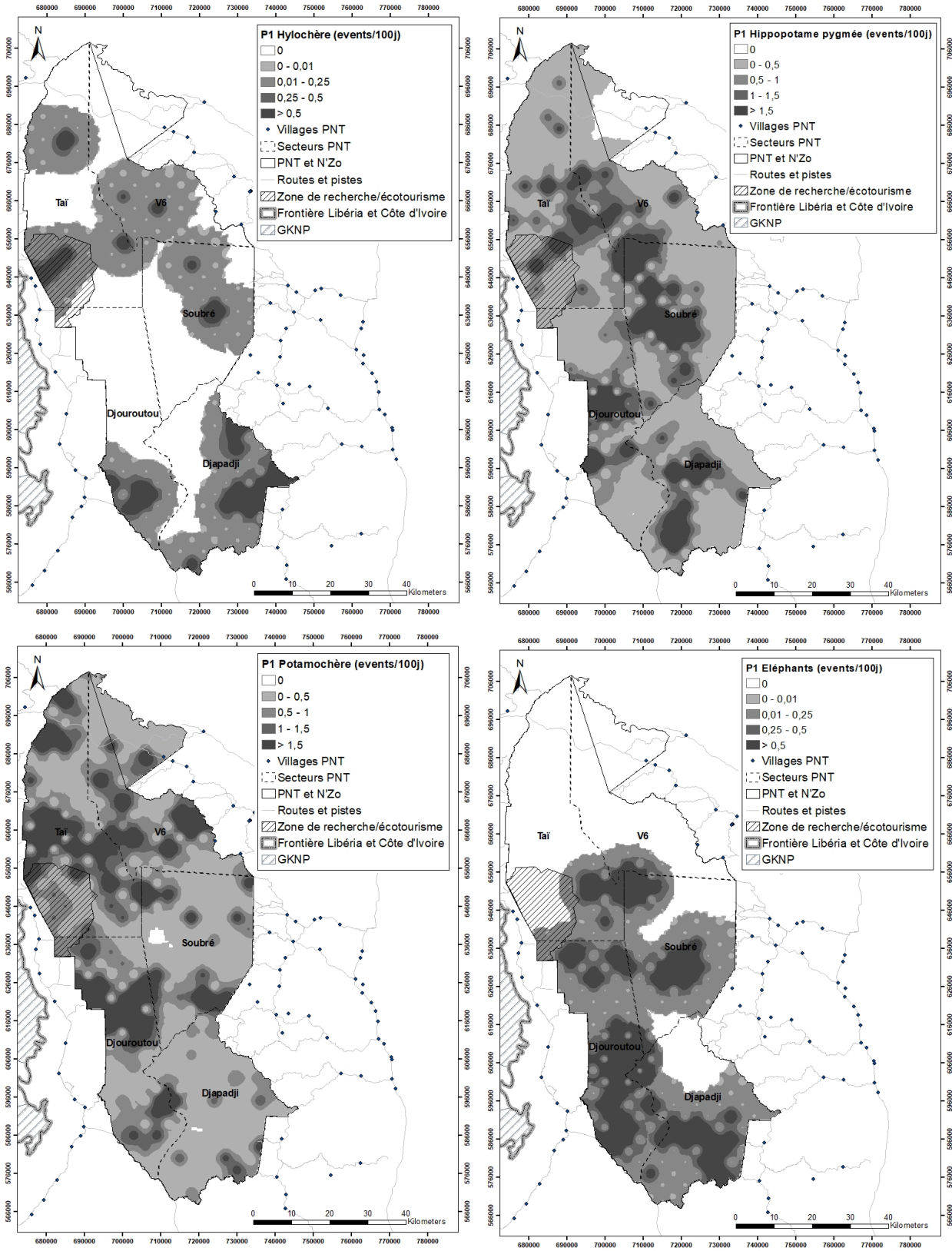
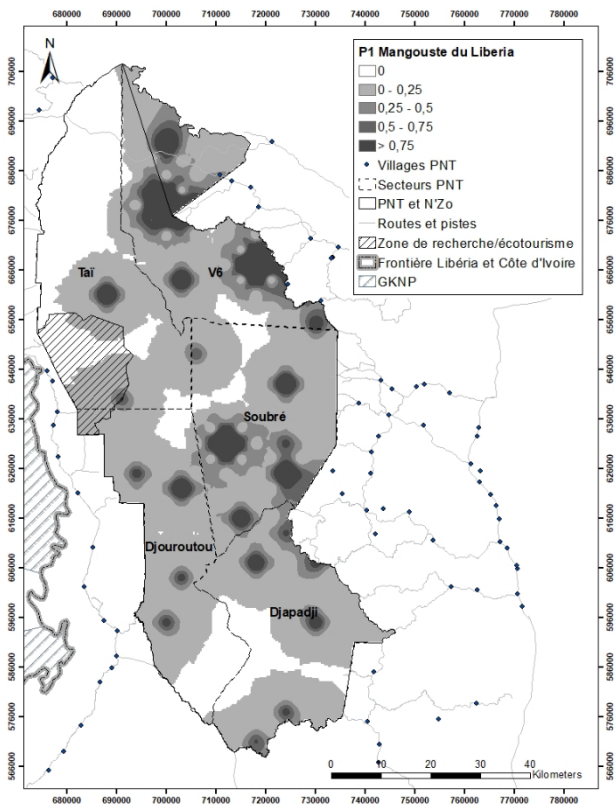
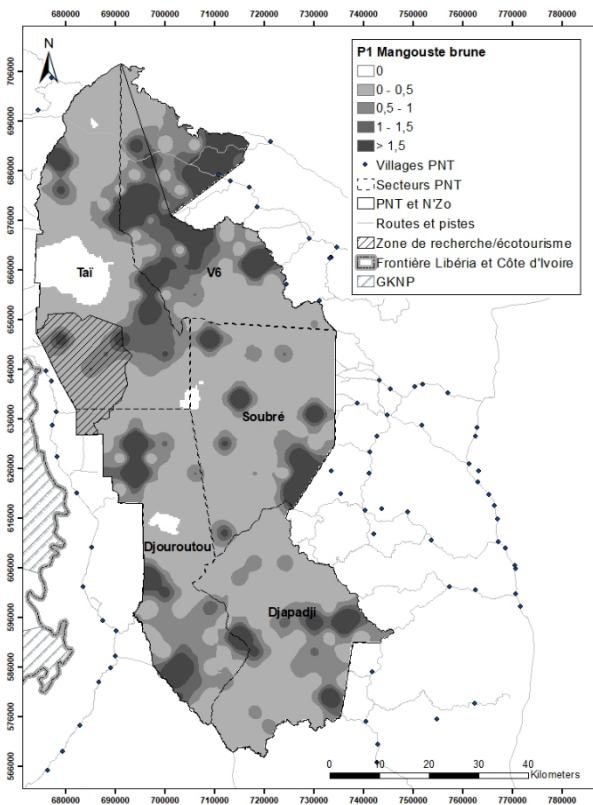
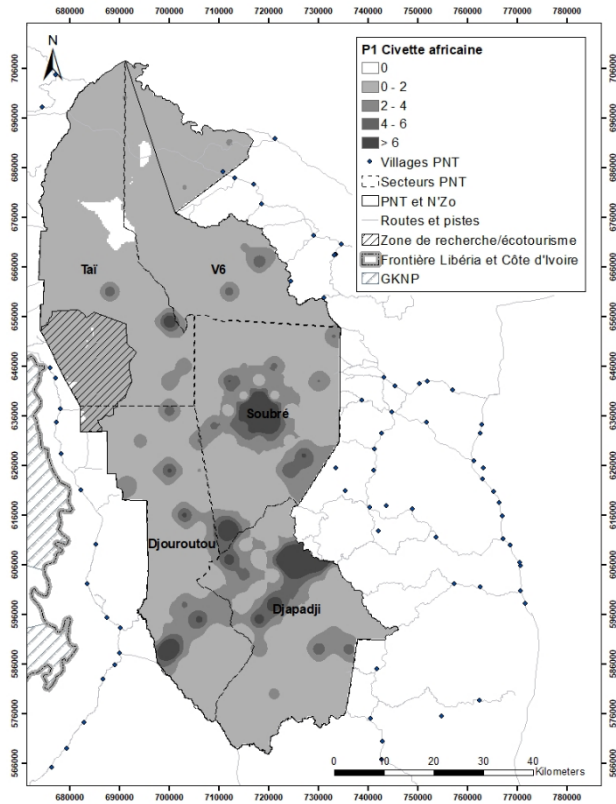
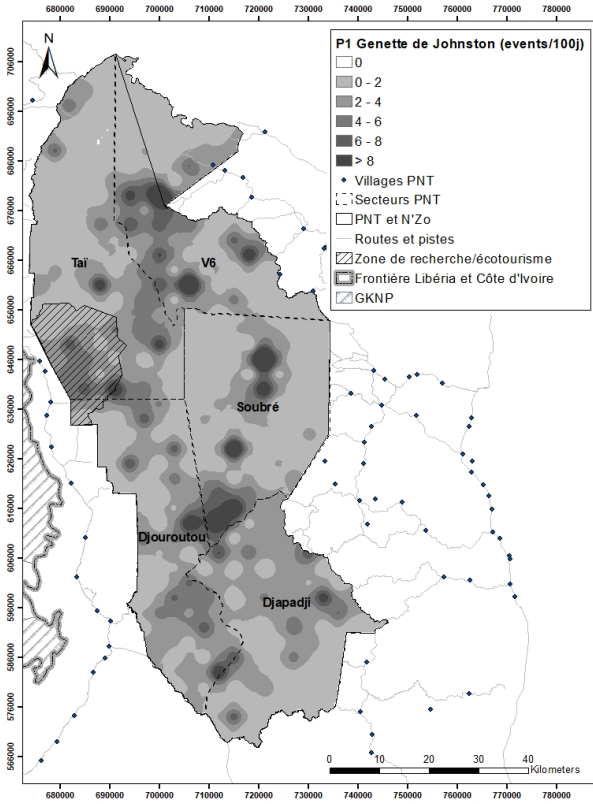
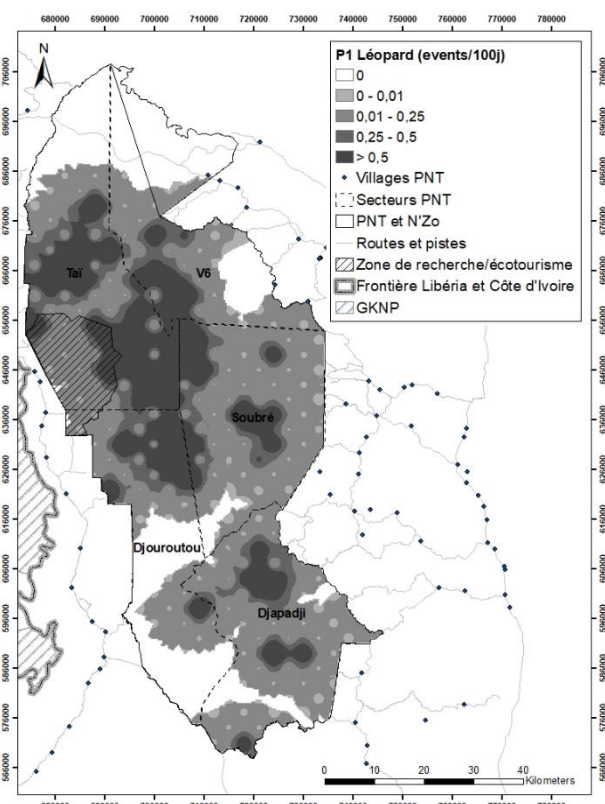
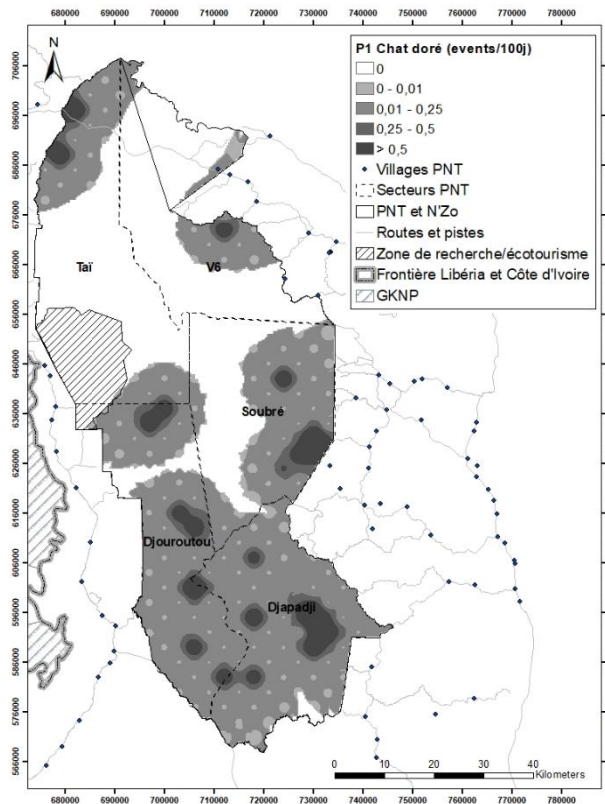
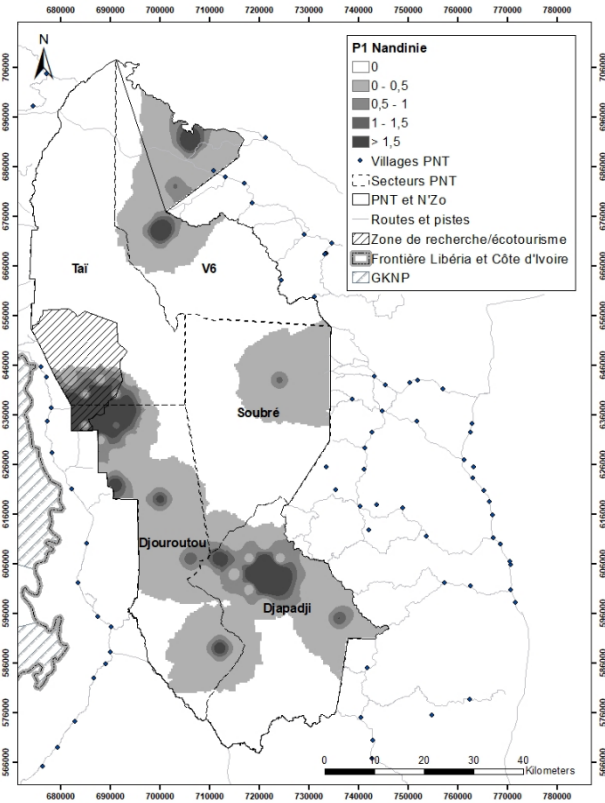
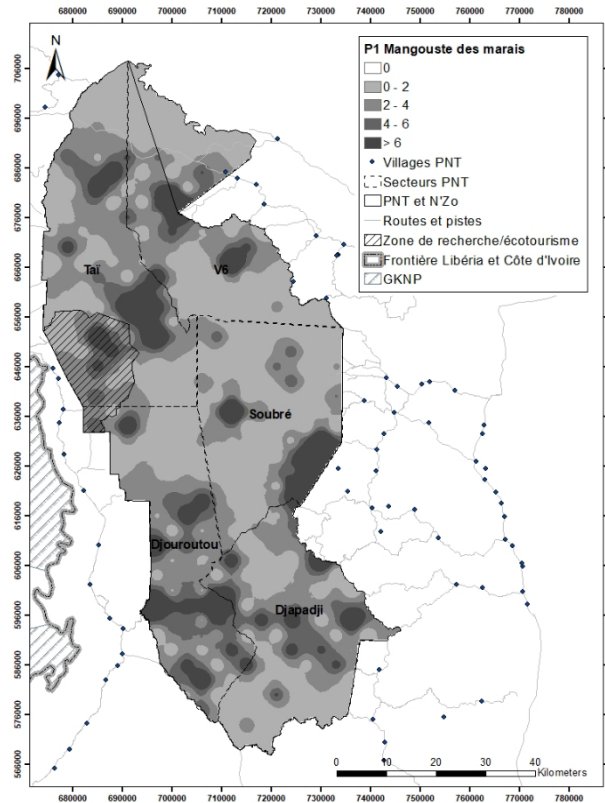


