

**SUIVI DE LA
DYNAMIQUE DES
GRANDS ET MOYENS
MAMMIFERES DANS
LE PARC NATIONAL DE
MOUKALABA-DOUDOU**

**COMPLEXE D'AIRES
PROTEGEES DE GAMBA
(CAPG)**

GABON

N'GORAN K. Paul¹
BEUKOU C. Ghislain Brice¹
NZAMBA Brave²
BAAS Pauline²
MAGANGA Pierre Brice²

¹) *Fonds Mondial pour la Nature (WWF) / Bureau Régional pour l'Afrique – Centre de Yaoundé / Bureau de Programme du Cameroun, Yaoundé*

²) *Fonds Mondial pour la Nature (WWF) / Bureau Régional pour l'Afrique – Centre de Yaoundé / Bureau de Programme du Gabon – Programme Sud, Gamba*



REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements vont à l'égard de toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de cet inventaire de faune. Merci au Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CENAREST) et à l'Agence Nationale des Parcs Nationaux (ANPN) pour avoir autorisé l'étude. Merci à l'African Elephant Fund (UNEP) pour avoir financé entièrement cette étude. Nous tenons à remercier particulièrement tous les membres des équipes de terrain pour la collecte des données: Boussamba Madouma Bob Stéphane, Justin Omer Bailley, Wilfried Bouanga, Alain Diyombi, Armel Dimitri Maganga, Cedrick Mapangou, Jonh Alfred Mboumba, Wilfried Mboumba Moussouami, Ulrich MOUNGUIAMA Sissou, Djerry Moussavou Malonda, Eudes Moutsinga, Roni Ngoma Mouketou, Olivier Nzamba, Jean Louis Tsoni, Dalsy Ndembi Boucka, Jerry Fity Issiga, Yann Kaly Siby, Pie Nziengui, Jerry Sheronn Mbatchi, Hans Peter Ngouvy, David Moussavou, Guy Lionel Mounanga, Eric Moussavou, Denis Iwangou, Arnol Sika Edzang, Ghislain Dikamba, Gael Koumba Mvoubou, Franck Davy Pambou, Lary Stephel Mabounda Nzahou, et Audric Kenny Joris Nzamba Moudziengou. Nous remercions également nos collègues de l'ANPN, Stéphanie Bourgeois et Angès Ibouanga Nzamba, pour leur apport dans la formation des équipes à la collecte des échantillons génétiques à partir des crottes d'éléphant. Merci au Conservateur du Parc National de Moukalaba-Doudou, Christian Rembeyo, et aux écogardes pour leur assistance et leur disponibilité. Enfin, merci aux personnes suivantes qui ont contribué à la formation des équipes de terrain, à la préparation des missions, au transport des équipes sur le terrain, et à la production des documents de contrats du personnel de terrain : Anselme MOUNGUENGUI, Bertrand Essonghe, Yannick Tchibinda, Guy-Aimé Moussavou, Simplicite Mbouity, Terrence Ekanje, Pierre Brice Maganga, Abdel Migolet et Espérance Massavala.

RESUME

Un inventaire de moyens et grands mammifères a été réalisé dans le Parc National de Moukalaba-Doudou (PNMD), d'octobre 2020 à février 2021. Il avait pour objectifs : 1) d'estimer les paramètres d'abondance des espèces animales cibles, 2) de faire une cartographie de leur distribution spatiale, avec une estimation du taux d'occupation spatiale, 3) d'estimer l'intensité des activités anthropiques et d'identifier les zones de fortes pressions, 4) d'évaluer l'influence des principaux facteurs qui conditionnent la présence des espèces et 5) de proposer des mesures pour une meilleure gestion du parc.

Les données sur la faune et les indices d'activités humaines ont été collectées par cinq équipes de quatre personnes chacune, en utilisant la méthode d'échantillonnage par la distance, avec des transects linéaires combinés aux marches de reconnaissance (recces), et la méthode de présence-absence (Occupancy en anglais) en utilisant le piégeage photographique. Au total, 448,1 km de transects sur 494 km programmés, et 1978 km de recces ont été parcourus. En outre, une étude spécifique basée sur la méthode rétrospective à deux visites, a été conduite d'août 2020 à mars 2021 pour estimer la durée moyenne de dégradation des crottes d'éléphants et des nids de grands singes durant la période de l'inventaire.

En tout, 115 cameras ont pu être installées sur 123 stations de piégeage prévues (avec une caméra par station), cumulant 17 296 jours d'exposition, correspondant à une durée moyenne de 175 [37-229] nuits par station. Les indices collectés et les images enregistrées ont permis de confirmer la présence de 30 espèces de grands et moyens mammifères. Il ressort des analyses que la population d'éléphants est restée relativement stable depuis 2018 avec une estimation de 1134 [883-1458] individus distribués sur la quasi-totalité de l'étendue du parc. Les données collectées sur les grands singes n'ont pas permis de produire une estimation fiable de la densité pour les deux espèces, toutefois, la distribution des indices montre une plus forte présence au nord et à l'est du parc. L'éléphant, le céphalophe bleu, le céphalophe à dos jaune, le céphalophe d'Ogilby, le chimpanzé, le gorille, le potamochère et le léopard ont un taux d'occupation estimé à plus de 0,50, avec une occupation spatiale relativement plus importante en saison sèche. La distribution spatiale des éléphants semble être conditionnée par les facteurs liés à la présence humaine, comme la proximité non agressive des villages. Dans l'ensemble, l'altitude et la végétation herbacée et marécageuse font partie des principaux facteurs qui influencent l'occupation spatiale de la plupart des espèces dans le PNMD. En outre, les résultats obtenus montrent que les signes d'activités humaines sont très peu abondants, la majorité résultant d'anciennes activités d'exploitation forestière. En effet, les différentes mesures de gestion potentiellement efficaces, ainsi que les rivières constituant des barrières naturelles auraient sans doute contribué au faible niveau de perturbation du parc. Afin de conserver ce contexte de faibles impacts négatifs de la part des populations riveraines, les efforts de conservation devront être poursuivis dans le paysage ; ils devront être en grande partie concentrés sur la résolution des conflits homme-faune qui s'intensifient. Aussi, dans le but de garantir un suivi de qualité et des inventaires fauniques bien réalisés, les équipes devront bénéficier de plus de formations, et un système de contrôle régulier de la qualité des données devra être fonctionnel durant les phases de collecte de données.

SURMMARY

A wildlife survey of medium and large mammals was carried out in the Moukalaba-Doudou National Park (MDNP), from October 2020 to February 2021. Its objectives were: 1) to estimate the abundance parameters of targeted mammal species, 2) to map their spatial distribution, with an estimate of the spatial occupancy rate, 3) to estimate the intensity of anthropogenic activities and to identify areas of high pressure, 4) to assess main factors that influence the presence of species and 5) to propose measures for better management of the park.

Data on wildlife presence signs and human activities were collected by five teams consisting of four people each. The distance sampling with line transects method, combined with reconnaissance walks (recces), and the occupancy method using camera traps were applied. A total of 448.1 km of transect out of 494 km planned and 1978 km of recces were completed. In addition, a specific study based on the retrospective method was conducted from August 2020 to March 2021 to estimate the average decay time of elephant dungs and great ape nests during the survey period.

In total, 115 cameras were installed out of 123 stations planned (with one camera per station). A total effort of 17,296 camera-days, corresponding to an average duration of 175 [37-229] nights per station was completed. All collected data from both methods allowed the confirmation of 30 species of large and medium mammals. Analyses show that the elephant population has remained relatively stable since 2018 with an estimate of 1,134 [883-1,458] individuals distributed over almost the entire park. Data collected on great apes did not allow a reliable density estimate for both species, however, the spatial distribution of presence signs shows a stronger presence in the northern and eastern parts of the park.

Elephants, blue duikers, yellow-backed duikers, Ogilby duikers, chimpanzees, gorillas, red river hogs and leopards have an estimated occupancy rate higher than 0.50, with relatively greater spatial occupancy in the dry season. The spatial distribution of elephants seems to be more influenced by factors related to human presence, such as the non-aggressive proximity of villages. Overall, altitude and herbaceous vegetations and wetlands are among the main factors that influence the spatial occupation of most species in MDNP. In addition, the results obtained show that there are very few signs of human activities, the majority of which result from former logging activities. Indeed, the potentially effective management measures as well as the rivers constituting natural barriers would have contributed to reduce the level of disturbance in the park. In order to maintain this context of low negative impacts from local populations, conservation efforts need to be increased in the landscape, and be mainly focused on resolving the current increasing human-wildlife conflicts. Also, in order to guarantee quality monitoring and reliable wildlife surveys, all field teams need to benefit from adequate training, and a data quality control system need to be functional during the data collection phases.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	I
RESUME.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
SUMMARY.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
LISTE DES TABLEAUX	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
LISTE DES FIGURES.....	VIII
1. INTRODUCTION.....	1
1.1. Contexte.....	1
1.2. Objectif de l'étude	2
2. PRESENTATION BREVE DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	3
3. MÉTHODOLOGIE.....	5
3.1. Plan d'échantillonnage.....	5
3.2. Données collectées par transects linéaires et par marches de reconnaissance (recces) ..	6
3.3. Données collectées pour l'étude de dégradation des nids de grands singes et des crottes d'éléphants.....	7
3.4. Données par piégeage photographique (caméra).....	7
4. ANALYSES DE DONNEES	9
4.1. Paramètres d'abondance.....	9
4.1.1. Données de transects et recces	9
4.1.2. Données de pièges photographiques	10
4.2. Effet des covariables / facteurs environnementaux sur l'abondance relative et l'occupation spatiale des espèces et groupes d'espèces.....	11
4.3. Elaboration des cartes de distribution spatiale.....	12
5. RESULTATS ET DISCUSSIONS	13
5.1. Effort d'échantillonnage.....	13
5.2. Richesse spécifique	14
5.3. Abondance et distribution spatiale de la faune	16
5.3.1. Les éléphants	16
5.3.1.1. Estimation du taux de dégradation des crottes	16
5.3.1.2. Abondance et distribution spatiale.....	17
5.3.1.3. Activité circadienne et occupation spatiale	19
5.3.1.4. Effet des covariables sur l'occupation spatiale et l'abondance relative	22
5.3.2. Les primates	23
5.3.2.1. Les grands singes.....	23
5.3.2.2. Les petits singes.....	32
5.3.3. Les bovidés.....	35
5.3.3.1. Buffles	35
5.3.3.2. Les céphalophes et autres bovidés.....	39
5.3.4. Le potamochère	50
5.3.4.1. Abondance et distribution spatiale.....	50
5.3.4.2. Activités circadiennes et occupation spatiale	52
5.3.4.3. Influence des covariables sur l'occupation spatiale et l'abondance relative	54
5.3.5. Léopard.....	54
5.3.5.1. Activité circadienne et occupation spatiale	54
5.3.5.2. Influence des covariables sur l'occupation spatiale.....	56

5.4.	<i>Abondance et distribution des activités humaines</i>	57
6.	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	59
7.	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	60
8.	ANNEXES	I

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Paramètres climatiques des saisons considérées lors de l'étude.....	11
Tableau 2: Taux d'occupation naïve et taux de capture par espèces	15
Tableau 3: Taux de rencontre des signes d'éléphants rencontrés sur les transects	17
Tableau 4: Densité et taille des populations d'éléphants dans le PNMD	17
Tableau 5: Influence des covariables sur le taux de rencontre des signes d'activités de l'éléphant	23
Tableau 6: Poids relatifs et coefficients moyens des covariables ayant permis de prédire les taux d'occupation pour l'éléphant.....	23
Tableau 7 : Taux de rencontre des signes de grands singes rencontrés sur les transects	25
Tableau 8: Influence des covariables sur les taux de rencontre des signes d'activités du gorille et du chimpanzé.....	31
Tableau 9: Poids relatifs et coefficients moyens des covariables ayant permis de prédire le taux d'occupation du chimpanzé.....	31
Tableau 10: Poids relatifs et coefficients moyens des covariables ayant permis de prédire le taux d'occupation du gorille.....	31
Tableau 11 : Taux de rencontre des groupes de petits singes sur les transects.	32
Tableau 12: Influence des covariables sur le taux de rencontre des signes d'activités des petits singes	34
Tableau 13 : Taux de rencontre des signes de buffles sur les transects.....	35
Tableau 14: Influence des covariables sur le taux de rencontre des signes d'activités du buffle.....	39
Tableau 15: Poids relatifs et coefficients moyens des variables ayant permis de prédire le taux d'occupation du buffle.....	39
Tableau 16: Taux de rencontre des signes de céphalophes et autres bovidés sur les transects	40
Tableau 17: Influence des covariables sur le taux de rencontre des signes d'activités des Céphalophes et autres ongulés.....	49
Tableau 18: Poids relatifs et coefficients moyens des variables ayant permis de prédire le taux d'occupation du céphalophe à dos jaune.....	49
Tableau 19: Poids relatifs et coefficients moyens des variables ayant permis de prédire le taux d'occupation du céphalophe bleu	50
Tableau 20: Poids relatifs et coefficients moyens des variables ayant permis de prédire le taux d'occupation du céphalophe d'Ogilby	50
Tableau 21 : Taux de rencontre des signes de suidés sur les transects.....	51
Tableau 22: Influence des covariables sur le taux de rencontre des signes d'activités du potamochère.....	54
Tableau 23: Poids relatifs et coefficients moyens des variables ayant permis de prédire le taux d'occupation du potamochère.....	54
Tableau 24: Poids relatifs et coefficients moyens des variables ayant permis de prédire le taux d'occupation du léopard.....	57
Tableau 25: Taux de rencontre des activités anthropiques sur les transects.....	57

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation du PNMD dans le Complexe d'Aires Protégées de Gamba.....	1
Figure 2: Dispositif d'échantillonnage pour la collecte de données dans le PNMD.....	6
Figure 3: Répartition de l'effort d'échantillonnage accompli durant la collecte de données.....	13
Figure 4: Espèces et groupes d'espèces rencontrées sur les transects et recces au cours de l'inventaire.....	14
Figure 5 : Evolution du nombre d'espèces détectées en fonction de la durée d'exposition des cameras.....	15
Figure 6: Courbe de survie des crottes d'éléphants.....	16
Figure 7 : Distribution spatiale des indices de présence des éléphants dans le PNMD.....	18
Figure 8: Activité circadienne de l'éléphant.....	19
Figure 9: Comparaison des taux d'occupation (psi) et des taux de détection (p) de l'éléphant par saison et pour l'ensemble.....	20
Figure 10: Occupation spatiale du PNMD par les éléphants.....	21
Figure 11: Occupation spatiale du PNMD par les éléphants pendant la saison sèche (gauche) et pendant la saison pluvieuse (droite).....	22
Figure 12: Courbe de survie des nids de grands singes.....	24
Figure 13: Distribution spatiale des indices de présence de grands singes dans le PNMD.....	26
Figure 14: Distribution spatiale des indices de présence des gorilles (gauche) et des chimpanzés (droite).....	27
Figure 15: Activité circadienne du chimpanzé.....	27
Figure 16: Activité circadienne du gorille.....	28
Figure 17: Comparaison des taux d'occupation (psi) et des taux de détection (p) du chimpanzé.....	28
Figure 18: Comparaison des taux d'occupation (psi) et des taux de détection (p) du gorille par saison et pour l'ensemble.....	29
Figure 19: Occupation spatiale du PNMD par le chimpanzé (gauche) et le gorille (droite).....	30
Figure 20 : Distribution spatiale des indices de présence de petits singes dans le PNMD.....	33
Figure 21: Activités circadiennes du cercocèbe à collier blanc (haut) et du Mandrill (bas).....	34
Figure 22: Distribution spatiale des indices de présence du buffle dans le PNMD.....	36
Figure 23: activité circadienne des buffles.....	37
Figure 24: Comparaison des taux d'occupation (psi) et des taux de détection (p) du buffle par saison et pour l'ensemble.....	37
Figure 25: Occupation spatiale du PNMD par les buffles.....	38
Figure 26: Distribution spatiale des indices de présence des céphalophes et autres bovidés.....	41
Figure 27: Activités circadiennes du céphalophe à dos jaune, céphalophe Bleu et céphalophe d'Ogilby.....	42
Figure 28: Comparaison des taux d'occupation (psi) et des taux de détection (p) du céphalophe à dos jaune par saison et pour l'ensemble.....	43
Figure 29: Occupation spatiale du PNMD par les céphalophes à dos jaune.....	44
Figure 30: Comparaison des taux d'occupation (psi) et des taux de détection (p) du céphalophe bleu par saison et pour l'ensemble.....	45
Figure 31: Occupation spatiale du PNMD par les céphalophes bleus.....	46
Figure 32: Comparaison des taux d'occupation (psi) et des taux de détection (p) du céphalophe d'Ogilby par saison et pour l'ensemble.....	47
Figure 33: Occupation spatiale du PNMD par les céphalophes Ogilby.....	48
Figure 34: Distribution spatiale des indices de suidés dans le PNMD.....	51
Figure 35: Activité circadienne des potamochères.....	52

Figure 36: Comparaison des taux d'occupation (ψ) et des taux de détection (p) du potamochère par saison et pour l'ensemble	52
Figure 37: Occupation spatiale du PNMD par les potamochères.....	53
Figure 38: Activités circadienne des léopards.....	55
Figure 39: Comparaison des taux d'occupation (ψ) et des taux de détection (p) du léopard par saison et pour l'ensemble	55
Figure 40: Occupation spatiale du PNMD par le léopard	56
Figure 41: Distribution spatiale des activités anthropiques dans le PNMD	58

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte

Le Parc National de Moukalaba-Doudou (PNMD), dans le Complexe d'Aires Protégées de Gamba (CAPG), est situé au Sud-ouest du Gabon et possède une superficie de 4458,85 km² (figure 1). Il fait partie du paysage transfrontalier de conservation Gamba-Mayumba-Conkouati défini comme prioritaire pour les interventions du Fonds Mondial pour la Nature (WWF) dans le bassin du Congo.