Figure 7. Cartes de distribution des ongulés du PNT

### 3.2.3 Carnivores







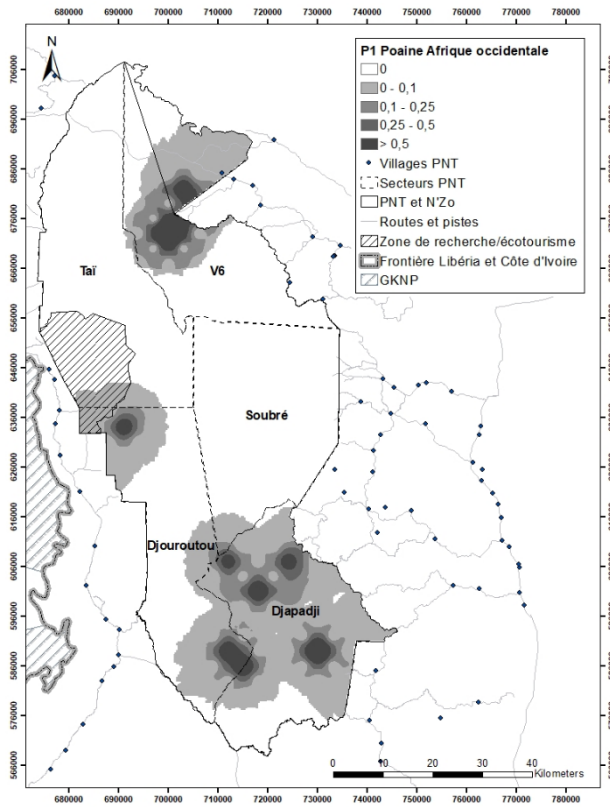


Figure 8. Carte de distribution des carnivores du PNT

### 3.2.4 Autres espèces

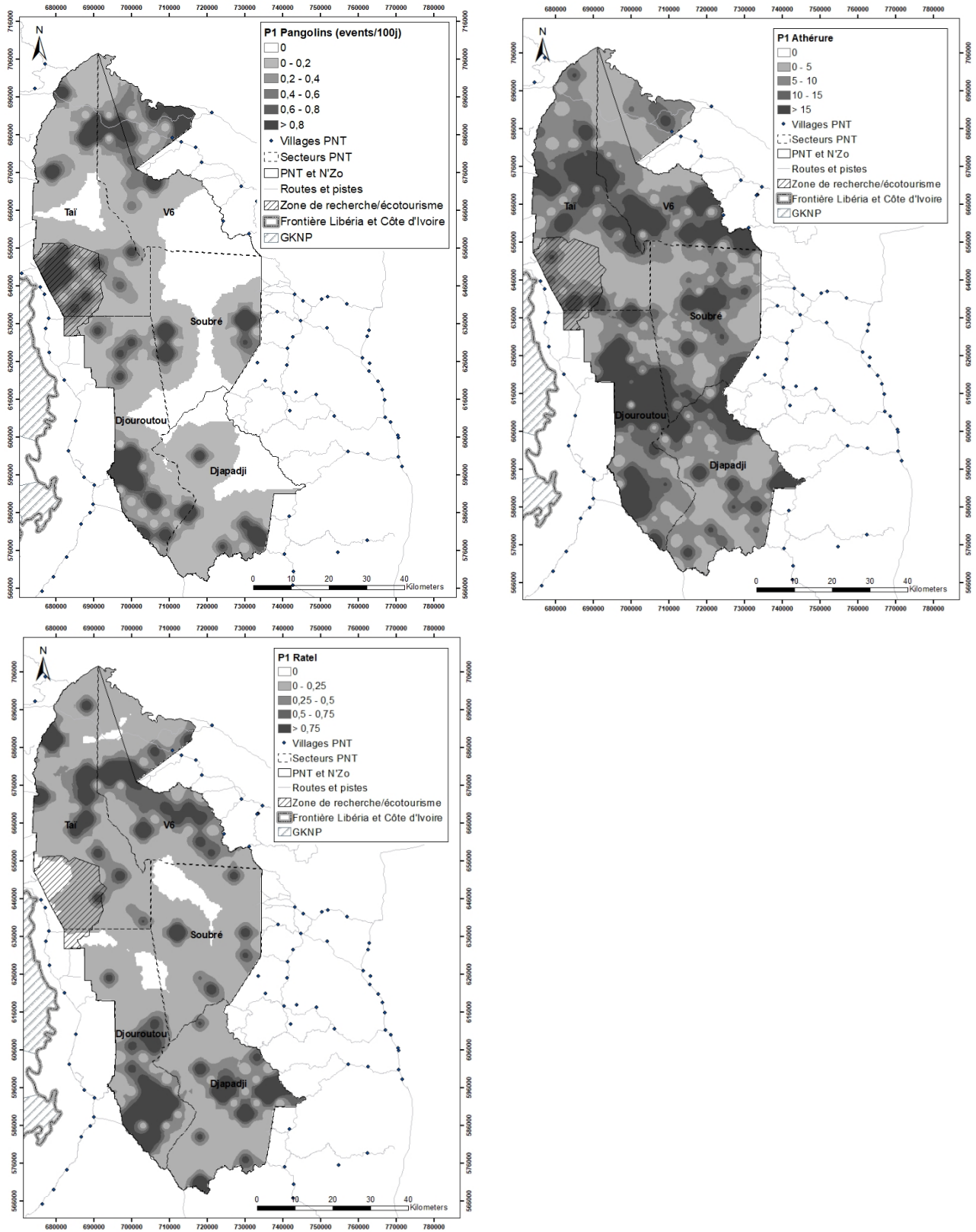


Figure 9. Carte de distribution des autres espèces du PNT

### 3.3 Activités temporelles

#### 3.3.1 Primates

Les activités temporelles de cinq espèces de primates pour lesquelles le nombre de détections était suffisant ont été déterminées (Fig. 10). Ces espèces sont toutes diurnes.

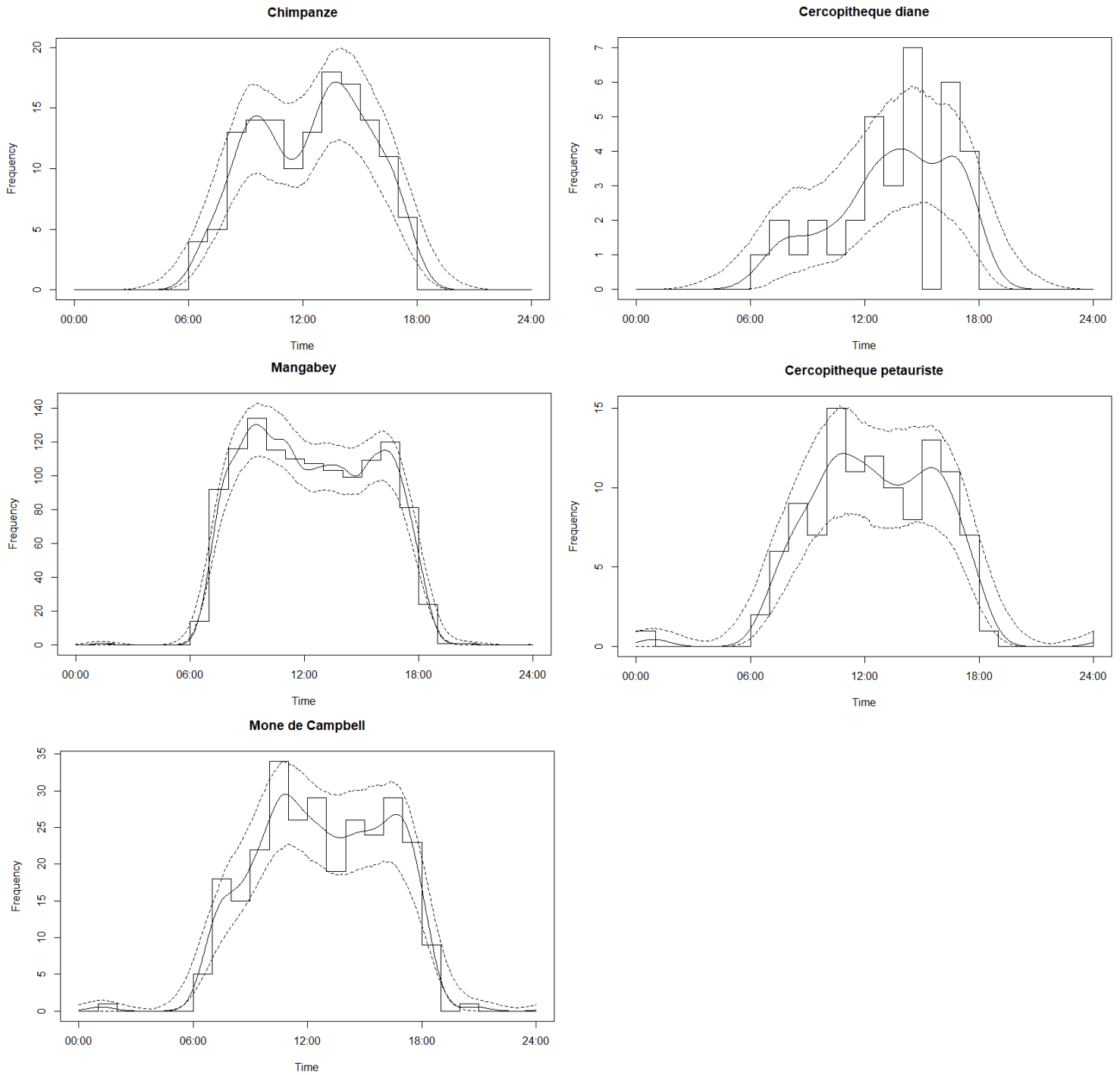
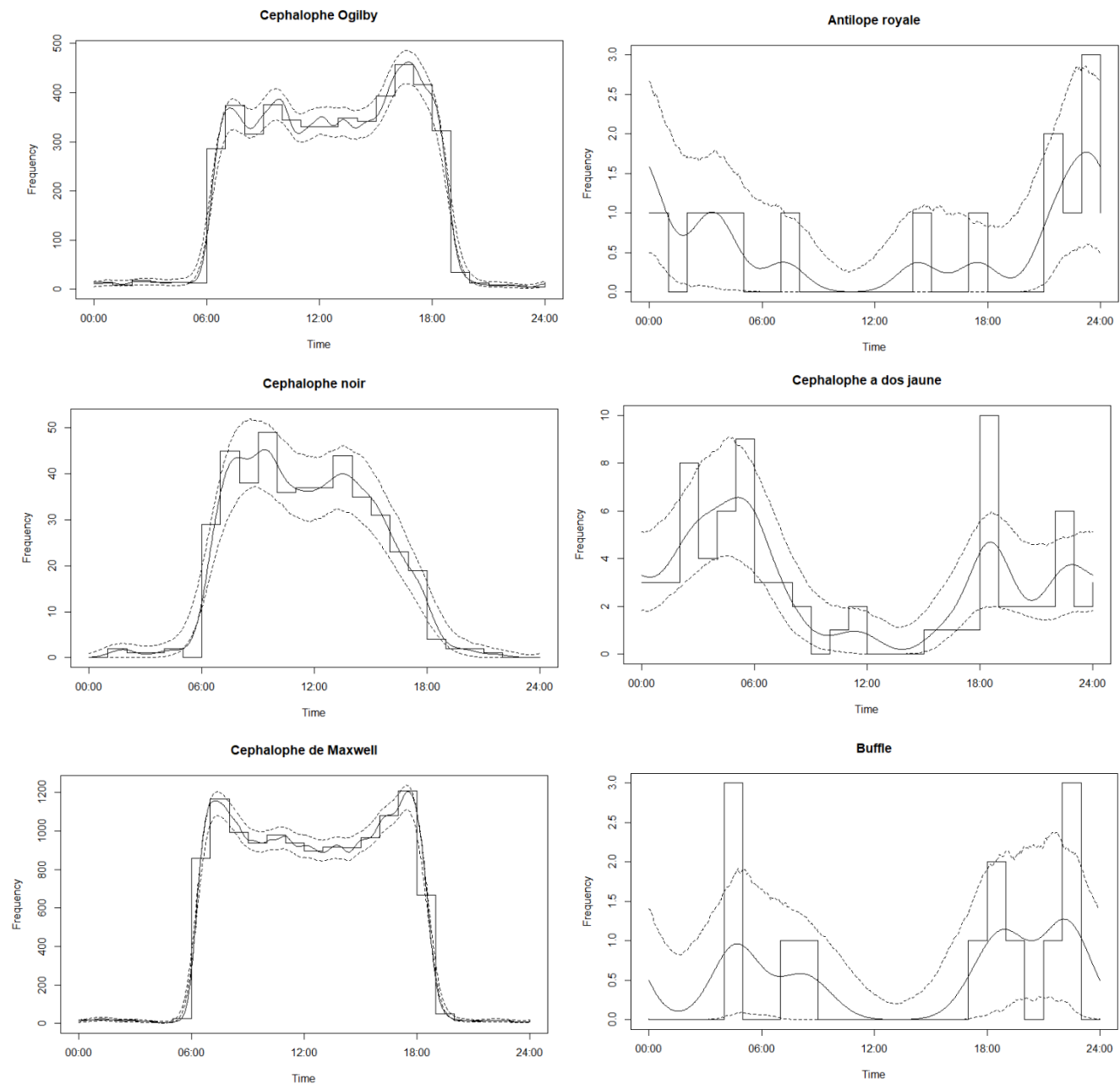


Figure 10. Activités des primates du PNT

### 3.3.2 Ongulés

Les activités temporelles de 12 espèces d'ongulés pour lesquelles le nombre de détections était suffisant ont été déterminées (Fig. 11). Les céphalophes zébré, d'Ogilby et noir sont des espèces diurnes, tandis que les céphalophes à dos jaune, à bande dorsale noire et de Jentink et le chevrotain aquatique sont nocturnes. Le nombre de détections indépendantes pour le bongo, le buffle, et l'antilope royale est assez faible (resp. 34, 12 et 13) mais il semble que ce sont des espèces cathémérales. L'hippopotame pygmée est cathéméral, mais il est plus actif la nuit.