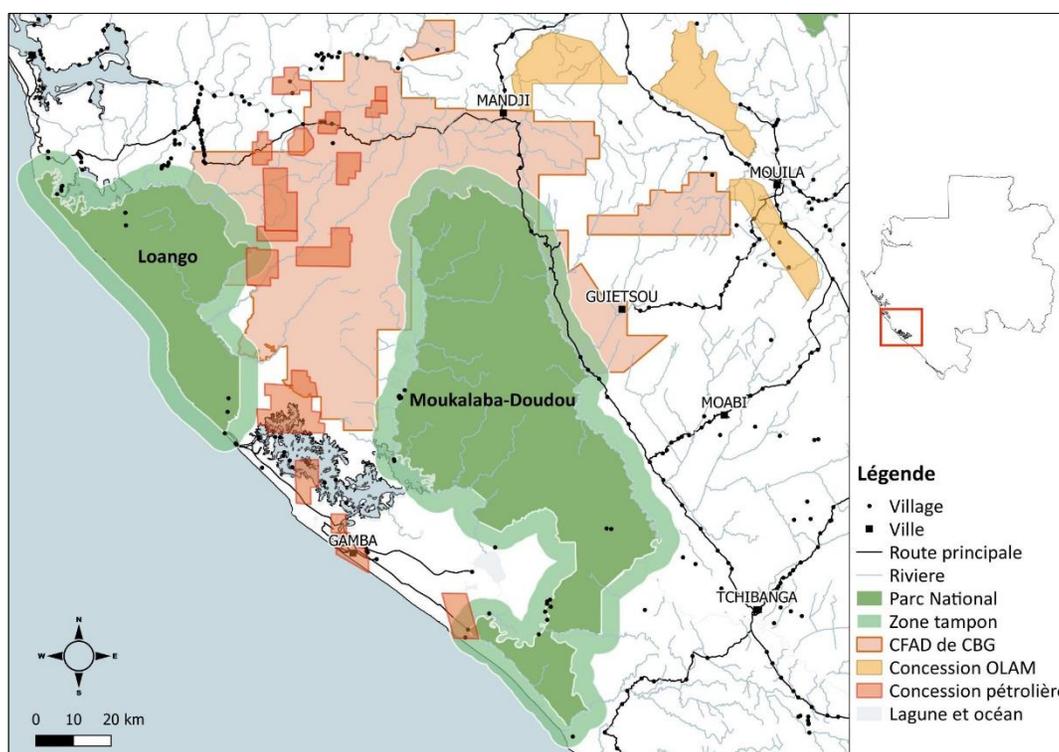


Figure 1: Localisation du PNMD dans le Complexe d'Aires Protégées de Gamba.

Les enjeux de la conservation de la biodiversité dans cet espace sont : (1) les activités des industries extractives avec un nombre important de permis d'exploitation forestière et d'extraction pétrolière autour des parcs nationaux qui constituent des menaces directes pour les écosystèmes naturels et la faune sauvage ; (2) la proximité des grandes agglomérations qui favorisent l'exploitation non durable des ressources naturelles et (3) l'ampleur croissante des conflits homme-éléphants se manifestant par la dévastation des plantations agricoles des populations locales, et entraînant leur mécontentement et leur désintérêt pour les activités de conservation.

Face à ces enjeux, il devient difficile de mener à bien et avec aisance, des activités de conservation dans le complexe. Afin de mieux comprendre ces enjeux et leur implication dans un processus de gestion durable, plusieurs études comme des inventaires fauniques et le suivi des conflits homme-faune sont menées. En effet, les inventaires fauniques réalisés de manière périodique constituent un outil efficace pour soutenir et orienter les prises de décision de gestion comme défini dans la

stratégie régionale de biomonitoring du WWF en Afrique centrale. Ils permettent non seulement d'apprécier l'état de conservation de la faune ainsi que le niveau et l'étendue des pressions humaines, mais aussi d'évaluer de manière fiable les impacts des activités de conservation menées.

En 2017/2018, un inventaire de moyens et grands mammifères avait été réalisé par le WWF et l'Institut Smithsonian dans le corridor industriel du CAPG. Cependant, le PNMD n'avait pas été pris en compte, les données obtenues avaient été modélisées pour prédire les résultats dans les parcs nationaux voisins (Loango et Moukalaba-Doudou). D'où l'intérêt de la réalisation du présent inventaire de faune dans le PNMD en 2020/2021.

1.2.Objectif de l'étude

Dans le but d'actualiser et/ou de confirmer le statut des grands et moyens mammifères, ainsi que celui des pressions anthropiques dans le PNMD, l'inventaire faunique réalisé avait pour objectifs spécifiques de :

1. Estimer les paramètres d'abondance des populations de différentes espèces (éléphant, gorille, chimpanzé, céphalophes, petits singes, etc.), ainsi que leurs périodes d'activités journalière ;
2. Faire une cartographie ponctuelle de la distribution spatiale des espèces et groupes d'espèces ;
3. Estimer l'intensité des pressions humaines et cartographier leur distribution spatiale ;
4. Déterminer les taux d'occupations des principales espèces de mammifères présentes et cartographier leur occupation spatiale ;
5. Evaluer l'influence des principaux facteurs/variables qui conditionnent la présence des espèces ;
6. Proposer des mesures pour une meilleure gestion de la biodiversité dans le PNMD et plus largement dans le CAPG.

2. PRESENTATION BREVE DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le PNMD, créé par le décret 616/PR/MEFEPEPN du 30 Août 2002, résulte de la réunion de la réserve de faune de Moukalaba-Dougoua et de l'essentiel de l'Aire d'Exploitation Rationnelle de Faune du massif des Monts Doudou. Le parc a été inscrit sur la liste indicative des biens du Gabon au patrimoine mondial de l'UNESCO le 20 octobre 2005. Il se situe entre les coordonnées géographiques 10°06'35'' et 10°46'00'' de longitude Est et entre 1°53'35'' et 3°09'23'' de latitude Sud, à cheval sur les provinces de la Ngounié, de la Nyanga et de l'Ogooué Maritime.

Le relief du PNMD est marqué dans sa partie centrale par les Monts Doudou qui culminent à 820 m d'altitude orientés suivant l'axe Nord-Sud. Le climat de la zone est équatorial chaud et humide. On observe souvent une courte saison sèche en janvier, et la longue saison sèche dure de juin à août, bien que le régime des précipitations varie fortement d'une année à l'autre (Lee et al, 2006). Le climat est humide le reste du temps avec une humidité relative moyenne annuelle de 85%. En effet, on relève entre 1 600 et 2 000 mm de précipitations par an et la température annuelle moyenne oscille entre 25 et 26° C, avec des maximales généralement enregistrées entre mars et mai.

Le PNMD est entouré de quelques routes carrossables dans ses parties nord, est et sud-est ; ces routes servent généralement de voies d'accès au parc. En outre, plusieurs campements et villages situés à l'intérieur et à l'extérieur du parc et de sa zone tampon constituent des sources de menaces potentielles pour la faune et leur habitat.

Le parc est aussi accessible en pirogue par la lagune Ndougou et la rivière Bongo à l'ouest ainsi que par la rivière Mouambi à partir de Mayonami ou Mougagara au sud-ouest. Par ailleurs, le PNMD est à cheval sur les bassins hydrologiques de la Nyanga et de lagune Ndougou qui se jettent tous deux dans l'océan Atlantique. Le bassin de la Nyanga draine toute la partie sud du parc et les plaines de la Nyanga et de la Moukalaba. Dans la partie de la Nyanga située à l'intérieur du parc, une série de rapides donne au paysage un caractère pittoresque. Dans la partie ouest du parc, le bassin de la lagune Ndougou (1 587 km²) est alimenté par la rivière Ndogo (aussi appelée Rembo Ndogo ou Rembo Bongo) qui rassemble les eaux de nombreux petits cours d'eau à l'ouest des Monts-Doudou.

En bordure de la rivière Ndogo, dans la zone tampon du Parc National, de nombreux lacs sont accessibles et les terrains marécageux couvrent une superficie importante. D'une manière générale, la végétation du PNMD est constituée de forêts denses (environ 90%), de zones marécageuses et herbacées (environ 7%) et de forêts ouvertes à environ 2,4%. La végétation reste plus ou moins intacte avec des zones dégradées (plantations et habitations) représentant moins de 0,2% de la superficie totale. Les écosystèmes de terre ferme couvrent la majeure partie nord et est du parc,

tandis que les écosystèmes aquatiques constitués de marais des bassins de la Nyanga et du Rembo Ndogo se situent au sud et à l'ouest du parc, faisant partie du site RAMSAR de Sette Cama.

Chacun des paysages abrite une faune et une flore caractéristique, créant une diversité biologique très élevée au PNMD. Le parc est considéré comme « assez peu connu » au niveau floristique avec seulement 2 500 spécimens conservés dans les herbiers, avec moins de 1 000 espèces recueillies dans les zones d'altitude (>450m) (Sosef et al, 2004) dont 11% endémiques.

Le PNMD compte 82 espèces de mammifères, 380 espèces d'oiseaux (Sargeant. 1993), 42 espèces de reptiles incluant les trois espèces de crocodiles africains (*Crocodylus niloticus*, *Mecistops cataphractus* et *Osteolaemus tetraspis*), 54 espèces d'amphibiens avec 51 espèces différentes de grenouilles ce qui constitue un record pour le Gabon, 39 genres de fourmis et 16 genres de guêpes (Christy et al., 2008). Parmi les espèces remarquables du Parc National de Moukalaba-Doudou, on compte des espèces importantes sur le plan national et international (UICN) de la conservation (éléphant, *loxodonta cyclotis*, et hippopotame, *Hippopotamus amphibius*) ; le parc est notamment reconnu comme abritant l'une des populations les plus importantes de gorilles (*Gorilla gorilla*) et de chimpanzés (*Pan troglodytes*). Le cobe défassa (*Kobus ellipsiprymnus*) par exemple, n'a pas encore été identifié dans d'autres parcs nationaux du pays (Christy et al. 2008).

3. MÉTHODOLOGIE

3.1. Plan d'échantillonnage

La collecte de données sur la faune sauvage a été réalisée suivant deux approches : (1) une approche basée sur la Méthode d'Echantillonnage par la Distance (Distance Sampling en anglais) avec des transects linéaires (Buckland *et al.* 2001), et (2) l'autre reposant sur la méthode de Présence-Absence (Occupancy en anglais) (MacKenzie *et al.* 2004 & 2006) en utilisant les pièges photographiques.

L'effort d'échantillonnage sur les transects a été déterminé sur la base des taux de rencontre des signes des espèces cibles (crottes d'éléphants et nids de grands singes) issus des résultats obtenus dans la zone par le passé (Vanthomme et Nzamba, 2018). La formule suivante de Buckland *et al.* (2001) a été utilisée à cet effet :

$$L = \left(\frac{b}{[CV(\hat{D})]^2} \right) \left(\frac{L_0}{n_0} \right) \text{ Avec :}$$

(**L**) Longueur totale des transects (Effort d'échantillonnage) ; (**b**) Paramètre de dispersion fixé à 3 ; (**CV**) Coefficient de variation (précision) attendu pour la densité \hat{D} à estimer ; (**L_0/n_0**) Inverse du taux de rencontre des crottes d'éléphants ou des nids de grands singes (n_0 =nombre et L_0 =effort).

Ainsi, l'effort d'échantillonnage de 494 km comprenant 247 transects linéaires de 2 km chacun, espacés de 3,5 km a été retenu dans le but d'atteindre un Coefficient de Variation d'au plus 25% dans l'estimation de la densité des éléphants et des grands singes. L'orientation des transects (45°) était plus ou moins perpendiculaire aux cours d'eau majeurs (figure 2), afin de tenir compte du potentiel gradient de densité qu'ils imposent sur la faune sauvage dans la région. Ainsi, les 247 transects ont été disposés de manière systématique avec un point de part aléatoire en utilisant le logiciel Distance (Thomas *et al.* 2010)

Au total, 123 stations de piégeage photographique ont été disposées de manière systématique dans la zone d'étude (figure 2). Chaque station occupait le centroïde de la cellule d'une grille de 6x6km. Ce dispositif est issu de la « Grille nationale » instituée par l'ANPN (Agence des Parcs Nationaux du Gabon). Ce dispositif prend en compte un principe fondamental de la méthodologie d'estimation de l'occupation spatiale selon lequel les unités d'échantillonnage (station de piégeage) doivent être spatialement indépendantes les unes des autres, ce qui signifie qu'une détection à une station n'influence pas ce qui est observé au niveau des stations voisines.

carnets de note, une codification du nom des espèces et de leurs signes, des activités humaines et des facteurs du milieu a été utilisée (Annexe I).

En général à chaque observation, les informations enregistrées comprenaient : l'heure d'observation, la distance parcourue sur le transect, l'indice vu, l'espèce concernée, les coordonnées géographiques et d'autres informations spécifiques. La description du milieu et du temps (type de végétation, météo, etc.) étaient également faites pour chaque détection.

Des données spécifiques ont été recensées par espèce ou par groupe d'espèces selon que l'observation ait été faite sur le transect ou le recce ; et les mesures effectuées dépendaient du type d'indice rencontré. Par exemple, les distances perpendiculaires aux transects ont été seulement mesurées (au centimètre près) lorsque des nids de grands singes, des crottes d'éléphants, ainsi que crottes de céphalophes et d'autres ongulés étaient observés.

3.3. Données collectées pour l'étude de dégradation des nids de grands singes et des crottes d'éléphants

Afin d'avoir une estimation précise de la densité et de la taille des populations des grands singes et des éléphants, une étude spécifique a été conduite dans le PNMD pour estimer la durée moyenne de vie des crottes d'éléphants et des nids de grands singes durant la période de l'inventaire.

La méthode rétrospective à deux visites, décrite par Laing *et al.* (2003), qui ne nécessite pas de suivre tous les indices marqués jusqu'à leur dégradation complète a été utilisée. La méthode consistait à localiser et marquer des indices frais, et à les revisiter une seule fois pour vérifier leur état de dégradation. La collecte des données a été faite conformément au protocole développé par N'Goran et Beukou (2019) pour les études de dégradation des nids de grands singes et des crottes d'éléphants. Les données constituées de six lots (d'indices marqués) espacés d'au moins 20 jours ont été collectées par une équipe de 4 personnes d'août 2020 (début des marquages) à mars 2021 (période de revisite).

3.4. Données par piégeage photographique (caméra)

Concomitamment à la collecte des données sur les transects et recces, les équipes de terrain ont installé et visité les caméras à 115 stations sur les 123 prévus (avec une caméra par station) de Juillet 2020 à Mars 2021. La pose des caméras et la gestion des images a été faite suivant la méthodologie de photo-piégeage recommandée par l'ANPN et utilisée dans le cadre du projet Biomonitoring de la Lopé-Waka (Whytock *et al.* 2020). Les caméras utilisées étaient de type Bushnell, model : Trophy Cam Hd Aggressor No-Glow Trail Camera.

Les paramètres définis dans les caméras étaient : une photo par déclenchement, un délai d'une seconde entre 2 photos consécutives, le niveau moyen de sensibilité, une photo de résolution normale, la date et l'heure sur les images. Avant le déploiement des caméras, des tests ont été

réalisés pour vérifier leur état de fonctionnement avec les paramètres introduits. Par exemple, la caméra devait pouvoir capturer facilement les personnes qui passent rapidement en marchant ou en rampant en face.

Sur le terrain, les équipes cherchaient la piste d'animaux la plus large et la plus fréquentée dans un rayon de 250 m à partir de la position de la station définie dans le dispositif d'échantillonnage. Les caméras étaient installées à une hauteur moyenne de 50 cm du sol sur un arbre solide, à une distance de 3 à 5 m du centre de la piste et perpendiculairement à celle-ci. Le meilleur placement était déterminé en tenant compte de la visibilité et de l'orientation par rapport au lever/coucher de soleil face à la caméra. Une fois la caméra installée avec les batteries et un sachet de gel de silicate inséré, une photo de référence était prise avec un observateur placé en face de la caméra et tenant un petit tableau noir qui montrait l'heure et la date d'installation, ainsi que le numéro de la station.



Photo 1 : Photo de référence d'une caméra après la pose.