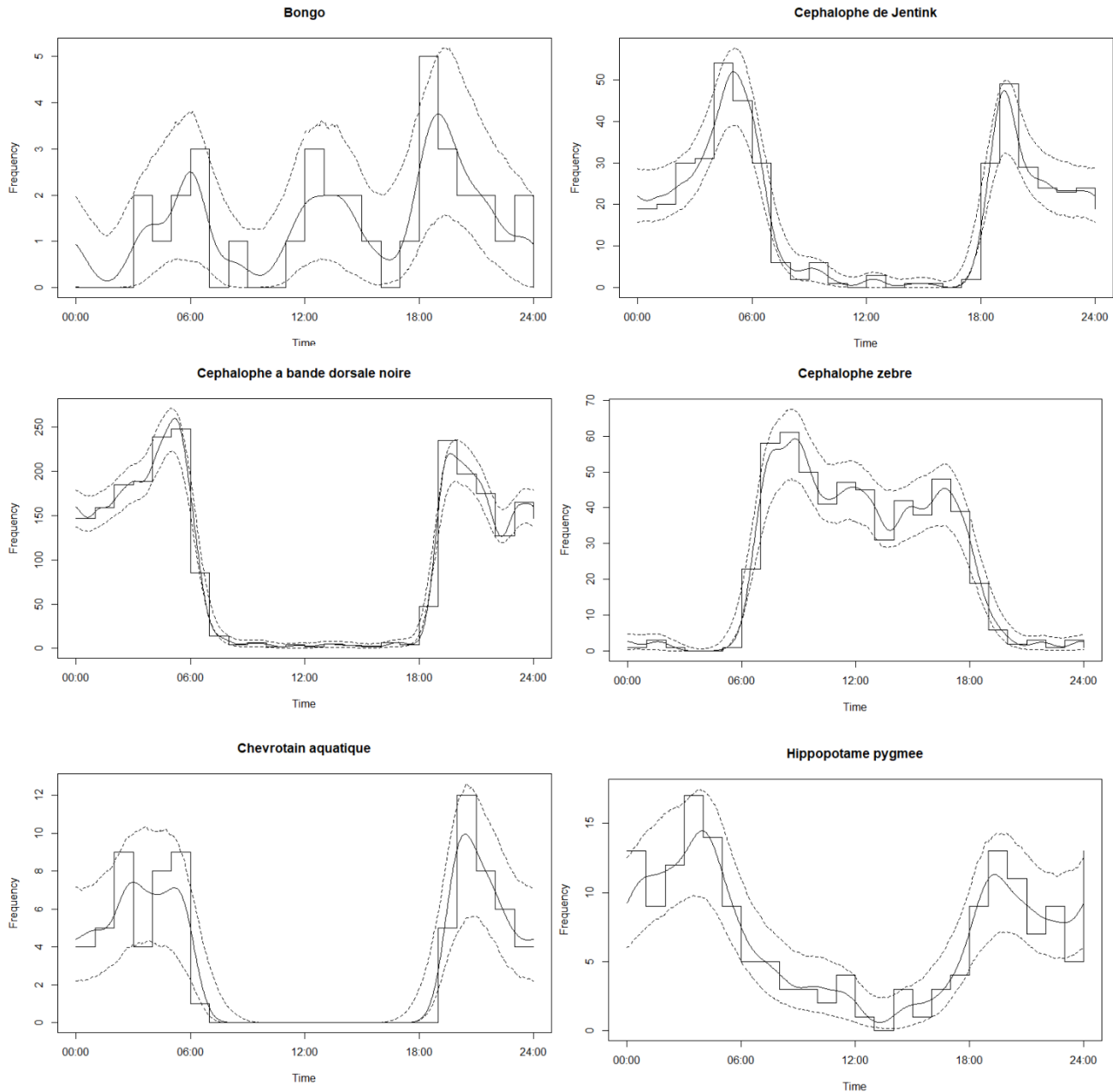


Figure 11. Activités des ongulés du PNT

### 3.3.3 Autres espèces

Parmi les autres espèces détectées par caméra-pièges, la genette de Johnston, la civette d'Afrique et l'athérure sont des espèces nocturnes (Fig. 12). La mangouste des marais est cathémérale mais a deux pics d'activités au lever et coucher du soleil, à 6 heures et 18 heures. De même, le léopard et le chat doré sont cathémérales, tandis que les mangoustes brunes et du Libéria sont diurnes.

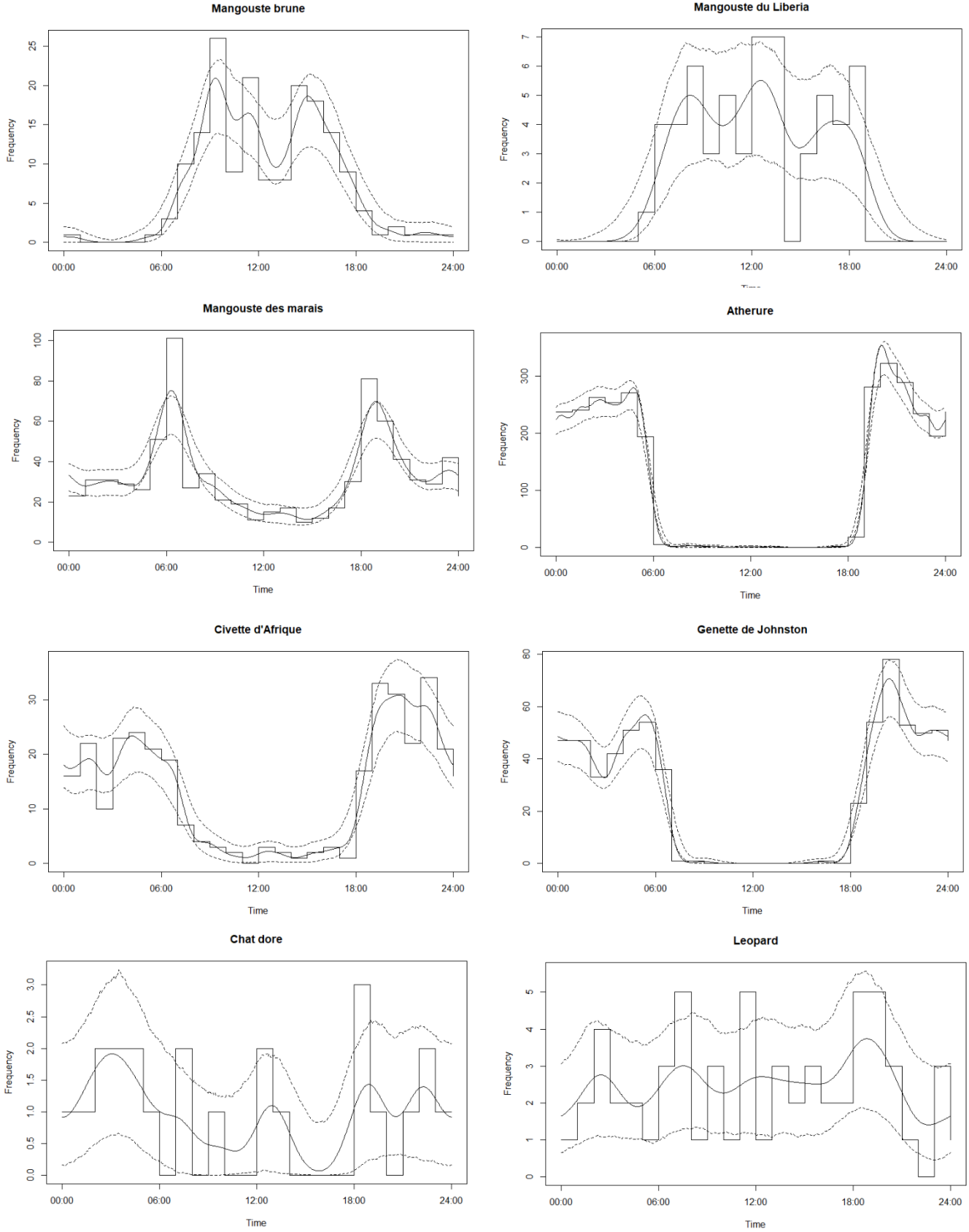


Figure 12. Activités des autres espèces du PNT

### 3.4 Réaction des animaux à la caméra

Pour chaque observation (i.e. distance radiale), les comportements ont été spécifiés pour les 20 espèces (Tableau III). Ils ont été regroupés en pas de réaction à la caméra (déplacement, recherche de nourriture et alimentation) et réactions à la caméra (attraction/fixation, inspection et évitement) (Houa et al., 2022).

Tableau III. Catégorie des comportements des animaux à la caméra pour 20 vingt espèces (proportion et nombre des distances radiales).

Espèces	Pas de réaction à la caméra		Réaction à la caméra					
	Déplacement/alimentation/ Recherche de nourriture % (N)		Attraction/fixation % (N)		Inspection % (N)		Évitement % (N)	
	Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2
<b>Céphaloppe à dos jaune</b>	94,3 (759)	93,1 (566)	5,5 (44)	1,6 (10)	0 (0)	3,6 (22)	0,2 (2)	1,6 (10)
<b>Céphaloppe de Jentink</b>	67,2 (2450)	76,7 (2469)	16,3 (596)	13 (420)	13,6 (496)	8,9 (286)	2,9 (106)	1,4 (45)
<b>Céphaloppe d'Ogilby</b>	97,9 (2815)	95 (1708)	0,9 (27)	1,9 (34)	0,7 (20)	1,4 (26)	0,5 (15)	1,7 (30)
<b>Céphaloppe noir</b>	95,8 (4751)	99,6 (2716)	1,7 (87)	0,1 (4)	1,5 (73)	0,2 (6)	1 (50)	0,07 (2)
<b>Céphaloppe zébré</b>	98,8 (4502)	97,2 (2426)	0,9 (43)	1,1 (27)	0,1 (5)	0,6 (15)	0,2 (8)	1,1 (27)
<b>Cercocèbe fuligineux</b>	99,9 (9821)	99,4 (7480)	0,07 (7)	0,2 (23)	0 (0)	0,2 (15)	0,01 (1)	0,1 (8)
<b>Chimpanzé</b>	83,6 (2421)	97 (1992)	11,5 (333)	2,7 (56)	1,2 (34)	0,05 (1)	3,7 (108)	0,2 (4)
<b>Genette de Johnston</b>	99,7 (2780)	99,6 (947)	0,3 (7)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0,04 (4)
<b>Hippopotame pygmée</b>	47 (1217)	95,6 (1054)	12,4 (320)	0,3 (3)	36,6 (948)	3,6 (40)	3,9 (102)	0,5 (6)
<b>Léopard</b>	81,7 (264)	93,1 (255)	16,7 (54)	2,5 (7)	0 (0)	1,5 (4)	1,6 (5)	2,9 (8)
<b>Bongo</b>	87,9 (566)	99,2 (596)	9,2 (59)	0 (0)	1,1 (7)	0,5 (3)	1,9 (12)	0,3 (2)
<b>Céphaloppe à bande dorsale noire</b>	100 (1487)	-	0 (0)	-	0 (0)	-	0 (0)	-
<b>Céphaloppe de Maxwell</b>	99,9 (9933)	99,8 (10322)	0,1 (14)	0,1 (10)	0 (0)	0,02 (2)	0 (0)	0,08 (9)
<b>Chevrotain aquatique</b>	100 (814)	-	0 (0)	-	0 (0)	-	0 (0)	-
<b>Civette africaine</b>	97,3 (1690)	-	0 (0)	-	2,7 (47)	-	0 (0)	-
<b>Hylochère</b>	94,5 (925)	-	0 (0)	-	5,5 (54)	-	0 (0)	-
<b>Potamochère</b>	90,9 (8145)	-	1,6 (144)	-	6,8 (609)	-	0,7 (65)	-
<b>Pintade à poitrine blanche</b>	99,21 (4129)	-	0,05 (2)	-	0,72 (30)	-	0,02 (1)	-
<b>Pintade huppée</b>	100 (1184)	-	0 (0)	-	0 (0)	-	0 (0)	-
<b>Éléphant de forêt</b>	69 (1538)	94,8 (1911)	28,9 (644)	0,6 (11)	0 (0)	4,4 (89)	2,1 (46)	0,2 (4)

### 3.5 Estimation de la densité par CTDS

La densité et l'abondance de 20 espèces ont été estimées avec la méthode CTDS avec les données de la phase 1, dont les résultats sont présentés dans le tableau IV.

Tableau IV. Estimations de la densité et de l'abondance pour 20 espèces clés du PNT (phase 1).

Espèces	Phase 1		
	Densité	Abondance	CV
<b>Bongo</b> ( <i>Tragelaphus eurycerus</i> )	0,05 [0,02-0,1]	254 [83-471]	47
<b>Céphalophe à bande dorsale noire</b> ( <i>Cephalophus dorsalis</i> )	2,86 [1,74-4,69]	15308 [9317-25149]	28
<b>Céphalophe à dos jaune</b> ( <i>Cephalophus silvicultor</i> )	0,10 [0,04-0,28]	532 [231-1495]	45
<b>Céphalophe de Jentink</b> ( <i>Cephalophus jentinki</i> )	0,26 [0,19-0,37]	1389 [690-1328]	18
<b>Céphalophe de Maxwell</b> ( <i>Philantomba maxwellii</i> )	21,17 [17,7-24,6]	113468 [92416-137122]	10
<b>Céphalophe Ogilby</b> ( <i>Cephalophus ogilbyi</i> )	4 [2,61-6,09]	21392 [14009-32665]	17
<b>Céphalophe noir</b> ( <i>Cephalophus niger</i> )	1,09 [0,79-1,51]	5862 [4247-8093]	21
<b>Céphalophe zébré</b> ( <i>Cephalophus zebra</i> )	1 [0,65-1,51]	5329 [3458-8116]	21
<b>Cercocèbe fuligineux</b> ( <i>Cercocebus atys</i> )	11,7 [6,61-20,71]	62729 [35454-110988]	21
<b>Chevrotain aquatique</b> ( <i>Hyemoschus aquaticus</i> )	0,22 [0,06-0,83]	1175 [310-4460]	55
<b>Chimpanzé</b> ( <i>Pan troglodytes verus</i> )	0,23 [0,09-0,45]	1236 [472-2504]	43
<b>Civette africaine</b> ( <i>Civettictis civetta</i> )	0,52 [0,25-1,08]	2787 [1348-5761]	22
<b>Éléphant de forêt</b> ( <i>Loxodonta cyclotis</i> )	0,05 [0,03-0,09]	286 [166-458]	26
<b>Genette de Johnston</b> ( <i>Genetta johnstoni</i> )	0,62 [0,44-0,86]	3317 [2376-4626]	17
<b>Hippopotame pygmée</b> ( <i>Choeropsis liberiensis</i> )	0,23 [0,14-0,35]	1255 [731-1763]	26
<b>Hylochère</b> ( <i>Hylochoerus meinertzhageni</i> )	0,23 [0,08-0,62]	1209 [439-3326]	80
<b>Léopard</b> ( <i>Panthera pardus</i> )	0,03 [0,02-0,05]	153 [87-289]	32
<b>Pintade à poitrine blanche</b> ( <i>Agelastes meleagrides</i> )	5,89 [2,5-12,9]	31569 [13394-74407]	32
<b>Pintade huppée</b> ( <i>Guttera verreauxi</i> )	0,15 [0,07-0,32]	782 [354-1731]	29
<b>Potamochère</b> ( <i>Potamochoerus porcus</i> )	1,17 [0,79-1,75]	6286 [4214-9376]	22

### 3.6 Validation de la méthode CTDS

Pour valider la méthode CTDS, nous avons estimé la densité et abondance de onze espèces avec les données de la phase 2 avec une stratification zone de recherche et reste du parc pour l'aire échantillonnée (Table V). Nous avons extrapolé la densité de la phase 2 globale à l'aire totale du parc pour comparer les abondances des phases 1 et 2.



Tableau V. Estimation de la densité et abondance de onze espèces par CTDS dans le PNT. L'abondance globale de la phase 2 a été extrapolée à partir de la densité globale à l'échelle du parc. L'abondance dans la zone « reste du parc » est l'abondance estimée pour la zone d'étude effective de la phase 2, zone réduite.

Espèces	Zones	Phase 1			Phase 2		
		Densité	Abondance	CV	Densité	Abondance	CV
<b>Céphalophe à dos jaune</b> ( <i>Cephalophus silvicultor</i> )	Recherche				0,04 [0-0,18]	11 [0-48]	90
	Reste du parc				0,15 [0,07-0,36]	518 [266-1334]	47
	Global	0,10 [0,04-0,28]	532 [231-1495]	45	0,14 [0,07-0,34]	750 [277-1360]	45
<b>Céphalophe de Jentink</b> ( <i>Cephalophus jentinki</i> )	Recherche				0,14 [0,05-0,29]	37 [12-78]	45
	Reste du parc				0,37 [0,19-0,62]	1368 [702-2317]	30
	Global	0,26 [0,19-0,37]	1389 [690-1328]	18	0,35 [0,18-0,59]	1876 [732-2349]	30
<b>Céphalophe Ogilby</b> ( <i>Cephalophus ogilbyi</i> )	Recherche				5,83 [2,37-11,7]	1557 [668-3105]	42
	Reste du parc				3,72 [2,15-5,57]	13934 [8058-20849]	23
	Global	4 [2,61-6,09]	21392 [14009-32665]	17	3,86 [2,31-5,76]	20690 [9260-23128]	23
<b>Céphalophe noir</b> ( <i>Cephalophus niger</i> )	Recherche				0,49 [0,16-1,05]	132 [42-279]	44
	Reste du parc				1,05 [0,63-1,67]	3941 [2219-5846]	26
	Global	1,09 [0,79-1,51]	5862 [4247-8093]	21	1,01 [0,60-1,66]	5413 [2426-6654]	25
<b>Céphalophe Maxwell</b> ( <i>Philantomba maxwellii</i> )	Recherche						
	Reste du parc						
	Global	21,17 [17,7-24,6]	113468 [92416-137122]	10			
<b>Céphalophe zébré</b> ( <i>Cephalophus zebra</i> )	Recherche				0,48 [0,20-0,99]	127 [53-263]	39
	Reste du parc				0,43 [0,23-0,72]	1615 [873-2693]	29
	Global	1 [0,65-1,51]	5329 [3458-8116]	21	0,43 [0,25-0,71]	2304 [1000-2852]	27
<b>Cercocèbe fuligineux</b> ( <i>Cercocebus atys</i> )	Recherche				6,91 [2,36-13,27]	1845 [630-3543]	40
	Reste du parc				12,02 [6,05-18,80]	45021 [22675-70417]	29
	Global	11,7 [6,61-20,71]	62729 [35454-110988]	21	11,7 [6,18-18,20]	62606 [24821-73045]	27
<b>Chimpanzé</b> ( <i>Pan troglodytes verus</i> )	Recherche				0,68 [0,28-1,46]	181 [76-389]	41
	Reste du parc				0,22 [0,12-0,45]	777 [434-1669]	33
	Global	0,23 [0,09-0,45]	1236 [472-2504]	43	0,25 [0,15-0,47]	1340 [598-1885]	30
<b>Genette de Johnston</b> ( <i>Genetta johnstoni</i> )	Recherche				0,11 [0,04-0,20]	28 [11-54]	38
	Reste du parc				0,26 [0,12-0,50]	985 [458-1875]	38
	Global	0,62 [0,44-0,86]	3317 [2376-4626]	17	0,25 [0,11-0,48]	1340 [479-1918]	37
<b>Hippopotame pygmée</b> ( <i>Choeropsis liberiensis</i> )	Recherche				0,38 [0,18-0,80]	102 [48-214]	37
	Reste du parc				0,23 [0,12-0,44]	877 [458-1652]	31
	Global	0,23 [0,14-0,35]	1255 [731-1763]	26	0,24 [0,14-0,45]	1286 [545-1791]	29
<b>Léopard</b> ( <i>Panthera pardus</i> )	Recherche				0,09 [0,03-0,25]	25 [9-66]	55
	Reste du parc				0,03 [0,02-0,05]	109 [51-202]	33
	Global	0,03 [0,02-0,05]	153 [87-289]	32	0,03 [0,02-0,06]	160 [71-246]	31

## 4. Discussion

Ce rapport présente les résultats de deux phases de biomonitoring avec la méthode CTDS dans le PNT. La première phase, conduite en 2019-2020, a permis de développer la méthode CTDS et estimer la densité de 20 espèces clés. La deuxième phase, conduite en 2021-2022, malgré de nombreuses défaillances logistiques a permis de valider la méthode CTDS comme méthode de suivi écologique pour évaluer la densité de nombreuses espèces. La méthode CTDS est prometteuse mais génère une quantité importante de données qu'il faut traiter avant de pouvoir faire les analyses.

### 4.1 Mise à jour des estimations des densités de 20 espèces

A partir des données de caméras, nous avons pu estimer la densité de 20 espèces. Nous discutons ici les résultats de la phase 1 et comparons aux résultats publiés et aux évaluations de la liste rouge de l'IUCN.

#### *Bongo*

Le bongo (*Tragelaphus eurycerus*) a été évalué en 2016 et listé comme espèce quasi menacée sur la liste rouge de l'IUCN (IUCN SSC Antelope Specialist Group, 2016). La population totale, décroissante, a été estimée à 28000 individus (East, 1999). Cependant des auteurs ont souligné que son activité crépusculaire/nocturne - bien que non observée avec nos données – et un habitat dans les forêts denses avec de grands domaines vitaux empêchent d'obtenir des estimations fiables (Elkan & Smith, 2013). Le bongo de l'Ouest est présent de la Guinée au Bénin. La chasse et la destruction de leur habitat sont leurs principales menaces. Dans le PNT, nous avons estimé une population de 254 individus pour une densité de 0,05 individus/km<sup>2</sup> (CV=47).