Les visites des caméras ont été effectuées 3 mois environ après leur installation pour changer les batteries et récupérer les images des cartes mémoires. Pendant la vérification, les caméras étaient remplacées en cas de mauvais fonctionnement, de détérioration ou de vol. Les images récupérées étaient ensuite stockées par dossier suivant l'architecture « *Nom de l'étude/Station/ID Camera/ID photo* ».

4. ANALYSES DE DONNEES

4.1. Paramètres d'abondance

4.1.1. Données de transects et recces

Les données collectées sur les transects et les recces à l'aide de l'application CyberTracker ont été exportées vers Excel et combinées aux données des carnets de note pour avoir une base de données unique. Après l'organisation et le nettoyage des données, les calculs de taux de rencontre et de proportions, ainsi que l'élaboration des graphiques ont été effectués avec Excel tandis que les estimations de densité à partir des données collectées sur les transects ont été faites en utilisant le logiciel Distance (Thomas *et al.* 2010).

Lors du traitement des données avec Distance en utilisant le module « Conventional Distance Sampling », une troncation à droite des données a été effectuée afin de permettre un meilleur ajustement des différents modèles. Les résultats retenus proviennent du meilleur modèle d'ajustement pour chaque espèce sur la base des plus petites valeurs de AIC (Akaike Information Criterion) (Buckland *et al.* 2001).

Avec le programme R (R Core Team, 2020), un modèle de régression logistique binaire selon l'équation ci-dessous, a été utilisé afin de déterminer les paramètres nécessaires pour tracer les courbes de survie (probabilité de survie en fonction du temps) des crottes d'éléphant et des nids de grands singes. Le taux de dégradation (nombre de jours pour que la moitié des indices soient dégradés) a été obtenu en considérant la durée de vie correspondant à la probabilité de 0,5.

$$P(Y = 1|X_i) = \frac{e^{\alpha + \beta X + \alpha_i}}{1 + e^{\alpha + \beta X + \alpha_i}}$$

Où α (constante) et β (coefficient du temps) sont des coefficients déterminés à partir modèle de régression logistique ; X représente le temps.

Selon la classification du stade de dégradation des crottes d'éléphant décrite par Hedges *et al.* (2012), l'estimation de la durée moyenne de dégradation des crottes d'éléphant au cours de cette étude a été faite en considérant les crottes de stades S₁, S₂, S₃ et S₄ ; les crottes du stade S₅ étant considérées comme dégradées.

La densité des crottes d'éléphants des stades S₁ à S₄ a été d'abord estimée, et les paramètres de conversion appliqués par la suite pour obtenir la densité des individus suivant la formule ci-dessous (Buckland *et al.* 2001).

$$\widehat{D} = \frac{\widehat{D}_i}{(p * t)}$$

Où \widehat{D} est la densité des individus, \widehat{D}_i est la densité des indices (crottes), p est le taux de production des indices, et t la durée moyenne de dégradation des crottes en nombre de jours. Le taux de défécation/production des crottes d'éléphants utilisé était de 19,75 (Tchamba 1992).

Il est à souligner que les manquements observés dans la structure des données collectées sur les nids de grands singes et les crottes de céphalophes et autres bovidés n'ont pas permis une estimation fiable des densités de ces espèces.

4.1.2. Données de pièges photographiques

Les images récoltées des caméras ont été chargées dans le programme Camelot 1.6.4 (Hendry et Mann 2017) suivant une structure préalablement conçue pour l'étude. L'étape suivante dans Camelot était l'identification des animaux capturés sur les photos classées par ordre chronologique. Une fois l'identification des photos terminée, il était alors possible d'exporter différents types de rapport en fichiers csv tels que : les efforts réalisés par station et pour l'ensemble (temps d'exposition), le nombre d'évènements indépendants par espèce et par station, les matrices d'occupation par espèce (c.à.d. présence/absence par station et par jour) ou encore toutes les données brutes. La détermination des évènements indépendants, pour la même station et la même espèce a été faite en considérant l'intervalle de temps entre 2 prises identiques successives ($T=20$ min), le sexe, le nombre d'individus, l'âge relatif (lié à la taille) des individus et la composition des groupes.

Avec les fichiers issus de Camelot, d'autres synthèses ont permis de déterminer la richesse spécifique, de montrer l'activité circadienne de chaque espèce, de calculer les taux de capture par espèce pour 100 jours (nombre d'évènements indépendants*100/nombre nuit écoulées) et les taux d'occupation naïve par espèce (Nombre de stations où l'espèce a été détectée/nombre total de stations).

Les modèles statistiques utilisés pour l'estimation des taux d'occupation Ψ (Psi) et des probabilités de détection (P) considèrent l'hypothèse qu'une espèce présente dans une zone peut ne pas avoir été détectée par les caméras (MacKenzie *et al.* 2006). Le modèle nul a été utilisé pour estimer ces paramètres d'occupation sans variables explicatives (covariables). A cet effet, les analyses ont été réalisées avec le logiciel R, à l'aide du package *Unmarked* (Fiske and Chandler, 2011). Les fichiers d'analyse montrant l'historique des détections (1 = Présence / 0= Absence) par station et par passage ont été préparés sur la base des orientations de Sollmann (2018). Dans ces fichiers, 2 saisons correspondant aux saisons climatiques de la zone ont été définies sur la base des paramètres présentés dans le tableau 1. Dans chaque saison, un minimum de 4 passages d'une durée variable entre 15, 20 ou 30 jours ont été considérées en fonction des espèces.

Tableau 1: Paramètres climatiques des saisons considérées lors de l'étude.

Saisons	Précipitation moyenne (mm)	Humidité relative moyenne à 2 m (%)	Humidité spécifique moyenne à 2 m (g/kg)	Température moyenne à 2 m (°C)
Saison 1 = Saison Sèche (juillet à octobre 2020)	0,161	73,249	14,416	25,535
Saison 2 = Saison pluvieuse (novembre 2020 à février 2021)	7,323	87,579	17,953	25,708

Source : Données provenant du projet POWER du centre de recherche de Langley de la NASA. <https://power.larc.nasa.gov/#resources>

4.2.Effet des covariables / facteurs environnementaux sur l'abondance relative et l'occupation spatiale des espèces et groupes d'espèces

Des covariables liées à la zone d'étude (variables fixes) comme la distance aux rivières, le type de végétation, le nombre de villages, la distance aux villages et aux routes ont été extraites pour tester leur influence sur la densité et la répartition spatiale des espèces et groupes d'espèces. Particulièrement dans les modèles d'occupation, des variables climatiques liées aux saisons et aux passages ont également été considérées. Certaines variables ont été transformées avant d'être utilisées dans les modèles lorsqu'elles ne présentent pas une distribution normale. En outre, des tests de corrélations ont été réalisés afin de réduire le nombre de variables significativement corrélées (coefficients de corrélation <0,4) dans les modèles (Annexe II).

a) Covariables de l'habitat incluant les pressions humaines (variables fixes)

ALT = Altitude à la station de piégeage
 DVILL = Distance entre les stations/transects et les villages les plus proches
 DRIV = Distance entre les stations/transects et les rivières les plus proches
 DRTE = Distance entre les stations/transects et les routes les plus proches
 NBVIL = Nombre de villages dans un rayon de 20 km autour des stations/ transects
 OFOR = Pourcentage de forêts ouvertes dans un rayon de 1km autour des stations et des transects
 CLFOR = Pourcentage de forêts ouvertes dans un rayon de 1km autour des caméras et des transects
 HERB = Pourcentage d'herbacées et de marais dans un rayon de 1km autour des caméras et des transects
 PREC = Précipitations moyennes annuelles en mm par station
 TEMP = Températures moyennes annuelles en degrés par station
 HUMID = Humidité relative à 2 m de hauteur en pourcentage

b) Covariables liées aux saisons et aux passages considérés

Precipitation = Précipitations moyennes par passage en mm/station de piégeage durant la période de collecte de données.
 Temperature = Températures moyennes par passage en degrés/station de piégeage durant la période de collecte de données.

Des modèles linéaires généralisés (GLM) (McCullagh & Nelder 1989) ont été utilisés pour tester l'effet de certains facteurs sur les taux de rencontre de différentes espèces et groupes d'espèces (variables dépendantes). Le principe de sélection de modèles basé sur l'AIC et l'inférence multi-modèles qui recommande une moyenne de modèles (Buckland *et al.* 1997 ; Johnson & Omland 2004) a été appliqué. Ainsi, une combinaison des 5 facteurs a permis d'avoir 32 modèles dont le modèle complet est $X \sim \text{NBVIL} + \text{DRIV} + \text{DRTE} + \text{HERB} + \text{CLFOR}$ et le modèle nul $X \sim 1$ (où X représente la variable dépendante).

Le poids de chaque modèle i ($AICw_i$) a été calculé sur la base de son AIC ; et les autres paramètres des modèles fournis (coefficients (*Coef*f*_i*) et probabilités par variable). Les poids cumulatifs des modèles ($AICw_{Cumul}$) classés par AICs croissants ont permis de choisir l'ensemble des modèles expliquant 95 % de la variance dans les données (Johnson & Omland 2004 ; N'Goran *et al.* 2012). Ce lot de n modèles qualifié de « lot de confiance » a permis de calculer les poids relatifs et les coefficients moyens de chaque variable indépendante, en considérant les poids des modèles dans lesquels la variable intervient selon les équations ci-dessous (N'Goran *et al.* 2012) :

$$(1) \text{ Poids relatif} = \frac{\sum_{i=1}^n AICw_i}{AICw_{Cumul}} \quad (2) \text{ Coefficient moyen} = \frac{\sum_{i=1}^n AICw_i * Coef_{f_i}}{\sum_{i=1}^n AICw_i}$$

Les analyses ont été effectuées avec le logiciel R avec les packages « Mass » et « Akima » (Venables & Ripley 2002, Akima 1978, 1996).

Des modèles d'occupation simples et dynamiques ont permis de tester l'effet des variables fixes et des variables liées aux passages sur les taux d'occupation et les probabilités de détection des espèces par saison et pour l'ensemble de la période de l'étude. La méthode de moyenne de modèles a également été utilisée en considérant les trois variables ayant les meilleurs AIC pour prédire la probabilité d'occupation au cours des différentes périodes de l'étude (Saison1, Saison2 et Ensemble).

4.3. Elaboration des cartes de distribution spatiale

Toutes les cartes ont été produites avec le logiciel ArcGIS 10.8. Les taux de rencontre des indices de présence des différentes espèces ont été utilisés pour élaborer les cartes de distribution spatiale par interpolation IDW (Inverse Distance Weighted) en choisissant 12 voisins et un pouvoir de 2. Les modèles d'occupation élaborés par espèce ont permis de prédire les taux d'occupation sur une grille de 4500 cellules (de 1kmx1km) disposées dans la zone d'étude. Les valeurs prédites dans la grille ont ensuite été interpolées aussi par IDW pour produire les cartes d'occupation spatiale par espèces et pour les différentes périodes considérées.

5. RESULTATS ET DISCUSSIONS

5.1. Effort d'échantillonnage

Au cours de cet inventaire, 448,1 km de transects et 1978,17 km de recces ont été parcourus par les équipes. Au total, 225 transects sur les 247 prévus ont été réalisés. La distance totale accomplie (448,1km) représente 90,7% de l'effort prévu (494km). Certains transects ont été déplacés à cause des obstacles infranchissables comme les grandes rivières, les collines et les marécages (Figure 3).

Sur les 123 stations de piégeage prévus, seulement 115 caméras ont pu être installées à cause des obstacles naturels mentionnés plus haut. Des caméras installées, 99 ont été fonctionnelles sur le terrain (Figure 3) ; les 16 autres n'ont pas fonctionné correctement parce que détériorées par les animaux ou les intempéries, ou alors, à cause de dysfonctionnements internes. L'ensemble des caméras sur le terrain ont cumulé 17 296 jours d'exposition, avec une durée moyenne de 175 [37 - 229] nuits par station.

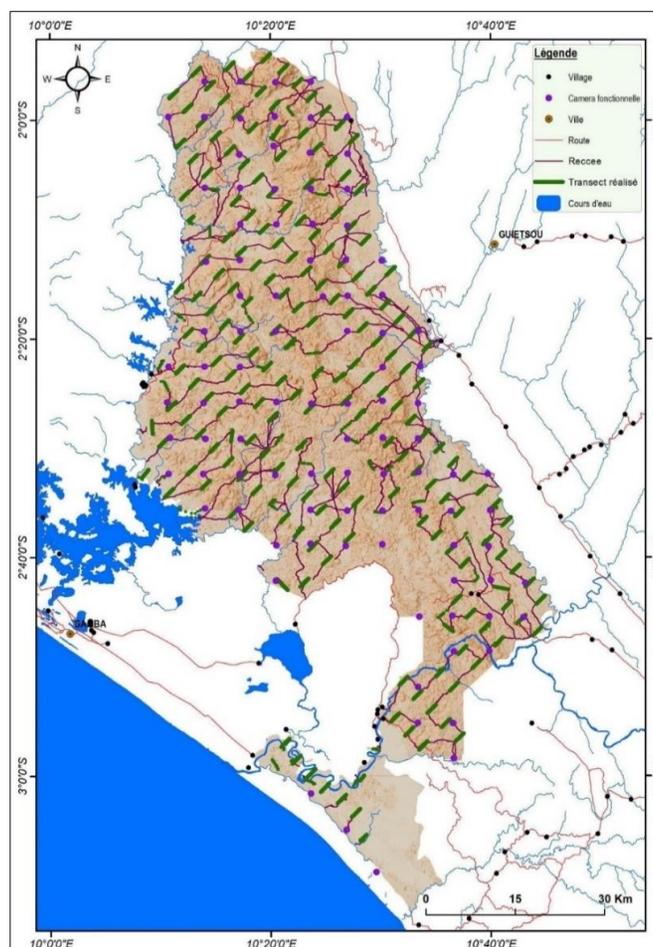


Figure 3: Répartition de l'effort d'échantillonnage accompli durant la collecte de données.

5.2. Richesse spécifique

Les signes de présence d'animaux récoltés sur les transects et recces ont permis de relever la présence potentielle de 30 espèces de mammifères. En considérant les taux de rencontres des espèces et groupes d'espèces, il apparaît que les indices de présence de l'éléphant, des grands singes, et des petits céphalophes et autres bovidés sont les plus rencontrés aussi bien sur les transects que sur les recces (figure 4). Les signes de l'éléphant représentent 49,43 % des signes enregistrés sur les transects et 45,30 % des signes enregistrés sur les recces, cela traduit l'ampleur de l'activité des éléphants dans le parc. Toutefois, la comparaison du nombre d'indices de présence d'espèces totalement différentes n'est pas possible à cause du caractère spécifique de la méthodologie de collecte de données. En effet, tandis que tous les indices ne sont pas considérés pour toutes les espèces, certaines espèces sont nocturnes ou très discrètes.

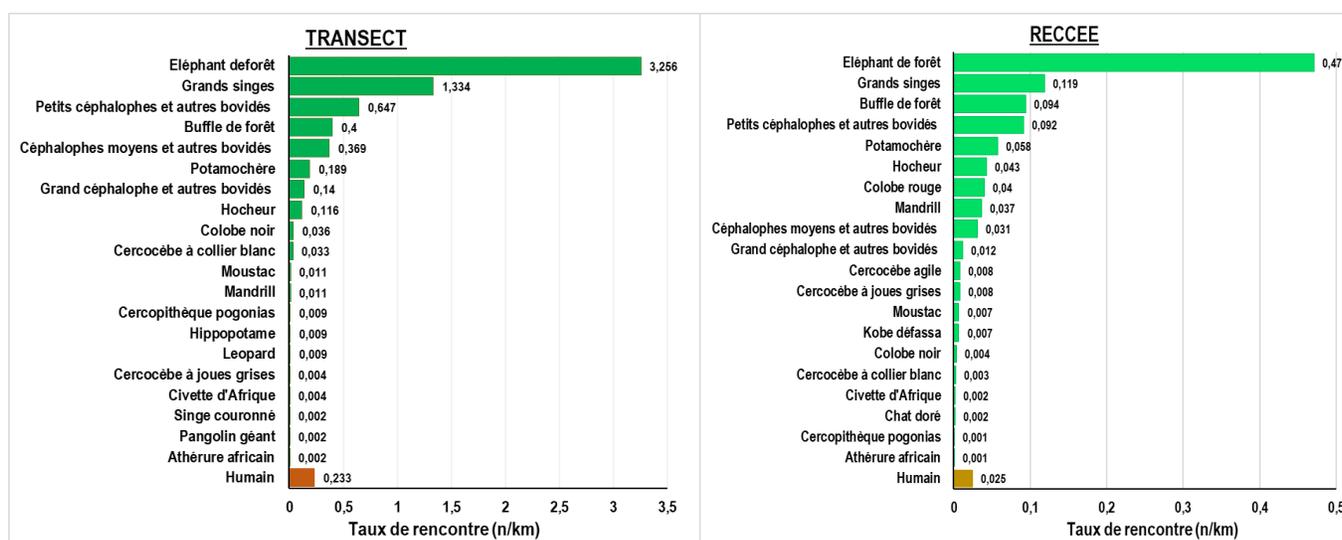


Figure 4: Espèces et groupes d'espèces rencontrées sur les transects et recces au cours de l'inventaire

La courbe d'accumulation du nombre d'espèces en fonction du temps d'exposition des caméras (figure 5) évolue de manière croissante les 75 premiers jours, après quoi elle plafonne à 26 espèces. Cela démontre que l'essentiel des espèces détectables par les caméras dans leurs emplacements durant l'étude ont été capturées. Il faut noter que la position des caméras réduisait fortement les chances de capturer les petits primates arboricoles. Cela justifierait en partie pourquoi la richesse spécifique issue des pièges photographiques est moindre que celle obtenue à partir des données de transects et recces. Dans certaines situations, le nombre d'espèces capturées par les pièges photographiques est supérieur à celui des transects linéaires (Bessone *et al.* 2018).