#### *Céphalophe à bande dorsale noire*

Le céphalophe à bande dorsale noire (*Cephalophus dorsalis*) a été évalué en 2016 et listé comme espèce quasi menacée sur la liste rouge de l'IUCN (IUCN SSC Antelope Specialist Group, 2020). Il est présent dans 15 pays d'Afrique de l'Ouest et Centrale. La population totale a été estimée à environ 72500 individus (East, 1999). Les menaces principales sont la chasse suivie par la dégradation et perte de son habitat. Nous avons estimé une population de 15308 individus pour une densité de 2,86 individus/km<sup>2</sup> (CV=28) dans le PNT.

#### *Céphalophe à dos jaune*

Le céphalophe à dos jaune (*Cephalophus silvicultor*) a été évalué en 2016 et listé comme espèce vulnérable sur la liste rouge de l'IUCN (IUCN SSC Antelope Specialist Group, 2016d). Il est largement distribué dans 23 pays allant

du sud-ouest du Sénégal à la Zambie. La population totale a été estimée à 160000 individus (East, 1999). Les menaces principales sont la déforestation et la chasse non contrôlée. Nous avons estimé une population de 532 individus à une densité de 0,10 individus/km<sup>2</sup> (CV=45) dans le parc.

#### *Céphalophe de Jentink*

Le céphalophe de Jentink (*Cephalophus jentinki*) a été évalué en 2016 et listé comme espèce en danger sur la liste rouge de l'IUCN (IUCN SSC Antelope Specialist Group, 2016a). Cette espèce de céphalophe est rare dans toute son aire de répartition et n'est présente que dans quatre pays d'Afrique de l'Ouest : Côte d'Ivoire, Guinée, Libéria et Sierra Leone. Les céphalophes de Jentink sont principalement menacés par la destruction de leur habitat et la chasse. Une population totale décroissante de 2000 individus matures a été estimée (East, 1999). Cependant, le céphalophe de Jentink est une espèce nocturne difficile à détecter sur les transects en ligne qui sont parcourus de jour. Par conséquent, les estimations de la population mondiale sont probablement sous-estimées. Nous avons estimé une population de 1389 individus pour une densité de 0,29 individus/km<sup>2</sup> (CV=18) dans le PNT.

#### *Céphalophe de Maxwell*

Le céphalophe de Maxwell (*Philantomba maxwellii*) a été évalué en 2016 et listé comme espèce à préoccupation mineure sur la liste rouge de l'IUCN, avec une population décroissante (IUCN SSC Antelope Specialist Group, 2016g). Il est largement distribué dans la zone forestière de la Haute Guinée et c'est l'espèce de céphalophe la plus répandue avec une population totale estimée à 2137000 individus. Cette espèce est très résiliente à la pression de chasse et s'adapte bien aux habitats dégradés. Nous avons estimé une population de 113468 individus dans le PNT à une densité de 21,17 individus/km<sup>2</sup> (CV=10).

#### *Céphalophe d'Ogilby*

Le céphalophe d'Ogilby (*Cephalophus ogilbyi ssp. Brookei*) a été évalué en 2016 et listé comme espèce vulnérable sur la liste rouge de l'IUCN (IUCN SSC Antelope Specialist Group, 2016c). Il est présent dans quatre pays d'Afrique de l'Ouest (Côte d'Ivoire, Ghana, Libéria et Sierra Leone), et sa population totale a été estimée à seulement 5000 individus matures (East, 1999). Ce céphalophe est très méconnu et il est souvent confondu avec le céphalophe à bande dorsale noire, c'est pourquoi l'estimation de la population totale est à prendre avec précaution. Pour comparaison, il a été estimé une population de 12000 individus dans le parc de Grebo-Krahn situé au Libéria et adjacent au PNT. La menace principale est la chasse, suivi par la perte de son habitat. Nous avons estimé une population de 21392 individus à une densité de 4 individus/km<sup>2</sup> (CV=17) dans le PNT.

### *Céphalophe noir*

Le céphalophe noir (*Cephalophus niger*) a été évalué en 2016 et listé comme espèce à préoccupation mineure sur la liste rouge de l'IUCN (IUCN SSC Antelope Specialist Group, 2016b). Endémique à la forêt de la Haute-Guinée, il est présent dans sept pays : Côte d'Ivoire, Ghana, Guinée, Libéria, Nigéria, Sierra Leone et Togo. Il a été estimé une population décroissante totale de 100000 individus (East, 1999). Ce céphalophe s'adapte bien aux habitats modifiés et est résilient à la chasse. Nous avons estimé une population de 5862 individus à une densité de 1,09 individus/km<sup>2</sup> (CV=21) dans le PNT.

### *Céphalophe zébré*

Le céphalophe zébré (*Cephalophus zebra*) a été évalué en 2016 et listé comme espèce vulnérable sur la liste rouge de l'IUCN (IUCN SSC Antelope Specialist Group, 2016e). La population totale a été estimée à 9500 individus matures et il est présent dans seulement quatre pays en Afrique de l'Ouest : Côte d'Ivoire, Guinée, Libéria et Sierra Leone. Les menaces principales sont la destruction de l'habitat et la chasse. Cette espèce de céphalophe a été décrit comme le moins adaptable à la déforestation et le moins susceptible de survivre à la pression de la chasse et dégradation de son habitat (Wilson, 2001). Dans le PNT, nous avons estimé une population de 5329 individus à une densité de 1 individus/km<sup>2</sup> (CV=21).

### *Chevrotain aquatique*

Le chevrotain aquatique (*Hyemoschus aquaticus*) a été évalué en 2016 comme espèce à préoccupation mineure sur la liste rouge de l'IUCN (IUCN SSC Antelope Specialist Group, 2016f). Il est présent en Afrique de l'Ouest (Sierra Leone, Guinée, Libéria, Côte d'Ivoire et Ghana) et Centrale, et la population totale décroissante a été estimée à 280000 individus. Il est principalement menacé par la perte de son habitat et la chasse. Nous avons estimé une population de 1175 individus à une densité de 0,22 individus/km<sup>2</sup> (CV=55) dans le PNT.

### *Hylochère*

L'hylochère (*Hylochoerus meinertzhageni*) a été évalué en 2016 et listé comme espèce à préoccupation mineure sur la liste rouge de l'IUCN (d'Huart & Reyna, 2016). La sous-espèce *Hylochoerus. m. ivoriensis* est présente en Guinée, Sierra Leone, Liberia, Côte d'Ivoire et Ghana et est généralement présent à de faibles densités. Les hylochères sont principalement menacés par la déforestation et à moindre mesure par la chasse. Nous avons estimé une population de 1209 individus à une densité de 0,23 individus/km<sup>2</sup> (CV=80). Cependant, au vu du CV de notre estimation, la densité estimée dans le PNT doit être prise avec précaution et pour le moment, une estimation de la tendance au cours des prochaines années ne sera pas possible.

### *Potamochère*

Le potamochère (*Potamochoerus porcus*) a été évalué en 2016 comme espèce à préoccupation mineure sur la liste rouge de l'IUCN (Reyna et al., 2016). Il a une large aire de répartition en Afrique de l'ouest et centrale, du sud du Sénégal à l'est de la république démocratique du Congo. La chasse est la menace principale. Les densités rapportées varient de 1 à 6 individus/km<sup>2</sup> (Leus & Vercammen, 2013). Hoppe-Dominik (2011) ont estimé une densité de 1,52 individus/km (CV=26) par observations directes. Nous avons estimé une population de 6286 individus à une densité de 1,17 individus/km<sup>2</sup> (CV=22) dans le PNT.

### *Hippopotame pygmée*

L'hippopotame pygmée (*Choeropsis liberiensis*) a été évalué en 2015 et listé comme espèce en danger sur la liste rouge de l'IUCN (Ransom et al., 2015). Il est présent dans seulement quatre pays d'Afrique de l'Ouest (Côte d'Ivoire, Guinée, Liberia et Sierra Leone). La taille de la population totale est inconnue mais est décroissante. Hentschel (1990) a estimé une population d'hippopotames pygmées à une densité moyenne de 3,5 individus/km<sup>2</sup> dans le PNT par la méthode de transects en ligne. La pression de chasse était particulièrement forte dans la réserve partielle de faune du N'Zo (Hoppe-Dominik, 1999) et il est maintenant absent de cette zone (Fig. XX). Nous avons estimé une population de 1255 individus à une densité de 0,23 individus/km<sup>2</sup> (CV=26) dans le PNT.

### *Eléphant de forêt*

L'éléphant de forêt (*Loxodonta cyclotis*) a été évalué en 2020 comme espèce en danger critique sur la liste rouge de l'IUCN (Gobush et al., 2021). La population et son aire de répartition ont fortement décliné au cours du dernier siècle (plus de 80%). Il est présent dans vingt pays d'Afrique de l'Ouest et Centrale et sa répartition est très fragmentée. La principale menace est la chasse pour leur ivoire, suivie par la fragmentation et perte de leur habitat. Nous avons estimé une population de 286 individus à une densité de 0,05 individus/km<sup>2</sup> (CV=26). Entre 2005 et 2014, un suivi annuel a été fait dans le PNT par la méthode de transects en ligne et le nombre moyen d'éléphants estimés était de 152 [91-259] individus avec un CV allant de 26,7 à 34,6 ; la population était largement sous-estimée.

### *Cercocèbe fuligineux*

Le cercocèbe fuligineux ou mangabey fuligineux (*Cercocebus atys*) a été évalué en 2019 et listé comme espèce vulnérable sur la liste rouge de l'IUCN (Koné et al., 2020). Il est présent dans six pays d'Afrique de l'Ouest – Côte d'Ivoire, Guinée, Guinée Bissau, Libéria, Sénégal et Sierra Leone mais il y a peu d'information sur son abondance et sa distribution (Koné et al., 2020). Les mangabeys vivent en groupe mais ont un comportement de fusion/fission

et passent environ 80% de leur journée à chercher de la nourriture au sol (Range & Noë, 2002). Nous avons estimé une densité de 62729 individus à une densité de 11,7 individus/km<sup>2</sup> (CV=21) dans le PNT.