Le tableau 2 montre que l'éléphant, le céphalophe bleu et le céphalophe d'Ogilby sont les espèces les plus détectées par les caméras. Au regard des taux d'occupation naïve, il apparaît qu'en plus de ces espèces, le céphalophe à dos jaune, le cercocèbe à collier blanc et le chimpanzé ont été détectés dans plus de 60% des stations échantillonnées.

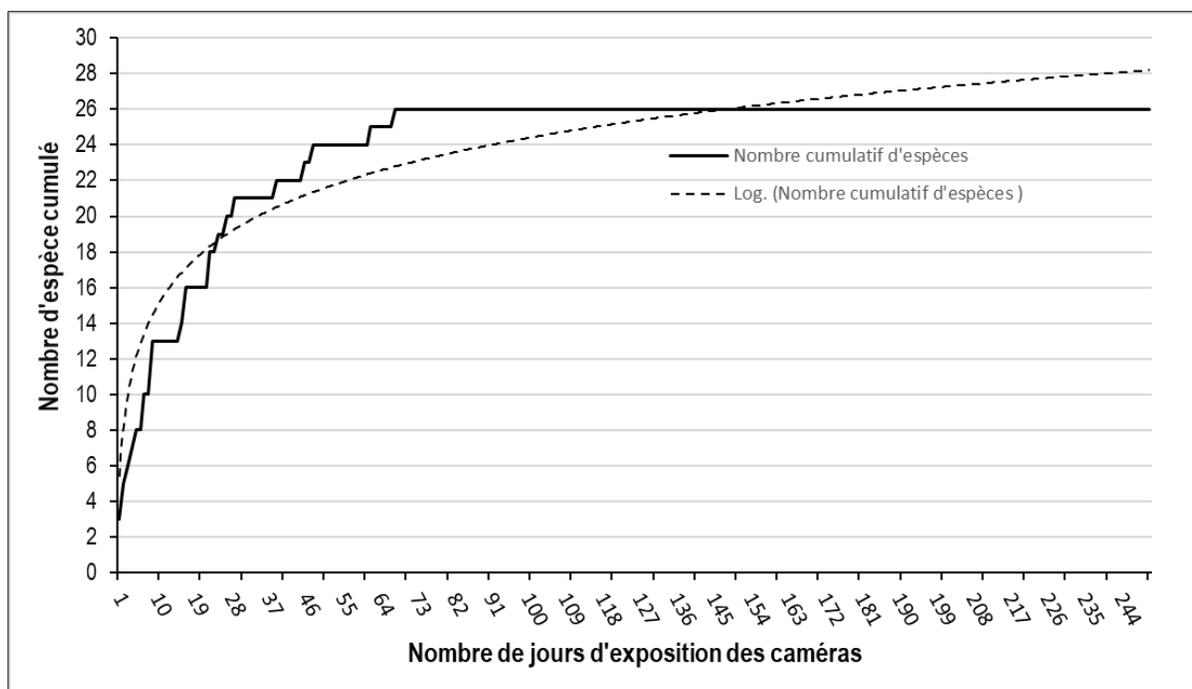


Figure 5 : Evolution du nombre d'espèces détectées en fonction de la durée d'exposition des caméras

Tableau 2: Taux d'occupation naïve et taux de capture par espèces

Espèces	Taux d'occupation naïve - Saison sèche	Taux d'occupation naïve - Saison de pluie	Taux d'occupation naïve - Général	Nombre de détection indépendentes	Taux de capture pour 100 jours	
					Moyenne	Int. Conf. 95%
Eléphant	64,65%	48,48%	78,79%	1856	10,02	[5,79 - 14,26]
Céphalophe Bleu	55,56%	33,33%	64,65%	2052	13,13	[8,51 - 17,75]
Céphalophe d'Ogilby	57,58%	35,35%	63,64%	1857	13,12	[8,86 - 17,38]
Céphalophe à dos jaune	52,53%	38,38%	60,61%	376	2,28	[1,55 - 3]
Cercocèbe a collier blanc	43,43%	27,27%	55,56%	428	2,77	[1,63 - 3,9]
Chimpanzé	41,41%	29,29%	52,53%	341	2,14	[1,3 - 2,97]
Potamochère	36,36%	26,26%	47,47%	883	4,64	[2,54 - 6,75]
Gorille	38,38%	20,20%	46,46%	223	1,40	[0,71 - 2,09]
Léopard	33,33%	18,18%	42,42%	97	0,54	[0,35 - 0,72]
Mandrill	24,24%	12,12%	33,33%	157	1,03	[0,37 - 1,68]
Genette	17,17%	10,10%	22,22%	131	0,70	[0,08 - 1,33]
Buffle	16,16%	14,14%	20,20%	123	0,61	[0,28 - 0,95]
Mangouste	10,10%	4,04%	14,14%	44	0,26	[0,1 - 0,42]
Chat doré	8,08%	3,03%	10,10%	21	0,12	[0,01 - 0,23]
Petits Pangolins	7,07%	1,01%	8,08%	13	0,07	[0,01 - 0,14]
Chevrotain aquatique	5,05%	3,03%	6,06%	20	0,13	[0,02 - 0,23]
Pangolin géant	5,05%	1,01%	6,06%	8	0,06	[0,01 - 0,12]
Civettes	4,04%	4,04%	6,06%	24	0,14	[0,01 - 0,27]
Nandini	3,03%	0	3,03%	3	0,02	[0 - 0,05]
Guib Harnaché	2,02%	0	2,02%	8	0,05	[0 - 0,14]
Sitatunga	2,02%	1,01%	2,02%	6	0,03	[0 - 0,08]
Céphalophe a front noir	2,02%	0	2,02%	4	0,03	[0 - 0,07]
Céphalophe Bai	2,02%	0	2,02%	3	0,02	[0 - 0,05]
Céphalophe de Peters	2,02%	0	2,02%	2	0,01	[0 - 0,03]
Cobe défassa	1,01%	2,02%	2,02%	13	0,06	[0 - 0,16]
Colobe noir	1,01%	0	1,01%	2	0,01	[0 - 0,03]

Suivant la répartition par saison on remarque qu'en général, l'occupation spatiale des espèces est plus importante en saison sèche. Cela peut se justifier par le fait que la saison sèche offre de meilleures conditions climatiques propices aux animaux pour se mouvoir plus facilement dans différentes zones de la forêt. En effet, certaines zones seraient moins propices aux déplacements de certaines espèces à cause des inondations durant la saison des pluies. En outre, la recherche de nourriture durant les saisons sèches amènerait certaines espèces à étendre leurs zones d'activités.

5.3. Abondance et distribution spatiale de la faune

5.3.1. Les éléphants

5.3.1.1. Estimation du taux de dégradation des crottes

Au total, 126 crottes d'éléphants ont été marquées au cours de six missions de terrain. Au terme de la revisite de ces crottes, une proportion de 73% était dégradée, c'est-à-dire, au stade S5. La courbe de survie (figure 5) indique un taux de dégradation (nombre de jours pour une probabilité de survie de 50%) de 71,51 jours avec une erreur standard de 7,822 jours.

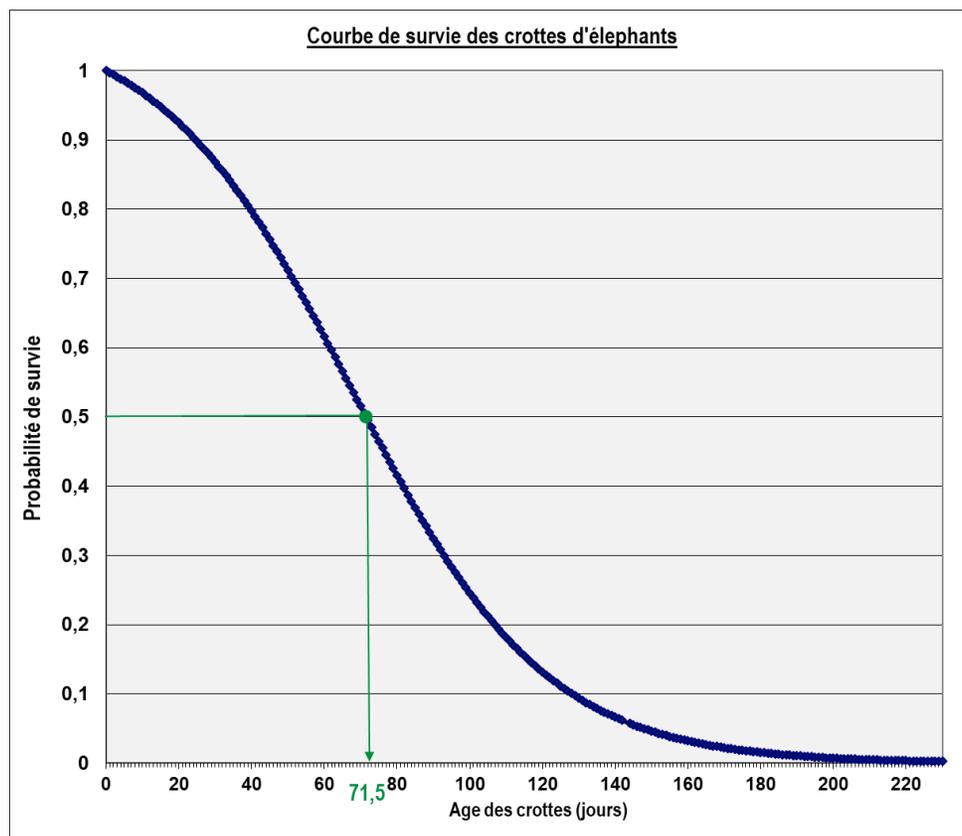


Figure 6: Courbe de survie des crottes d'éléphants

Ce taux de 71,51 jours semble plus élevé que celui obtenu au cours de l'inventaire de 2017/2018 (22,92 jours) dans le corridor industriel du CAPG. Cependant, il faut noter que ces deux valeurs ne sont pas comparables car le taux de 2017/2018 a été estimé en considérant que les crottes de stades

S4 et S5 étaient dégradées, alors que dans la présente étude, les crottes considérées comme dégradées sont celles du stade S5 seulement. En outre, les périodes et les conditions générales des deux études sont différentes.

5.3.1.2. Abondance et distribution spatiale

Un total de 1461 indices de présence d'éléphant correspondant à $3,26 \pm 0,13$ indices rencontrés par km ont été notés sur les transects. Ces indices sont constitués majoritairement de tas de crottes (58,38 %), en plus d'autres indices comme les traces d'alimentation et de déplacements (tableau 3). Sur les transects et les recces, 32 individus d'éléphant ont été vus. Sur les recces, une carcasse d'éléphant abattue par l'homme et une autre dont la cause de la mort est inconnue ont été trouvées (figure 7 & 41).

Tableau 3: Taux de rencontre des signes d'éléphants rencontrés sur les transects

Signe	Nombre de signe	Taux de rencontre (n/km)	Erreur standard
Alimentation	2	0,004	0,003
Boue sur l'arbre	12	0,027	0,008
Tas de crotte	853	1,897	0,1
Décorticage	27	0,06	0,014
Empreinte	289	0,649	0,044
Observation directe	32	0,071	0,024
Piste	245	0,545	0,057
Vocalisation	1	0,002	0,002
Total	1461	3,256	0,134

La densité moyenne des crottes d'éléphant est estimée à 359,24 [Intervalle de Confiance 95% (IC) : 314,65 – 410,15] crotte/km² avec un coefficient de variation de 6,74 % (Tableau 4). L'application des paramètres de conversion a permis d'estimer une densité moyenne d'individus de 0,254 [IC : 0,198 – 0,327] éléphant/km², d'où une taille de population de 1 134 individus variant entre 883 et 1 458. Il n'y a pas de différence significative entre la densité moyenne obtenue durant cette étude et l'estimation faite dans le PNMD en 2017/2018 qui est de 1025 [IC : 633 - 1420] éléphant/km². Cela suggère que le nombre d'éléphant dans le PNMD entre les deux périodes n'aurait pas connu de changement. Au regard des pressions de braconnage relativement faibles dans le PNMD, il arrive à conserver une densité d'éléphants plus élevée que dans la plupart des aires protégées du bassin du Congo (N'Goran et al, 2017).

Tableau 4: Densité et taille des populations d'éléphants dans le PNMD

Paramètres estimés		Minimum	Moyenne	Maximum	CV (%)
Densité (N/km ²)	Crottes	314,65	359,24	410,15	6,74
	Individus	0,198	0,254	0,327	12,85
Nombre (N)	Individus	883	1 134	1 458	12,85

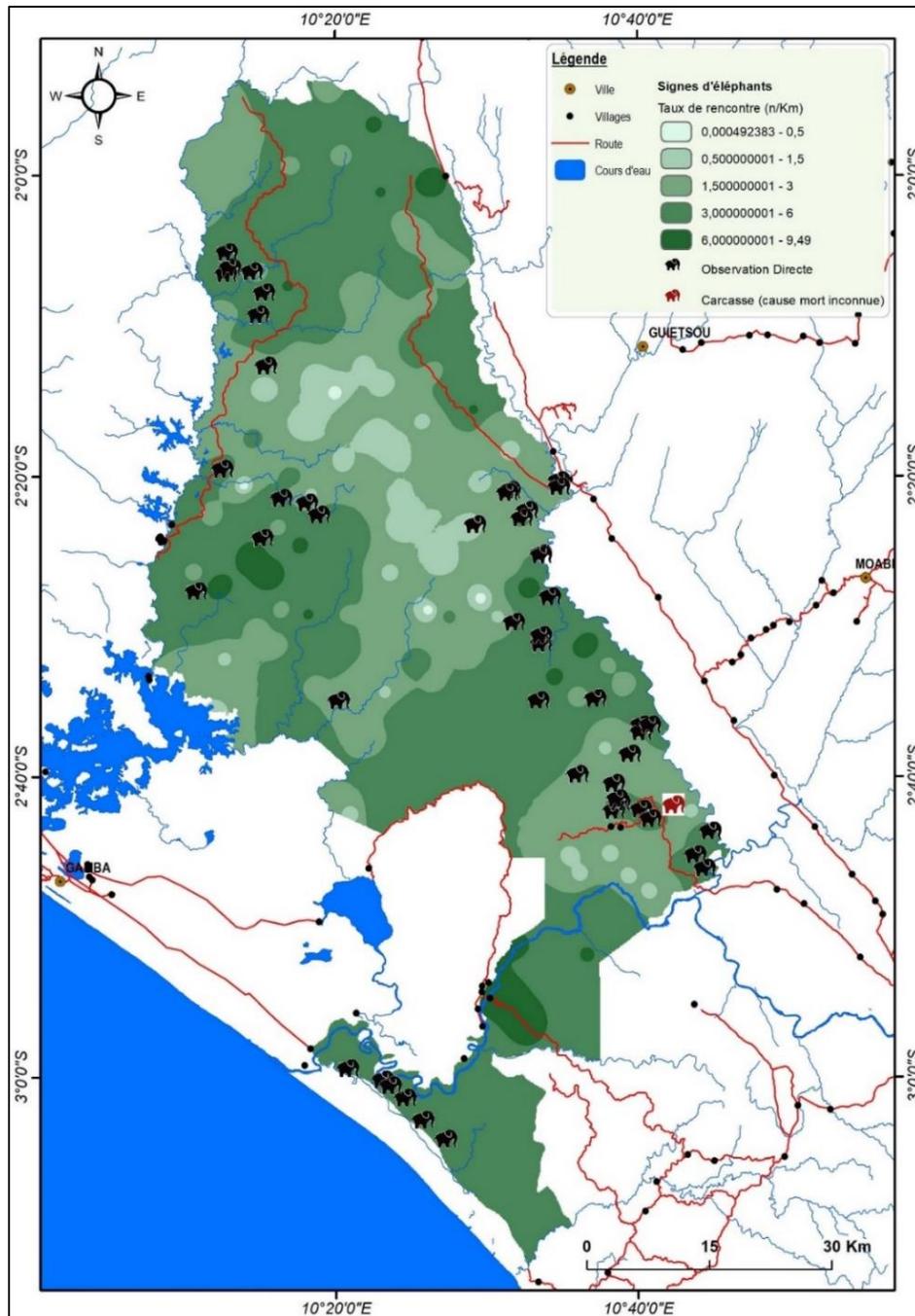


Figure 7 : Distribution spatiale des indices de présence des éléphants dans le PNMD

La figure 7 indique que les éléphants sont présents dans la quasi-totalité du parc avec des zones de fortes activités où jusqu'à plus de neuf indices peuvent être rencontrés par km. Cette distribution est assez proche de celle obtenue récemment dans le PNMD par Vanthomme et Nzamba (2018). La plupart des individus sont vus proches des agglomérations humaines dans la partie sud-est : le long de la rivière Moukalaba et dans les savanes au sud de Doussala ; dans la partie sud : le long de la rivière Mouambi dans le secteur des plaines Ouanga, et à l'ouest du parc, le long du Rembo-

bongo. Toutefois, peu de signes d'éléphant sont observés dans la zone centrale du parc ayant les altitudes les plus élevées (au-delà de 700 m).