### *Chimpanzé*

Le chimpanzé (*Pan troglodytes verus*) a été évalué en 2016 et listé comme espèce en danger critique sur la liste rouge de l'IUCN (Humle et al., 2016). Le chimpanzé d'Afrique de l'ouest est présent en Côte d'Ivoire, Ghana, Guinée, Guinée Bissau, Libéria, Mali, Sénégal et Sierra Leone. Une population totale de chimpanzés a été estimée à 35000 individus avec un déclin dramatique de 80% de la population entre 1990 et 2014 (H. S. Kühl et al., 2017). Nous avons estimé une population de 1236 individus à une densité de 0,23 individus/km<sup>2</sup> (CV=43) dans le PNT. Entre 2005 et 2016, un suivi annuel a été fait dans le PNT par la méthode de transects en ligne et le nombre moyen de chimpanzés estimés était de 425 [248-732] individus avec un CV allant de 25,5 à 37,7 ; la population était largement sous-estimée.

### *Civette africaine*

La civette africaine (*Civettictis civetta*) a été évaluée en 2015 et listée comme espèce à préoccupation mineure sur la liste rouge de l'IUCN (Do Linh San et al., 2019). Espèce commune, elle est très largement distribuée en Afrique subsaharienne et présente dans une variété d'environnements. Il n'y a pas d'estimation de la taille de la population totale. Cette espèce n'a pas de menaces majeures mais elle est chassée pour sa peau et la viande ou encore la civettone dans certains endroits. Nous avons estimé une population de 2787 individus à une densité de 0,52 individus/km<sup>2</sup> (CV=22) dans le PNT.

### *Genette de Johnston*

La genette de Johnston (*Genetta johnstoni*) a été évaluée en 2015 comme espèce quasi menacée sur la liste rouge de l'IUCN (Gaubert & Do Linh San, 2016). Sa distribution est principalement limitée aux forêts de la Haute-Guinée, elle est présente en Côte d'Ivoire, Ghana, Guinée, Libéria, Sénégal et Sierra Leone. Il n'y a pas d'estimation de la taille de la population totale. La menace principale est la perte de leur habitat, suivie par la chasse pour certaines des populations. Dans le PNT, nous avons estimé une population de 3317 individus à une densité de 0,62 individus/km<sup>2</sup> (CV=17).

### *Léopard*

Le léopard (*Panthera pardus*) a été évalué en 2015 et listé comme espèce vulnérable sur la liste rouge de l'IUCN (Stein & et al., 2020). Il y a peu d'informations fiables sur leur aire de répartition et abondance/densité. Les

principales menaces à leur survie sont la fragmentation de leur habitat et une réduction de leurs proies. Nous avons estimé une population de 153 individus à une densité de 0,03 individus/km<sup>2</sup> (CV=32).

#### *Pintade à poitrine blanche*

La pintade à poitrine blanche (*Agelastes meleagrides*) a été évaluée en 2021 comme espèce vulnérable sur la liste rouge de l'IUCN (BirdLife International, 2021). Endémique aux forêts de la Haute-Guinée, sa répartition a fortement diminué et elle est maintenant seulement présente en Côte d'Ivoire, Ghana, Liberia et Sierra Leone. La destruction de son habitat et la chasse sont les principales menaces. La population totale a été estimée entre 59100 et 139500 individus mais cette estimation provient d'estimations d'études réalisées dans les années 1990 (BirdLife International, 2021). Dans le PNT, nous avons estimé une population de 31569 individus à une densité de 5,89 individus/km<sup>2</sup> (CV=32).

#### *Pintade huppée*

La pintade huppée (*Guttera verreauxi*) a été évaluée en 2016 comme espèce à préoccupation mineure sur la liste rouge de l'IUCN (BirdLife International, 2016). La population est stable et cette espèce a une large aire de répartition. Nous avons estimé une population de 782 individus à une densité de 0,15 individus/km<sup>2</sup> (CV=29).

### 4.2 Evaluation de la méthode CTDS

La réaction des animaux face à la caméra entraîne un biais important dans l'estimation des densités et abondance par la méthode CTDS (Houa et al., 2022). Lors de l'analyse des densités et abondances, toutes les observations (distances radiales) pour lesquelles l'animal a exprimé un comportement d'attraction, inspection ou évitement à la caméra ont été écartées.

Comme observé dans l'étude de Houa et al. (2022), les hippopotames pygmées semblent s'habituer aux caméras avec le temps. Pour la phase 1, ils réagissaient globalement dans plus de la moitié des observations où ils étaient principalement en train d'inspecter la caméra. Ce comportement s'atténue au cours du temps : la probabilité de réaction est d'environ 0,65 lors de la pose des caméras, puis décroît de moitié après 50 jours de pose pour être quasiment nulle après 120 jours de pose (Houa et al., 2022). Pour la phase 2 du dispositif CTDS dans le PNT, les hippopotames ont réagi dans moins de 5% des observations. La densité et l'abondance sont similaires pour les deux phases, avec un CV de 26% et 29% pour les phases 1 et 2, respectivement. Bien que l'hippopotame pygmée ne réagisse que peu à la caméra pour la phase 2, le nombre de distances radiales est légèrement inférieur comparé à la phase 1 dû au nombre réduit de caméras, ce qui peut expliquer que le CV n'ait pas diminué pour la deuxième phase.

Similairement, les chimpanzés semblent s’habituer aux caméras avec le temps. Ils réagissaient dans 16% des observations pour la phase 1, avec principalement un comportement d’attraction (11%) et à moindre mesure un évitement (4%) et seulement dans 3% des observations pour la phase 2. La densité et l’abondance sont du même ordre de grandeur pour les deux phases et le CV associé aux estimations a diminué de 43 à 30 entre la phase 1 et 2. Ceci peut être expliqué par des données mieux réparties dans le temps et l’espace : en effet, pour la phase 1, 80% des observations ont été faites sur trois points dans la zone de recherche/écotourisme.

Dans les céphalophes, seul le céphalophe de Jentink réagit fortement à la caméra mais il semble également s’habituer légèrement avec le temps. Il a principalement des comportements d’attraction et d’inspection de la caméra, ce qui pourrait entraîner une surestimation de l’abondance si ces comportements n’étaient pas retirés lors de l’analyse. Entre la phase 1 et la phase 2, il semble moins montrer de comportement d’inspection mais est toujours attiré à la caméra dans 13% des observations. Le céphalophe à dos jaune réagit également à la caméra mais à moindre mesure (environ 6-7% des observations) et il ne s’habitue pas à la caméra avec le temps – le nombre d’observations avec réactions est le même entre les deux phases.

Dans les autres espèces qui réagissent à la caméra, l’éléphant de forêt présente un comportement d’attraction dans 28% des observations de la phase 1. Le léopard présente également un comportement d’attraction dans 17% des observations pour la phase 1 mais semble s’habituer à la caméra avec le temps, avec 93% des observations pour lesquelles il a un comportement normal (pas de réaction à la caméra) pour la phase 2. Le potamochère réagit également dans 9% des observations, avec principalement un comportement d’inspection (7%).

D’après la stratification avec les données de la phase 2, la zone de recherche/écotourisme, qui représente 5,4% de l’aire totale du parc est l’habitat de 13,5% du nombre total de chimpanzés, 8% du nombre total d’hippopotames pygmées et 15% du nombre total de léopards. Cependant ces résultats à prendre avec précaution au vu des CV élevés dus au nombre réduit d’observations.

Les valeurs des densités et abondances estimées pour les 11 espèces avec les données de la phase 1 et de la phase 2 sont similaires, sauf pour le céphalophe zébré et la genette de Johnston. Dans le cas du céphalophe zébré, les valeurs estimées pour la phase 2 sont plus de deux fois inférieures à celles de la phase 1. Ceci pourrait être expliqué par le fait qu’une grande partie du parc (au centre du parc – à l’est de Djouroutou et à l’ouest de Soubré) pour laquelle les céphalophes zébrés sont très présents n’a pas été échantillonnée lors de la phase 2. De même, les valeurs de la densité et de l’abondance pour la genette de Johnston ont été divisées par trois entre la phase 1 et la phase 2. La zone à l’est de Djapadji n’a pas été échantillonnée et est une zone pour laquelle cette genette est très présente. Une troisième phase, complète, est nécessaire pour confirmer ces résultats.



### 4.3 Perspectives avec la semi-automatisation du traitement des données

La méthode CTDS génère un nombre extrêmement important de vidéos desquelles les informations doivent être extraites. Pour le moment, ce processus de traitement des données est entièrement fait manuellement et est donc chronophage. Une méthode basée sur l'intelligence artificielle pour accélérer le processus d'identification des espèces et d'estimations des distances est en cours de perfectionnement. Zamba est un outil de machine learning développé par DrivenData qui permet d'une part de classer les vidéos vides qui ne contiennent aucun animal mais qui ont été enregistrées suite à un faux déclenchement de la caméra, et d'autre part 32 espèces ou groupes d'espèces<sup>2</sup>. L'algorithme de détection peut être amélioré en l'entraînant et être modifié pour détecter certaines espèces spécifiques d'intérêt. Cependant, comme dans tout processus d'intelligence artificielle, une partie des identifications doit être vérifiée manuellement pour s'assurer de leur exactitude mais cette semi-automatisation des données permettra tout de même d'accélérer le traitement des données.

Un autre algorithme a plus récemment été mis au point pour estimer la distance à laquelle les individus se situent par rapport à la caméra. Cependant il est important de faire des tests pour vérifier l'exactitude des estimations des distances et évaluer comment ces estimations des distances peuvent influencer les estimations de densités et abondances. Pour cela, nous allons comparer les estimations des densités faites avec les sets de données manuelles et semi-automatisées. De plus, pour le moment l'algorithme ne permet pas de déterminer si l'animal réagit ou non à la caméra. Une vérification manuelle sera donc nécessaire pour les espèces qui réagissent à la caméra.

## 5. Conclusion et recommandations

Les résultats de ces deux phases de biomonitoring avec la méthode CTDS sont encourageants. Cette méthode de biomonitoring permet d'estimer les densités et les abondances de 20 espèces - nocturnes, diurnes et cathémérales - de taille différente (de la pintade à la poitrine blanche à l'éléphant), avec un unique design. Le PNT est l'habitat d'un grand nombre d'espèces, dont certaines espèces emblématiques comme le chimpanzé, l'éléphant de forêt et l'hippopotame pygmée.