La figure 7 laisse également entrevoir des mouvements d'éléphants entre le parc et ses zones périphériques. Cela s'illustre par la multitude de conflits homme-éléphant recensés dans les plantations agricoles des villes et villages tels que Gamba, Guietsou et Mandji.

5.3.1.3. Activité circadienne et occupation spatiale

La figure 8 montre que les éléphants sont actifs de jour comme de nuit (24/24h) dans la zone d'étude. Cela indiquerait la quiétude de ces pachydermes dans un parc national entouré de plusieurs villages dont la présence serait protectrice ou non agressive (tableaux 5 & 6). Il apparait également que les pressions humaines à l'intérieur du PNMD sont très faibles. Par ailleurs, selon Fishlock et Breuer (2015), dans les régions touchées par le braconnage, les éléphants qui fréquentent les clairières sont toujours plus nocturnes.

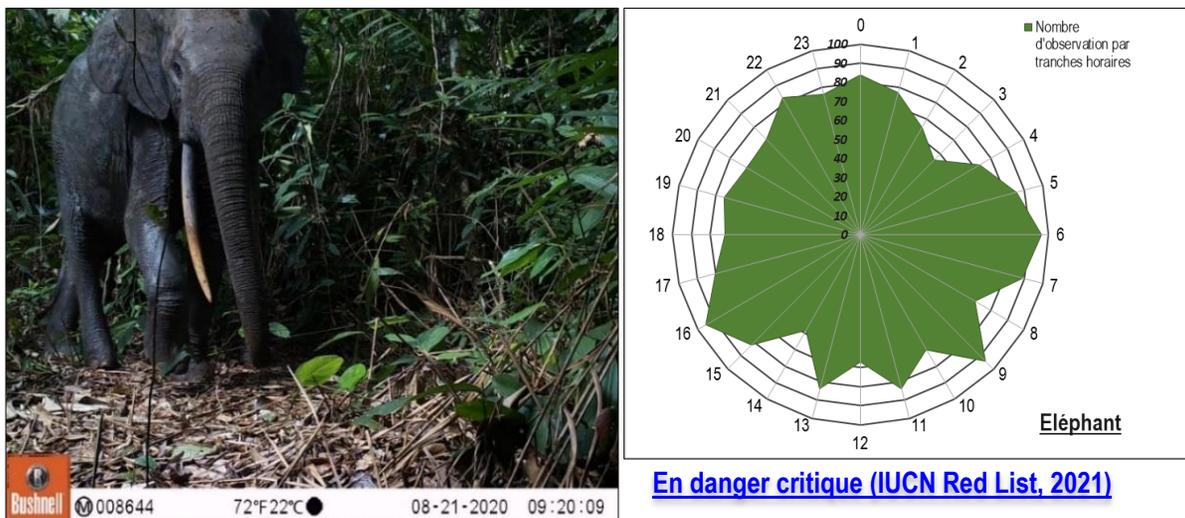


Figure 8: Activité circadienne de l'éléphant

Les analyses ont permis d'estimer un taux d'occupation de 0,81 [IC : 0,714 – 0,88] du PNMD par l'éléphant, avec une probabilité de détection de 0,429 [IC : 0,392 – 0,467] durant la période de l'étude. En d'autres termes, l'espèce occupe environ 81% du parc et il est probable de la détecter dans environ 43 % des cas. La prédiction faite en utilisant des covariables donne une valeur très proche (0,814 [IC : 0,61 – 0,919]) de celle estimée sans covariables. Aussi bien pour les valeurs estimées avec que sans covariables, les taux d'occupation et de détection sont plus élevés pendant la saison sèche que lors de la saison pluvieuse, bien qu'il n'y ait pas de différence significative entre les taux d'occupation des deux saisons (figure 9). Néanmoins, le taux d'occupation général relativement supérieur aux taux d'occupation de chaque période indiquerait que certaines zones fréquentées par les éléphants diffèrent entre les saisons.

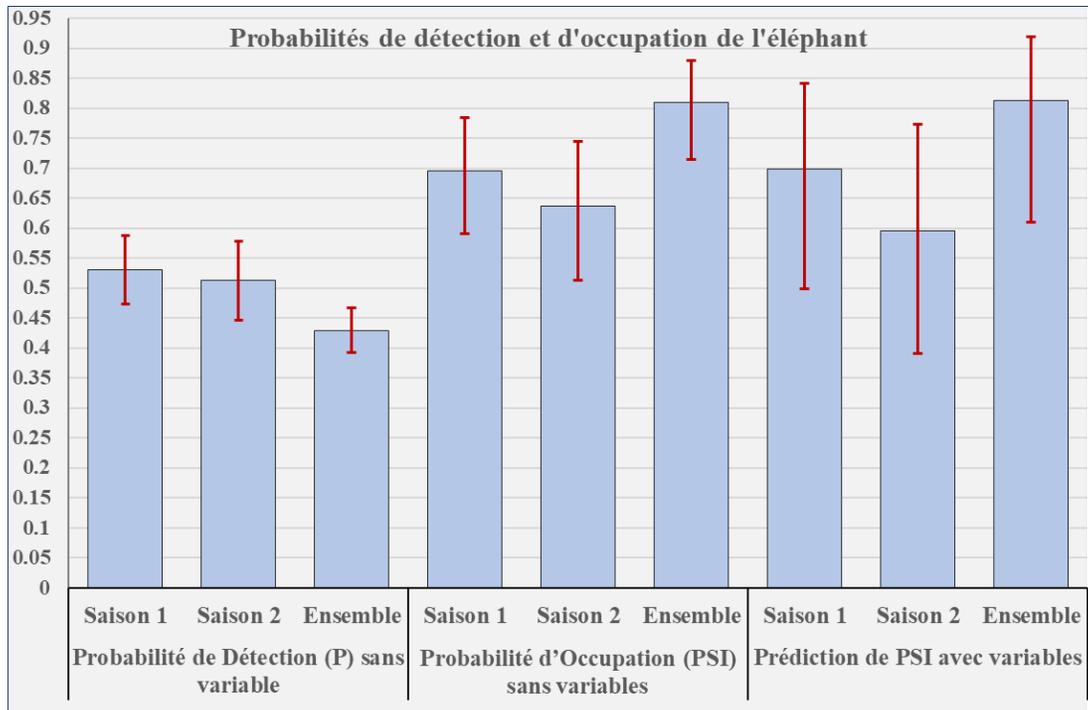


Figure 9: Comparaison des taux d'occupation (psi) et des taux de détection (p) de l'éléphant par saison et pour l'ensemble

Les prédictions de l'occupation de l'éléphant dans la zone d'étude aussi bien sur toute la période de l'étude (figure 10) que durant chaque saison (figure 11) montrent d'une manière générale que les éléphants utilisent presque toute l'étendue du PNMD. Les analyses d'occupation confirment la présence faible des éléphants dans les zones montagneuses, au centre du parc ; mais il apparaît de manière très claire que cela reste plus accentué durant la saison sèche. Durant la saison pluvieuse, c'est la partie assez marécageuse du parc, située au sud, qui serait moins fréquentée par les éléphants (figure 11). Les taux de capture au cours des 2 saisons confirment également que les éléphants sont moins actifs dans la grande partie centrale (figures 10 & 11).

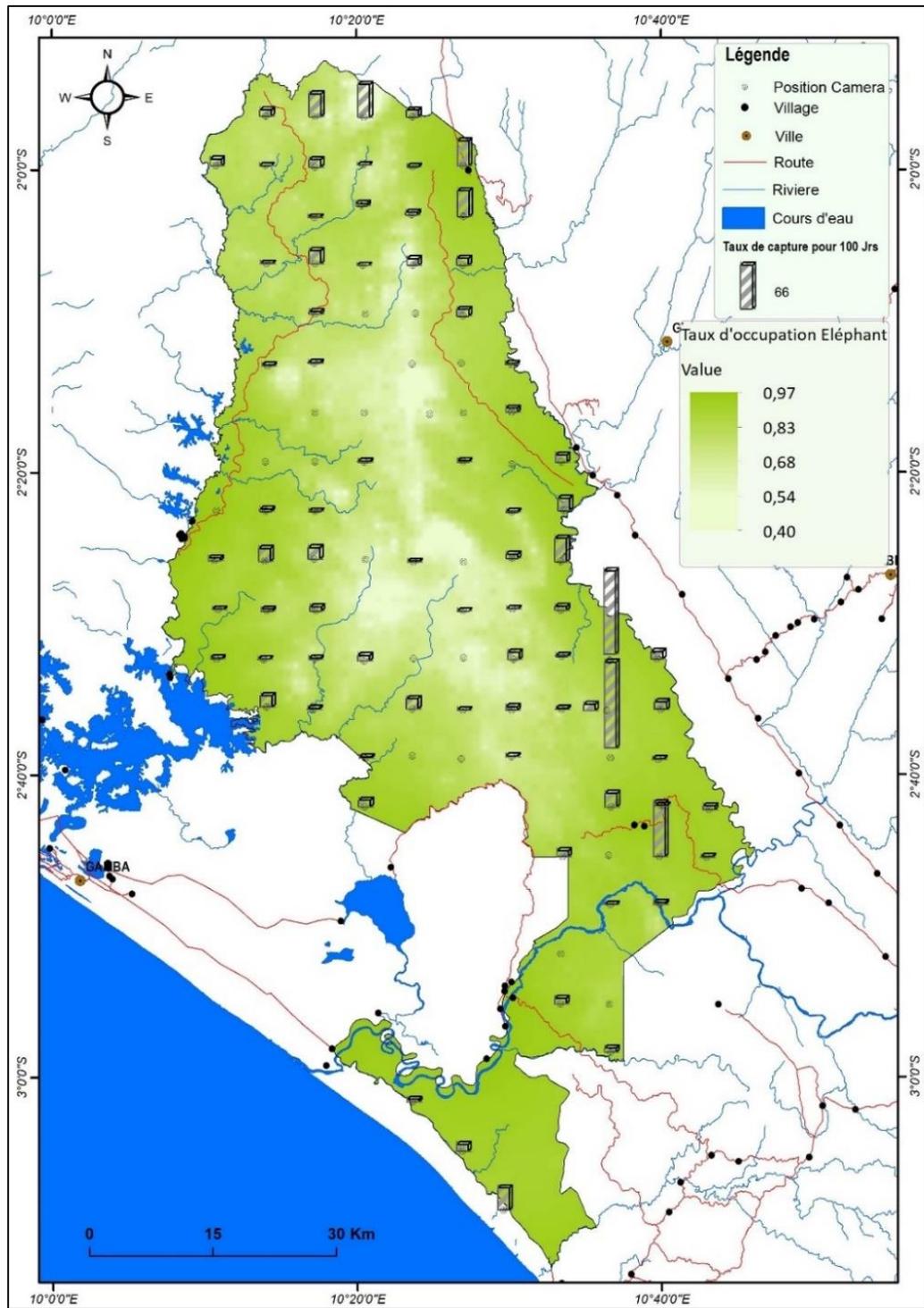


Figure 10: Occupation spatiale du PNMD par les éléphants

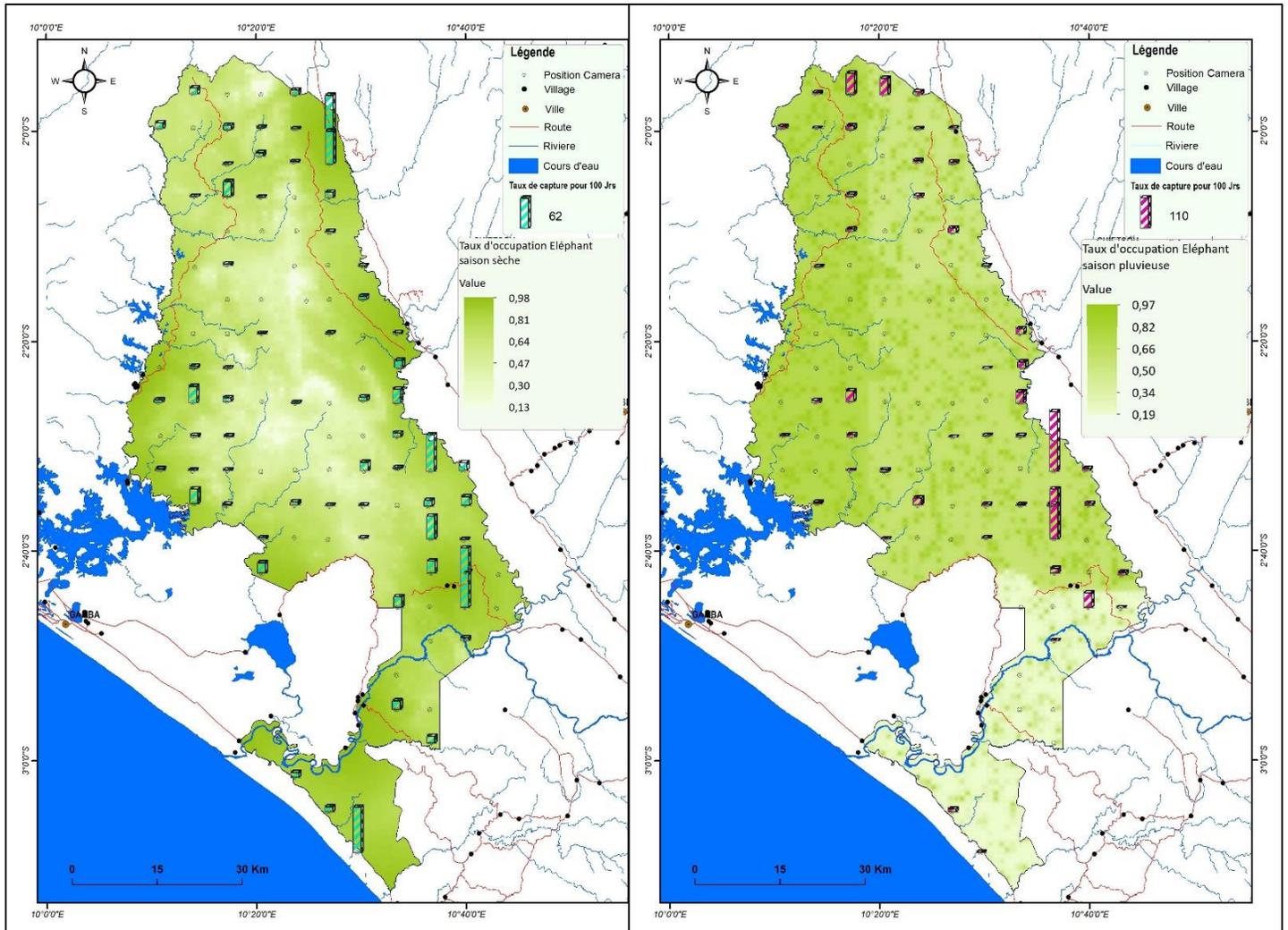


Figure 11: Occupation spatiale du PNMD par les éléphants pendant la saison sèche (gauche) et pendant la saison pluvieuse (droite)

5.3.1.4. Effet des covariables sur l'occupation spatiale et l'abondance relative

Dans l'approche de sélection de modèles basée sur la moyenne de modèles, les poids relatifs des covariables calculés en utilisant les poids des modèles sélectionnés permettent d'apprécier l'importance de chaque variable dans la prédiction de la variable réponse (taux de rencontre ou taux d'occupation) ; les coefficients des variables permettent de savoir si leur influence est positive ou négative.

Au regard du tableau 5, il apparaît que l'abondance et la distribution spatiale des éléphants sont plus conditionnées par l'action de l'homme à travers la présence des villages (p significatif dans 100% des modèles, annexe 2) et dans une moindre mesure celle des routes (figure 7) et de la végétation de forêt dense fermée avec des poids relatifs supérieurs ou égaux à 0,52. Les éléphants sont plus abondants autour des villages. Bien qu'ayant des effets positifs, les effets de proximité des routes et des rivières ne sont pas significatifs.