La méthode de biomonitoring utilisée jusqu'à présent, i.e. les transects en ligne, ne permet d'obtenir les densités que des chimpanzés et des éléphants. Une densité des céphalophes et des singes peut être estimée mais elle n'est pas spécifique à l'espèce. Les estimations à partir de données indirectes (nids et crottes) nécessitent de plus des facteurs de conversion qui doivent régulièrement être évalués car ils dépendent notamment des facteurs climatiques. Comme vu précédemment, les estimations de densité et abondance notamment des chimpanzés et

---

<sup>2</sup> <https://zamba.drivendata.org/>

des éléphants par transects en ligne sont largement sous-estimées en comparaison avec les estimations par CTDS. Ceci est spécialement dû au fait que les nids et autres indices indirects sont difficiles à voir dans une forêt dense. Le nombre de nids manqués est important, ce qui sous-estime grandement les estimations.

Pour une prochaine phase, nous apportons quelques recommandations :

- Nous conseillons de refaire une nouvelle phase basée sur le design de la phase 1 et non de la phase 2, pour pouvoir faire une comparaison directe des résultats et évaluer la tendance au cours de ces cinq dernières années.
- Refaire une nouvelle phase basée sur le design de la phase 1 et non de la phase 2 permettra également de combiner les données et stratifier l'analyse par années pour améliorer les CV.
- Un suivi régulier des missions sur le terrain est important pour éviter la perte de données.
- Une vérification des caméras et un remplacement d'une partie des caméras si besoin au préalable du début de la nouvelle phase. En effet la grande proportion de vidéos vides lors de la phase 2 comparé à la phase 1 peut être due à des caméras défectueuses.

Compte tenu du temps nécessaire pour la collecte des données et son analyse, nous recommandons d'effectuer une nouvelle phase tous les trois ans pour évaluer les tendances des différentes espèces au cours du temps.

## 6. Références

- BirdLife International. (2016). *Guttera verreauxi*, Western Crested Guineafowl. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016>
- BirdLife International. (2021). *Agelastes meleagrides*, White-breasted Guineafowl. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021>
- Buckland, S. T. (2001). Line transects. In *Distance Sampling* (pp. 104–140). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-095830-6.50009-2>
- Burton, A. C., Neilson, E., Moreira, D., Ladle, A., Steenweg, R., Fisher, J. T., Bayne, E., & Boutin, S. (2015). Wildlife camera trapping: A review and recommendations for linking surveys to ecological processes. In *Journal of Applied Ecology* (Vol. 52, Issue 3, pp. 675–685). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12432>
- Cappelle, N., Després-Einspenner, M.-L., Howe, E. J., Boesch, C., & Kühl, H. S. (2019). Validating camera trap distance sampling for chimpanzees. *American Journal of Primatology*. <https://doi.org/10.1002/ajp.22962>
- Chatelain, C., Kadjo, B., Koné, I., & Refisch, J. (2001). *Relations Faune-Flore dans le Parc National de Tai: une étude bibliographique* (Vol. 3).

- d'Huart, J., & Reyna, R. (2016). *Hylochoerus meinertzhageni*, Forest hog. *The IUCN Red List of Threatened Species*.  
<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016>
- Do Linh San, E., Gaubert, P., Wondmagegne, D., & Ray, J. (2019). *Civettictis civetta*, African Civet. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T41695A147992107.en>
- East, R. (1999). *African Antelope Database 1998*.
- Elkan, P. W., & Smith, J. L. D. (2013). *Tragelaphus eurycerus*. In J. S. Kingdon & M. Hoffmann (Eds.), *The Mammals of Africa. VI. Pigs, Hippopotamuses, Chevrotain, Giraffes, Deer, and Bovids*. Bloomsbury Publishing.
- Fishpool, L. D. C. (2001). Cote d'Ivoire. In *Important Bird Areas in Africa and associated islands-priority sites for conservation* (Vol. 11, pp. 219–232). BirdLife International.
- Gaubert, P., & Do Linh San, E. (2016). *Genetta johnstoni*, Johnston's Genet *The IUCN Red List of Threatened Species*.  
<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016>
- Gobush, K. S., Edwards, C. T. T., Maisels, F., Wittemyer, G., Balfour, D., & Taylor, R. D. (2021). *Loxodonta cyclotis*, African Forest Elephant. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021>
- Hentschel, K. (1990). *Untersuchungen zu Status, Ökologie und Erhaltung des Zwergflußpferdes (Choeropsis liberiensis) in der Elfenbeinküste*. Braunschweig University.
- Hoppe-Dominik, B. (1999). *Analyse du systeme de Biomonitoring pour l'évaluation des activités du projet au Parc National de Tai*.
- Hoppe-Dominik, B., Kühl, H. S., Radl, G., & Fischer, F. (2011). Long-term monitoring of large rainforest mammals in the Biosphere Reserve of Taï National Park, Côte d'Ivoire. *African Journal of Ecology*, 49(4), 450–458.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2011.01277.x>
- Houa, N. A., Cappelle, N., Bitty, E. A., Normand, E., Kablan, Y. A., & Boesch, C. (2022). Animal reactivity to camera traps and its effects on abundance estimate using distance sampling in the Taï National Park, Côte d'Ivoire. *PeerJ*, 10, e13510. <https://doi.org/10.7717/peerj.13510>
- Howe, E. J., Buckland, S. T., Després-Einspenner, M. L., & Kühl, H. S. (2017). Distance sampling with camera traps. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(11), 1558–1565. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12790>
- Humle, T., Boesch, C., Campbell, G., Junker, J., Koops, K., Kuehl, H., & Sop, T. (2016). Pan troglodytes ssp. verus. *The IUCN Red List of Threatened Species*. In *Handbook of the Mammals of the World* (Vol. 3).  
<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T15935A17989872.en>
- IUCN SSC Antelope Specialist Group. (2016). *Tragelaphus eurycerus*. *The IUCN Red List of Threatened Species*.  
<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016>
- IUCN SSC Antelope Specialist Group. (2016a). *Cephalophus jentinki*. *The IUCN Red List of Threatened Species*.  
<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T4140A10456262.en>

- IUCN SSC Antelope Specialist Group. (2016b). *Cephalophus niger*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016>
- IUCN SSC Antelope Specialist Group. (2016c). *Cephalophus ogilbyi ssp. brookei*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T136902A4349303.en>
- IUCN SSC Antelope Specialist Group. (2016d). *Cephalophus silvicultor*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T4150A10477981.en>
- IUCN SSC Antelope Specialist Group. (2016e). *Cephalophus zebra*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T4153A10491721.en>
- IUCN SSC Antelope Specialist Group. (2016f). *Hyemoschus aquaticus*, *Water chevrotain*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T10341A3195464.en>
- IUCN SSC Antelope Specialist Group. (2016g). *Philantomba maxwellii*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T4142A10465396.en>
- IUCN SSC Antelope Specialist Group. (2020). *Cephalophus dorsalis* (Amendment version of 2016 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-1.RLTS.T4139A166523704.en>
- Koch, V. (1994). Peuplement et ethnies. In E. Riezebos, A. Vooren, & J. Guillaumet (Eds.), *Le Parc National de Taï-Côte-d'Ivoire; Synthèse des connaissances* (pp. 94–100).
- Koné, I., McGraw, S., Gonedelé Bi, S., & Barrie, A. &. (2020). *Cercocebus atys*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020>
- Kühl, H., Maisels, F., Ancrenaz, M., & Williamson, E. A. (2008). *Best Practice Guidelines for Surveys and Monitoring of Great Ape Populations*. [www.iucn.org/themes/ssc](http://www.iucn.org/themes/ssc)
- Kühl, H. S., Sop, T., Williamson, E. A., Mundry, R., Brugière, D., Campbell, G., Cohen, H., Danquah, E., Ginn, L., Herbinger, I., Jones, S., Junker, J., Kormos, R., Kouakou, C. Y., N'Goran, P. K., Normand, E., Shutt-Phillips, K., Tickle, A., Vendras, E., ... Boesch, C. (2017). The Critically Endangered western chimpanzee declines by 80%. *American Journal of Primatology*, 79(9). <https://doi.org/10.1002/ajp.22681>
- Leus, K., & Vercammen, P. (2013). *Potamochoerus porcus*. In J. S. Kingdon & M. Hoffman (Eds.), *The Mammals of Africa. Volume 6. Pigs, Deer, Giraffe, Bovids, and Hippos*. Bloomsbury Publishing.
- Marques, F. F. C., Buckland, S. T., Goffin, D., Dixon, C. E., Borchers, D. L., Mayle, B. A., & Peace, A. J. (2001). Estimating Deer Abundance from Line Transect Surveys of Dung: Sika Deer in Southern Scotland. In *Source: Journal of Applied Ecology* (Vol. 38, Issue 2).
- Nichols, J. D., & Williams, B. K. (2006). Monitoring for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(12), 668–673. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.08.007>

- Plumptre, A. J., & Reynolds, V. (1997). Nesting Behavior of Chimpanzees: Implications for Censuses. In *International Journal of Primatology* (Vol. 18, Issue 4).
- Range, F., & Noë, R. (2002). Familiarity and dominance relations among female sooty mangabeys in the Taï National Park. *American Journal of Primatology*, 56(3), 137–153. <https://doi.org/10.1002/ajp.1070.abs>
- Ransom, C., Robinson, P. T., & Collen, B. (2015). *Choeropsis liberiensis*, *Pygmy Hippopotamus*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015>
- Reyna, R., Jori, F., Querouil, S., & Leus, K. (2016). *Potamochoerus porcus*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016>
- Rödel, M.-O., & Ernst, R. (2004). Measuring and monitoring amphibian diversity in tropical forests. I. An evaluation of methods with recommendations for standardization. *Ecotropica*, 10(1). <https://www.researchgate.net/publication/228861405>
- Rovero, F., & Zimmerman, F. (2016). *Camera Trapping for Wildlife Research (Data in the Wild)* (F. Rovero & F. Zimmermann, Eds.). Pelagic Publishing.
- Rowcliffe, J. M., Kays, R., Kranstauber, B., Carbone, C., & Jansen, P. A. (2014). Quantifying levels of animal activity using camera trap data. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(11), 1170–1179. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.12278>
- Stein, A. B., & et al. (2020). *Panthera pardus*, *Leopard*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-1.RLTS.T15954A163991139.en>
- Walsh, P. D., & White, L. J. T. (2005). Evaluating the steady state assumption: simulations of gorilla nest decay. In *Ecological Applications* (Vol. 15, Issue 4).
- Wilson, V. J. (2001). *Duikers of Africa: Masters of the African Forest Floor* (Directory Publishers).