Tableau 5: Influence des covariables sur le taux de rencontre des signes d'activités de l'éléphant

COVARIABLES		NBVIL	CLFOR	DRIV	DRTE	HERB
Eléphant	Poids relatifs	1,000	0,527	0,480	0,632	0,378
	Coefficients moyens	0,1354	0,1035	-0,0263	-0,0418	0,0724

*Voir la partie méthodologie pour la signification des abréviations

Le tableau 6 montre que dans l'ensemble et durant la saison sèche, l'altitude est le principal facteur qui détermine l'occupation spatiale des éléphants dans le PNMD, avec un effet négatif qui traduirait une occupation faible des zones de hautes altitudes (figure 10, 11). Durant la saison sèche, la distance aux villages est également un facteur dominant d'influence (négative) de la présence des éléphants, indiquant une probabilité de présence plus élevée à proximité des villages. Au cours de la saison pluvieuse, c'est surtout les précipitations qui influencent la présence de l'éléphant, et ils auraient tendance à occuper les zones herbacées plutôt que les forêts denses fermées.

Tableau 6: Poids relatifs et coefficients moyens des covariables ayant permis de prédire les taux d'occupation pour l'éléphant

COVARIABLES		ALT	DVILL	NBVIL	CLFOR	HERB	PREC
Saison 1	Coefficients moyens	-0,0043	-0,0181	-0,0167	n/a	n/a	n/a
	Poids relatifs	0,878	0,799	0,270	n/a	n/a	n/a
Saison 2	Coefficients moyens	n/a	n/a	n/a	-0,0071	0,4439	6,0021
	Poids relatifs	n/a	n/a	n/a	0,464	0,570	0,863
Ensemble	Coefficients moyens	-0,0027	-0,0052	0,0153	n/a	n/a	n/a
	Poids relatifs	0,724	0,394	0,2654	n/a	n/a	n/a

*Voir la partie méthodologie pour la définition des abréviations

5.3.2. Les primates

5.3.2.1. Les grands singes

o Estimation de la durée de vie des nids

Au terme des six missions, un total de 102 nids de grands singes a été marqué. Un pourcentage de 54% de ces nids était dégradé à la revisite. La courbe de survie (figure 12) indique un taux de dégradation de 114,73 jours avec une Erreur Standard de 5,049 jours. Cette valeur est supérieure à celle de 76,01 jours, obtenue en 2018 ; ce, probablement à cause des variations saisonnières et spatiales liées aux deux études.

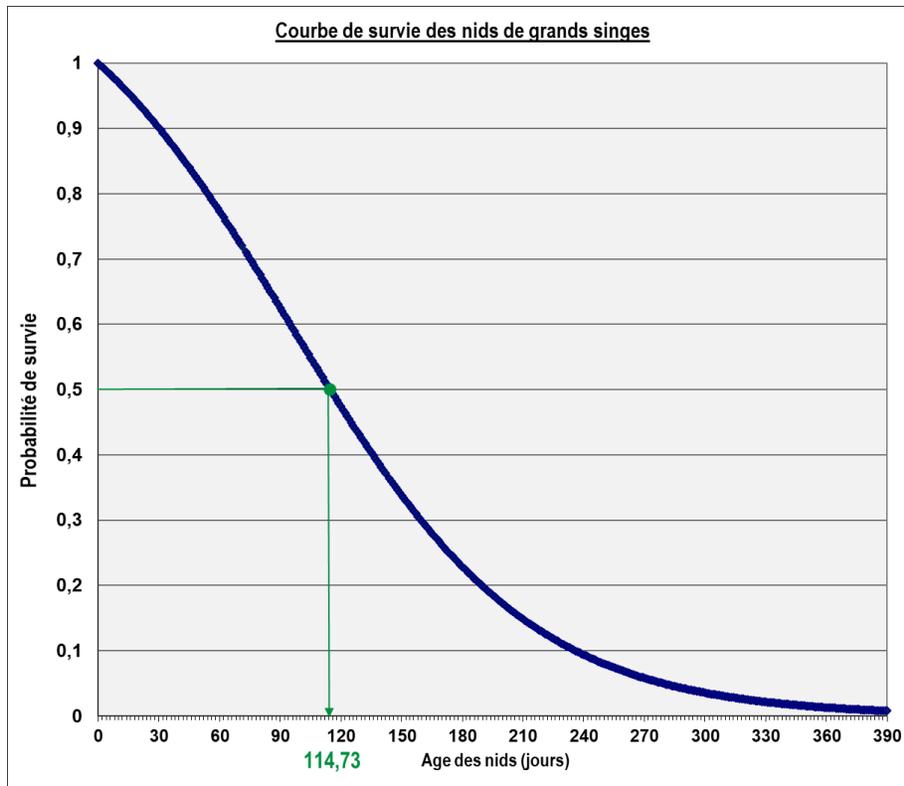


Figure 12: Courbe de survie des nids de grands singes

Comme relevé plus haut, des manquements à l'application du protocole de collecte de données pour les grands singes ont limité les possibilités d'une exploitation optimale des données ; cela empêche malheureusement la production d'une estimation fiable de leur densité.

○ Abondance relative des grands singes

Sur les 600 indices de grands singes enregistrés durant la collecte de données sur les transects, 86,67 % sont des nids (tableau 7). Les équipes de terrain n'ont pas pu différencier 83 nids entre les deux espèces. Avec un taux de rencontre de $0,860 \pm 0,168$ indice/km, les indices de chimpanzés sont plus abondants que ceux des gorilles ($0,283 \pm 0,057$ indice/km).

Tableau 7 : Taux de rencontre des signes de grands singes rencontrés sur les transects

Espèce / groupe d'espèces	Signe	Nombre de signes	Taux de rencontre (n/km)	Erreur standard
Chimpanzé	Alimentation	5	0,011	0,005
	Crotte	6	0,013	0,005
	Nid	347	0,772	0,163
	Observation Directe	15	0,033	0,019
	Vocalisation	14	0,031	0,009
	Total	387	0,860	0,168
Gorille	Alimentation	3	0,007	0,004
	Crotte	15	0,033	0,01
	Empreinte	8	0,018	0,006
	Nid	90	0,200	0,049
	Observation Directe	4	0,009	0,005
	Vocalisation	7	0,016	0,006
	Total	127	0,283	0,057
Indices non différenciés de grands singes	Alimentation	2	0,004	0,003
	Crotte	1	0,002	0,002
	Nid	83	0,184	0,049
	Total	86	0,191	0,05
Tous les grands singes	Nid	520	1,156	0,184
	Total	600	1,334	0,192

La figure 13 montre que les signes de grands singes sont plus abondants dans la zone qui va du centre au nord du PNMD, avec les plus fortes zones de concentration (plus de 5 indice/km) situées au nord-est. Les individus des deux espèces sont plus présents dans la zone centrale du parc.

A l'observation de la distribution spatiale des signes de gorilles et de chimpanzés, il apparaît que les deux espèces partagent par endroit, les mêmes espaces. En effet, la disposition des nids et des individus observés montre des zones d'intersection entre les différentes zones d'activités (figure 14).

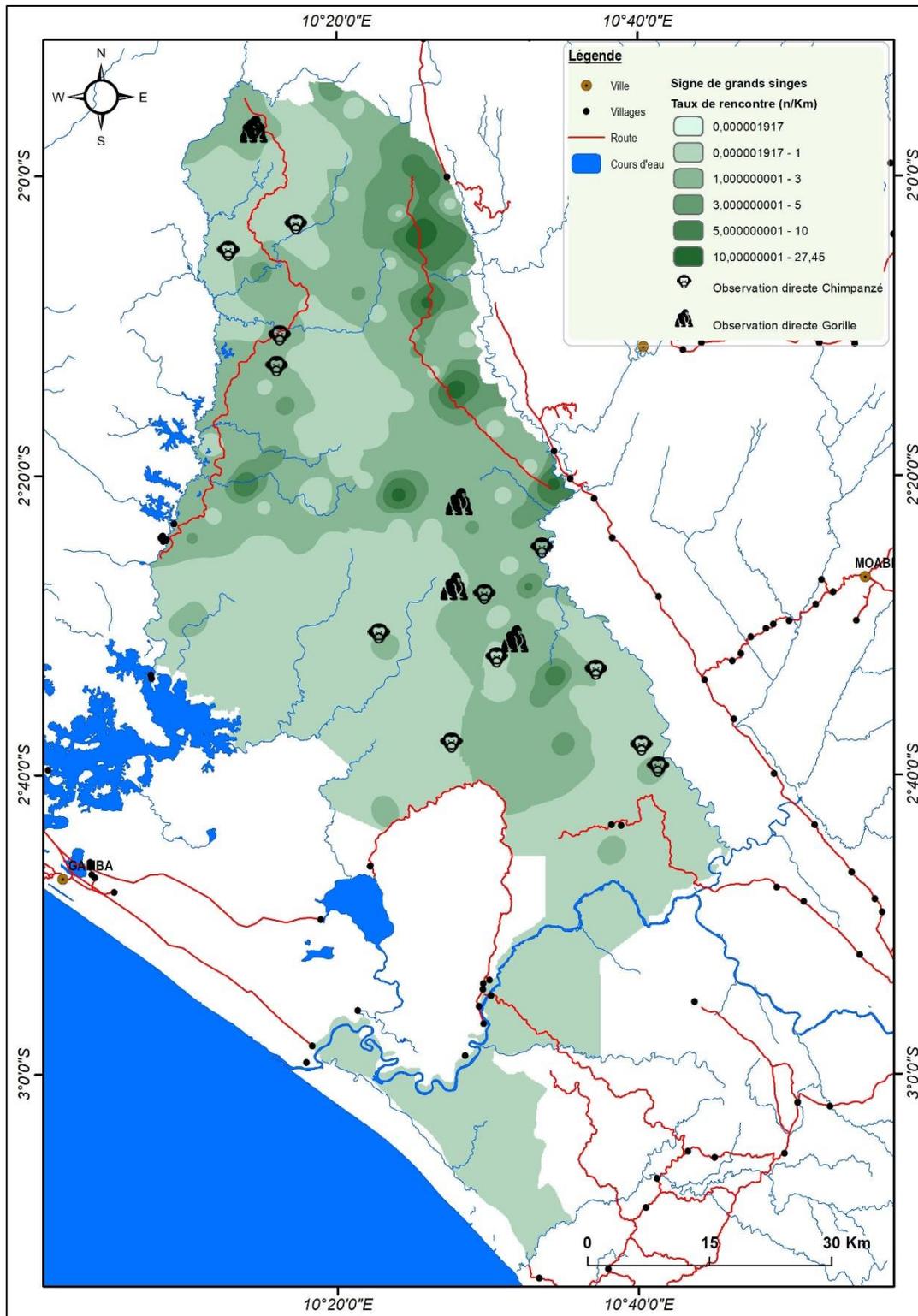


Figure 13: Distribution spatiale des indices de présence de grands singes dans le PNMD

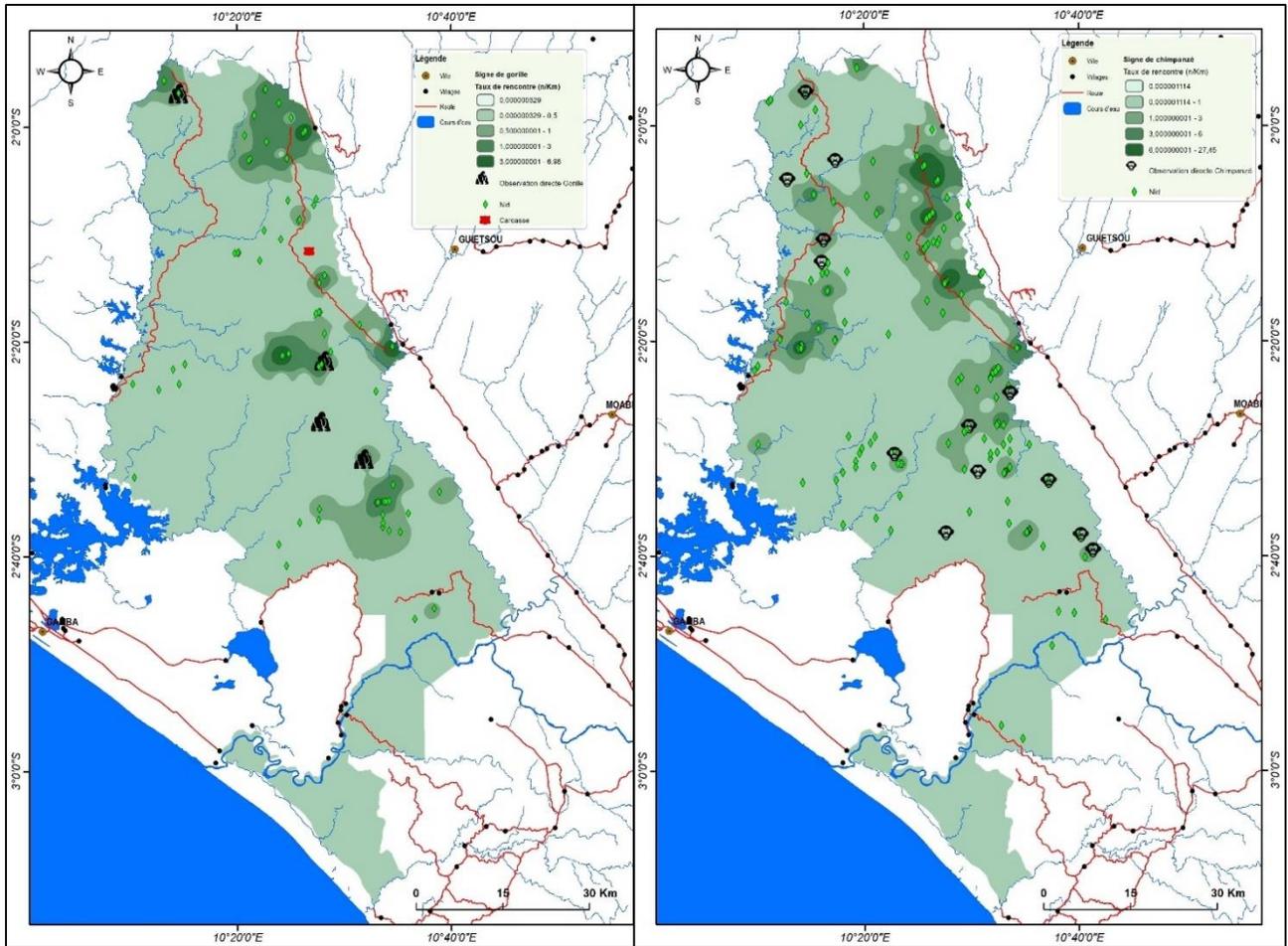


Figure 14: Distribution spatiale des indices de présence des gorilles (gauche) et des chimpanzés (droite)

o **Activités circadiennes et occupations spatiales**

Le cycle circadien des activités de chacune des 2 espèces de grands singes montrent qu'ils sont actifs essentiellement entre 6h et 17h. Les chimpanzés sont beaucoup actifs autour de 11h et 14h, tandis que les gorilles le sont autour de 6h, 13h et 16h (figures 15, 16).

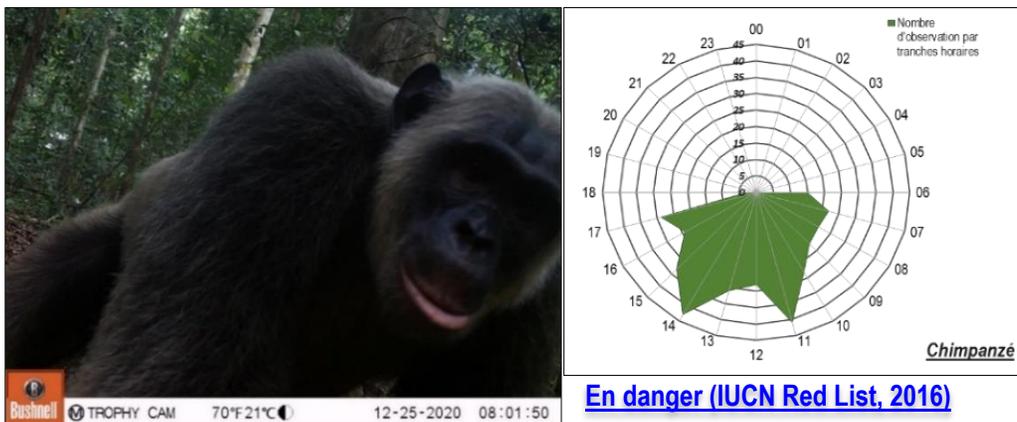


Figure 15: Activité circadienne du chimpanzé

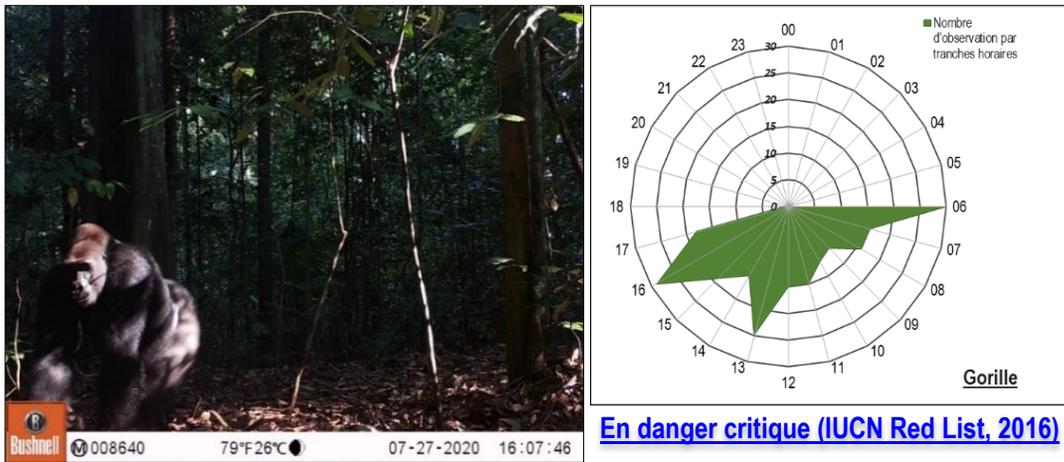


Figure 16: Activité circadienne du gorille

Le taux d'occupation du PNMD par les chimpanzés est estimé à environ 64,6% [IC : 50,9 – 76,2] avec une probabilité de détection de 0,286 [IC : 0,232 – 0,346]. D'une saison à l'autre, le taux d'occupation moyen est resté stable tandis que la probabilité moyenne de détection a baissé de manière non significative (figure 17). En considérant l'effet des covariables, le taux d'occupation estimé pour l'ensemble est de 0,607 [IC : 0,341 – 0,812], il reste presque identique à celui estimé sans prendre en compte les covariables. Pour les estimations par saison, les valeurs obtenues avec ou sans covariables sont très proches.

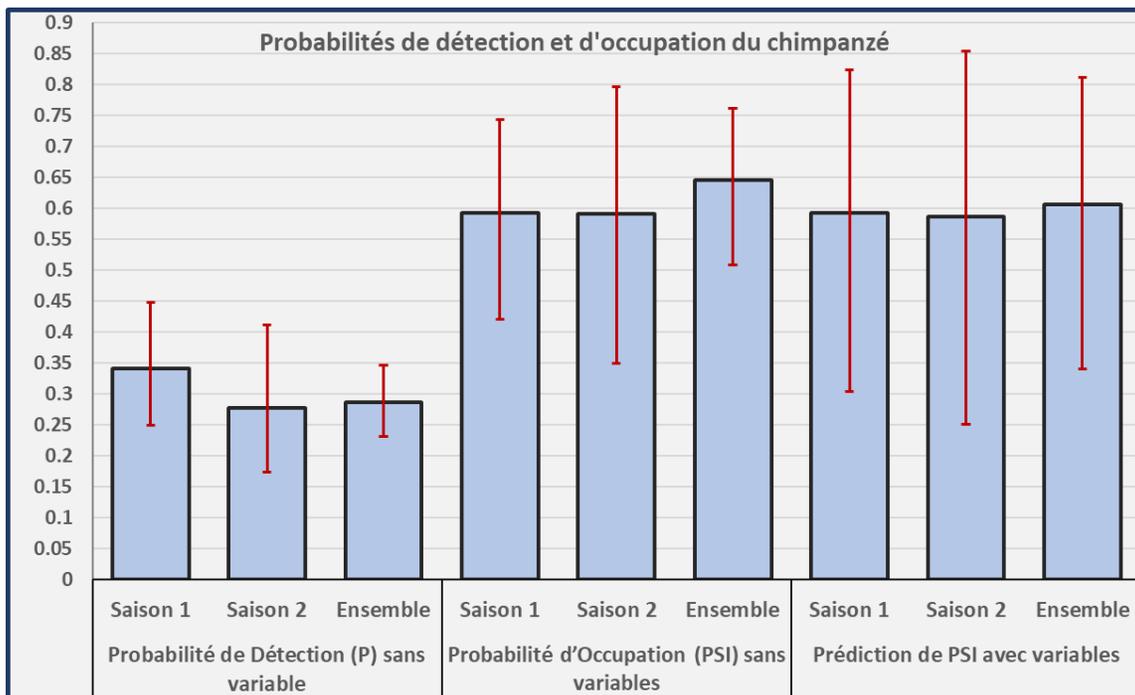


Figure 17: Comparaison des taux d'occupation (psi) et des taux de détection (p) du chimpanzé

Les gorilles occupent la zone d'étude à environ 62,6% [IC : 47,0% – 75,9%] avec une détectabilité relativement faible de 0,237 [IC : 0,183 – 0,301]. Le taux d'occupation a baissé de 30% entre la saison sèche et la saison pluvieuse de manière presque significative. Cela pourrait toutefois indiquer que les gorilles couvriraient plus leur domaine vital durant la saison sèche que pendant la saison pluvieuse, contrairement aux chimpanzés qui maintiendraient leur zone d'activités indépendamment des saisons identifiées. Avec l'influence des covariables les taux d'occupations estimés restent très proches de ceux estimés sans covariables, ce qui indiquerait un effet très faible des différents facteurs testés sur la distribution des chimpanzés et des gorilles.

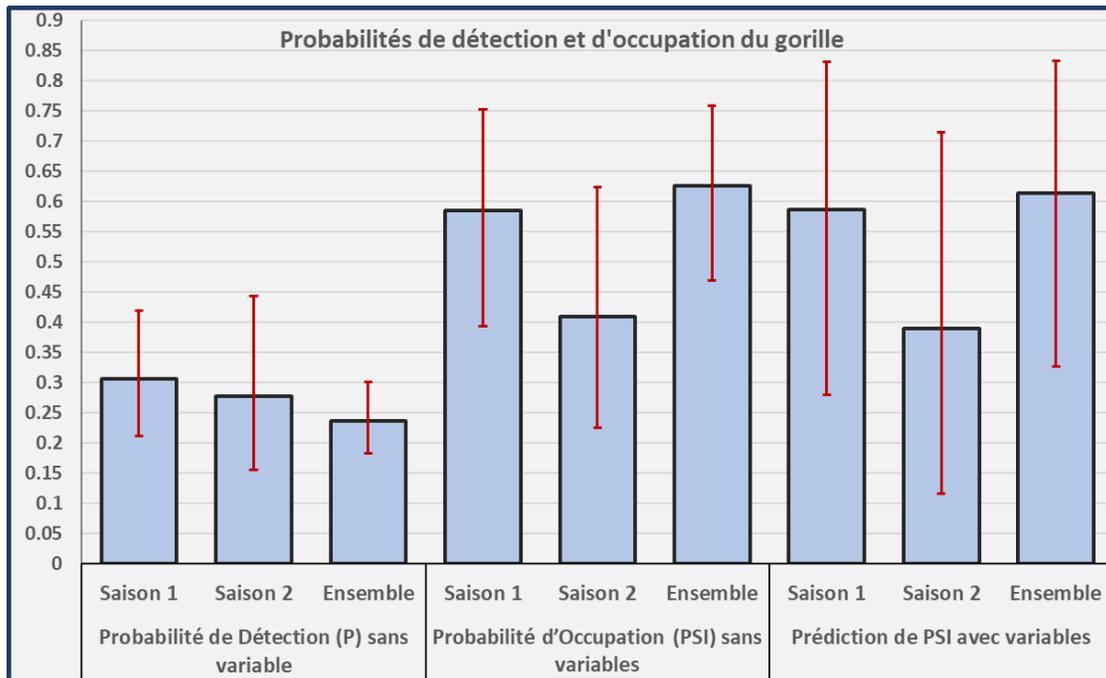


Figure 18: Comparaison des taux d'occupation (psi) et des taux de détection (p) du gorille par saison et pour l'ensemble

La figure 19 montre que les chimpanzés occupent le PNMD suivant une variabilité moins prononcée dans les différents secteurs (taux d'occupation variant entre 0,85 et 0,32) contrairement aux gorilles (taux d'occupation variant entre 0,97 et 0,07) ; les gorilles seraient plus abondants sur le flanc est (du nord au sud) du parc. D'une manière générale, les zones de faible présence restent la grande partie centrale orientée nord-sud, pour les deux espèces.

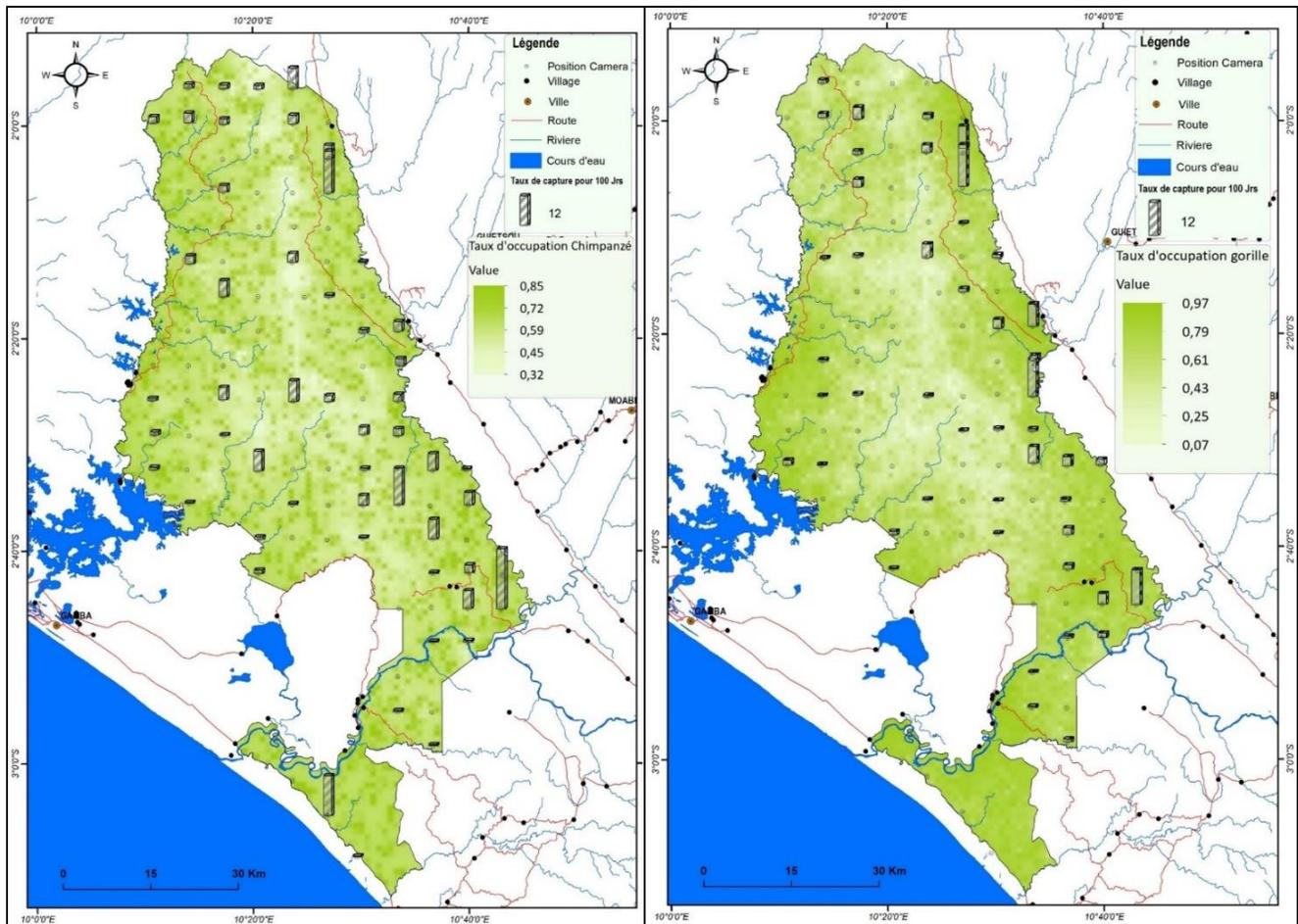


Figure 19: Occupation spatiale du PNMD par le chimpanzé (gauche) et le gorille (droite)

○ Effets des covariables sur l'abondance relative et l'occupation spatiale

Le tableau 8 montre que les pressions humaines sont les principaux facteurs qui expliquent la distribution spatiale des chimpanzés. En effet, les chimpanzés sont relativement abondants à proximité des routes (p significatif dans 100% des modèles, annexe 2) et où il y a moins de villages ; par contre, ils sont moins abondants dans les zones herbacées et marécageuses, et plus abondants dans les zones de forêts denses fermées (tableau 8).

La présence des gorilles est beaucoup plus conditionnée par la présence des villages ; les gorilles ont des activités moins abondantes dans les zones à faible densité de villages (p significatif dans plus de 75% des modèles, annexe 2), proches des routes et loin des rivières.

L'examen de l'effet des covariables sur l'occupation spatiale du chimpanzé montre qu'aucun facteur n'est hautement prépondérant ; néanmoins, la proximité des villages, favoriserait la présence des chimpanzés pendant la saison sèche (tableau 9). D'autres facteurs non testés auraient pu montrer des effets plus importants dans l'occupation spatiale du PNMD par les chimpanzés.

Tableau 8: Influence des covariables sur les taux de rencontre des signes d'activités du gorille et du chimpanzé

COVARIABLES		NBVIL	CLFOR	DRIV	DRTE	HERB
Chimpanzé	Poids relatifs	0,530	0,468	0,236	1,000	0,639
	Coefficients moyens	-0,1413	0,0411	0,0035	-0,5756	-0,3607
Gorille	Poids relatifs	0,733	0,253	0,567	0,596	0,242
	Coefficients moyens	-0,3097	0,0078	0,1608	-0,1720	-0,0127

*Voir la partie méthodologie pour la signification des abréviations

Tableau 9: Poids relatifs et coefficients moyens des covariables ayant permis de prédire le taux d'occupation du chimpanzé

COVARIABLES		ALT	HERB	OFOR	DRIV	DVILL	TEMP
Saison 1	Coefficients moyens	-0,0006	n/a	n/a	0,0013	-0,0065	n/a
	Poids relatifs	0,303	n/a	n/a	0,206	0,465	n/a
Saison 2	Coefficients moyens	n/a	0,0034	n/a	-0,0054	n/a	-0,0709
	Poids relatifs	n/a	0,217	n/a	0,367	n/a	0,281
Ensemble	Coefficients moyens	-0,0007	0,1754	0,1752	n/a	n/a	n/a
	Poids relatifs	0,346	0,357	0,338	n/a	n/a	n/a

*Voir la partie méthodologie pour la signification des abréviations

L'occupation spatiale des gorilles est plus influencée par les facteurs de pressions humaines. En effet, les gorilles occupent plus les zones loin des villages durant la saison pluvieuse et loin des routes durant la saison sèche ; sur l'ensemble des deux saisons, les gorilles semblent occuper les zones proches des villages et les zones de basse altitude (tableau 10).

Tableau 10: Poids relatifs et coefficients moyens des covariables ayant permis de prédire le taux d'occupation du gorille

COVARIABLES		ALT	DRTE	DVILL
Saison 1	Coefficients moyens	-0,0002	0,1865	-0,0058
	Poids relatifs	0,235	0,857	0,392
Saison 2	Coefficients moyens	-0,0011	-0,0056	0,7633
	Poids relatifs	0,332	0,347	0,741
Ensemble	Coefficients moyens	-0,0007	0,0006	-0,0055
	Poids relatifs	0,318	0,213	0,414

*Voir la partie méthodologie pour la signification des abréviations

5.3.2.2. Les petits singes

○ Abondance relative et distribution spatiale

Au total, 100 détections (vocalisations et observations directes de groupes) montrant la présence de huit espèces de petits singes ont été relevées sur les transects, ce qui correspond à un taux de rencontre de 0,22 indice/km. Au cours de l'inventaire, les indices de présence de 10 espèces de petits singes ont été enregistrés, le cercocèbe agile et le colobe rouge n'ayant été vus que sur les recces. Le hocheur (52%), le colobe noir (16 %) et le cercocèbe à collier blanc (15 %) sont les espèces dont les signes de présence ont été le plus rencontrés (figure 20). Les taux de rencontre par type d'indice et les totaux pour chaque espèce et pour toutes les espèces de petits singes sont présentés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Taux de rencontre des groupes de petits singes sur les transects.

Espèce	Type de détection	Nombre de groupes	Taux de rencontre (n/km)	Erreur standard
Cercocèbe à joues grises	Vocalisation	2	0,004	0,003
Cercopithèque pogonias	Observation Directe	2	0,004	0,003
	Vocalisation	2	0,005	0,003
	Total	4	0,009	0,005
Colobe noir	Observation Directe	8	0,018	0,007
	Vocalisation	8	0,018	0,007
	Total	16	0,036	0,01
Hocheur	Observation Directe	28	0,062	0,013
	Vocalisation	24	0,053	0,011
	Total	52	0,116	0,016
Mandrill	Observation Directe	4	0,009	0,004
	Vocalisation	1	0,002	0,002
	Total	5	0,011	0,006
Moustac	Observation Directe	2	0,004	0,003
	Vocalisation	3	0,007	0,005
	Total	5	0,011	0,006
Singe couronné	Vocalisation	1	0,002	0,002
Cercocèbe à collier blanc	Observation Directe	5	0,011	0,005
	Vocalisation	10	0,022	0,007
	Total	15	0,033	0,009
Tous les petits singes	Total	100	0,222	0,024

La figure 20 montre que les zones de fortes présence des petits singes durant l'inventaire sont disséminées sur la zone d'étude. Le hocheur, le colobe noir et le cercocèbe à collier blanc sont observés dans presque tous les secteurs.

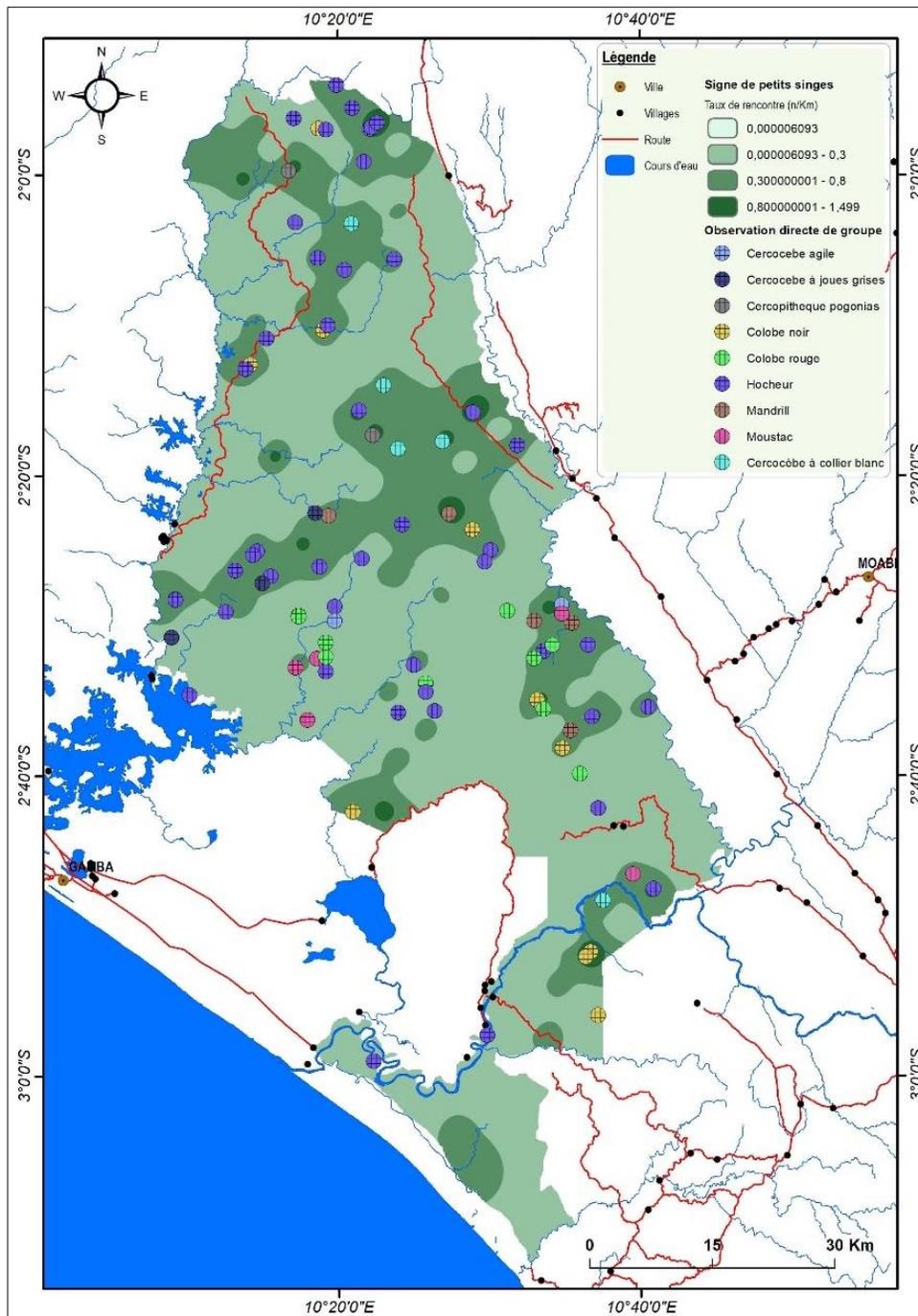
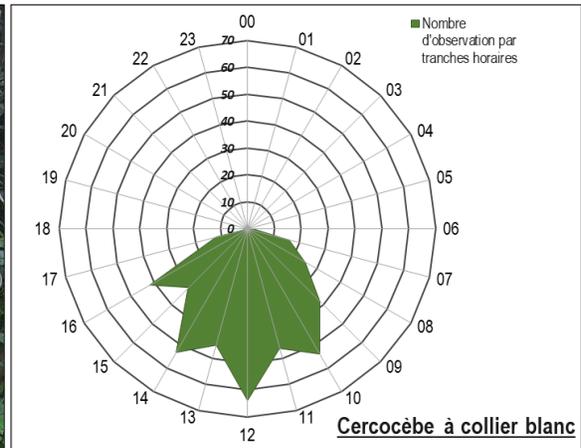


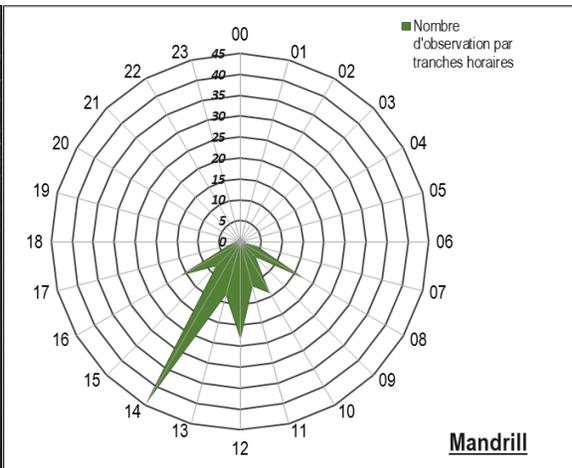
Figure 20 : Distribution spatiale des indices de petits singes dans le PNMD

○ **Activités circadiennes du cercocèbe à collier blanc et du Mandrill**

Les 2 principales espèces de petits singes capturées par les caméras sont le cercocèbe à collier blanc et le mandrill qui ont beaucoup d'activités au sol. Leurs activités circadiennes montrent qu'ils sont actifs entre 06h et 17h ; le cercocèbe à collier blanc est moins abondant que le mandrill (figure 21).



En danger (IUCN Red List, 2019)



Vulnérable (IUCN Red List, 2016)

Figure 21: Activités circadiennes du cercocèbe à collier blanc (haut) et du Mandrill (bas)

○ **Effet des covariables sur la distribution spatiale et l'abondance relative des petits singes**

La présence des petits singes est beaucoup plus influencée par les zones herbacées/marécageuses et les forêts denses fermées qui influencent respectivement négativement et positivement leur abondance.

Tableau 12: Influence des covariables sur le taux de rencontre des signes d'activités des petits singes

COVARIABLES		NBVIL	CLFOR	DRIV	DRTE	HERB
Petits singes	Poids relatifs	0,242	0,434	0,289	0,234	0,454
	Coefficients moyens	0,0034	0,1020	0,0254	-0,0021	-0,1423

*Voir la partie méthodologie pour la signification des abréviations

Dans l'ensemble, les petits singes se rencontreraient plus dans les zones de forêts denses fermées que dans les zones herbacées et marécageuses ; ce qui reste assez évident. Les autres facteurs ont des effets relativement faibles (tableau 12). Pris par espèce, on aurait pu observer des effets différents de ceux présentés ici, mais les taux de rencontre étant très faibles, il est difficile d'ajuster des modèles par espèce de petit singe.

5.3.3. Les bovidés

5.3.3.1. Buffles

○ Abondance relative et distribution spatiale

Les signes de présence des buffles sont rencontrés à un taux de 0,4 indice par km dans la zone d'étude (tableau 13). Les zones de plus fortes concentrations (4 – 11,14 indice/km) sont localisées à l'extrême sud et au sud-est (figure 22) où toutes les observations directes ont été faites et deux carcasses vues. Aucun signe de buffle n'a été observé dans la zone centrale du PNMD.

Tableau 13 : Taux de rencontre des signes de buffles sur les transects.

Signe	Nombre de signe (n)	Taux de rencontre (n/km)	Erreur standard
Crotte	65	0,144	0,028
Empreinte	49	0,109	0,019
Observation Directe	66	0,147	0,059
Total	180	0,4	0,077

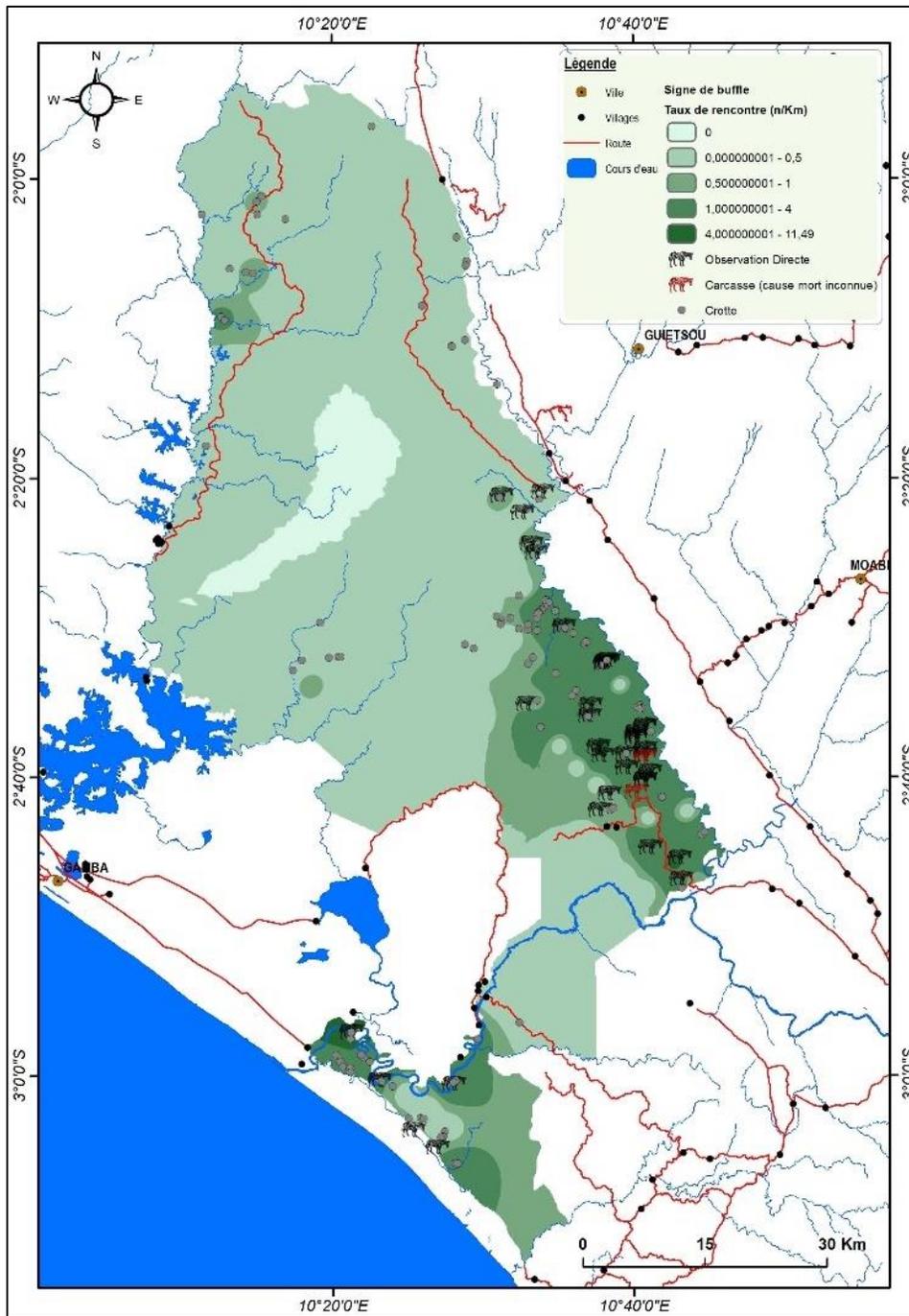


Figure 22: Distribution spatiale des indices de présence du buffle dans le PNMD

○ **Activité circadienne et occupation spatiale**

Les buffles ont été détectés durant toutes les tranches horaires ; ils sont plus actifs de manière continue pendant la nuit entre 18h et 23h (figure 23).

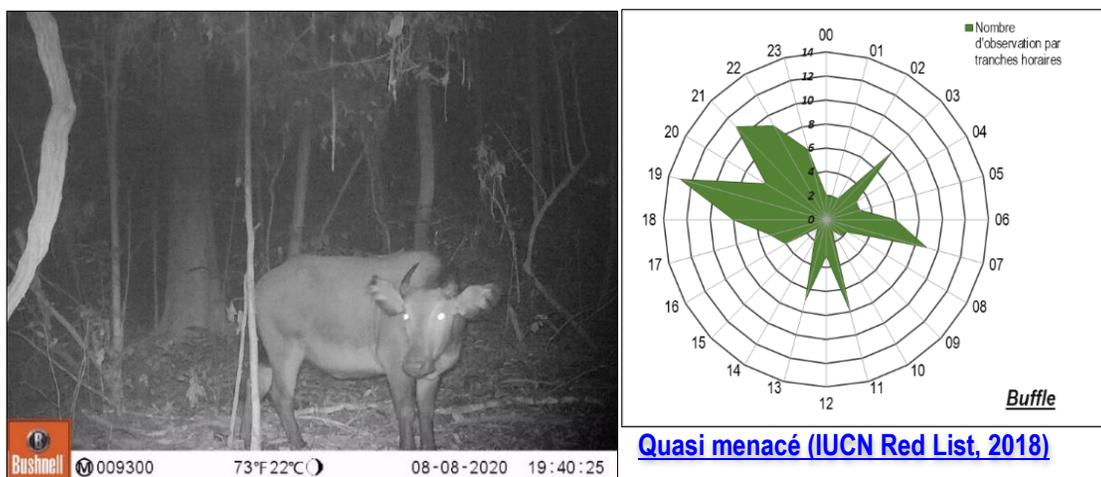


Figure 23: activité circadienne des buffles

Les buffles occupent une faible portion du PNMD ; le taux d’occupation est estimé à 0,233 [0,153 – 0,338] avec une probabilité de détection de 0,351 [0,268 – 0,445]. Avec ou sans l’effet des covariables, le taux d’occupation reste plus ou moins stable pendant les saisons sèche et pluvieuse. Ceci montre que les buffles utiliseraient de manière plus ou moins constante, leurs zones d’activités dans le PNMD.

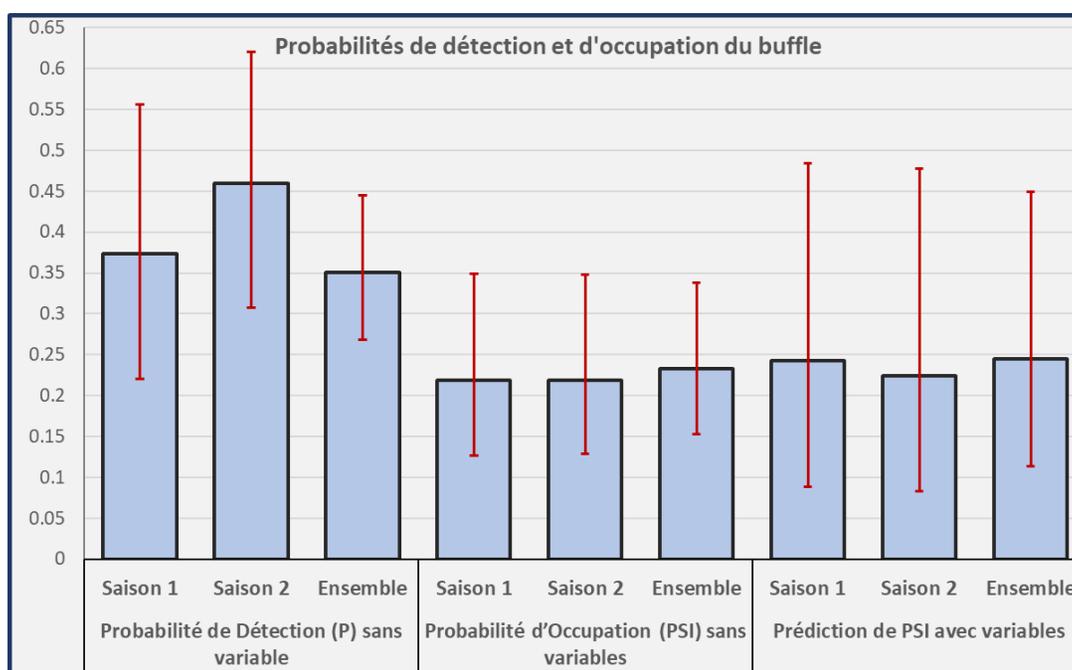


Figure 24: Comparaison des taux d’occupation (psi) et des taux de détection (p) du buffle par saison et pour l’ensemble

Sur l’ensemble de la période de l’étude, il ressort que les buffles occupent plus les zones périphériques est et ouest, ainsi que le sud du parc ; cependant, on observe des taux de capture plus ou moins élevés dans la partie nord (figure 25).

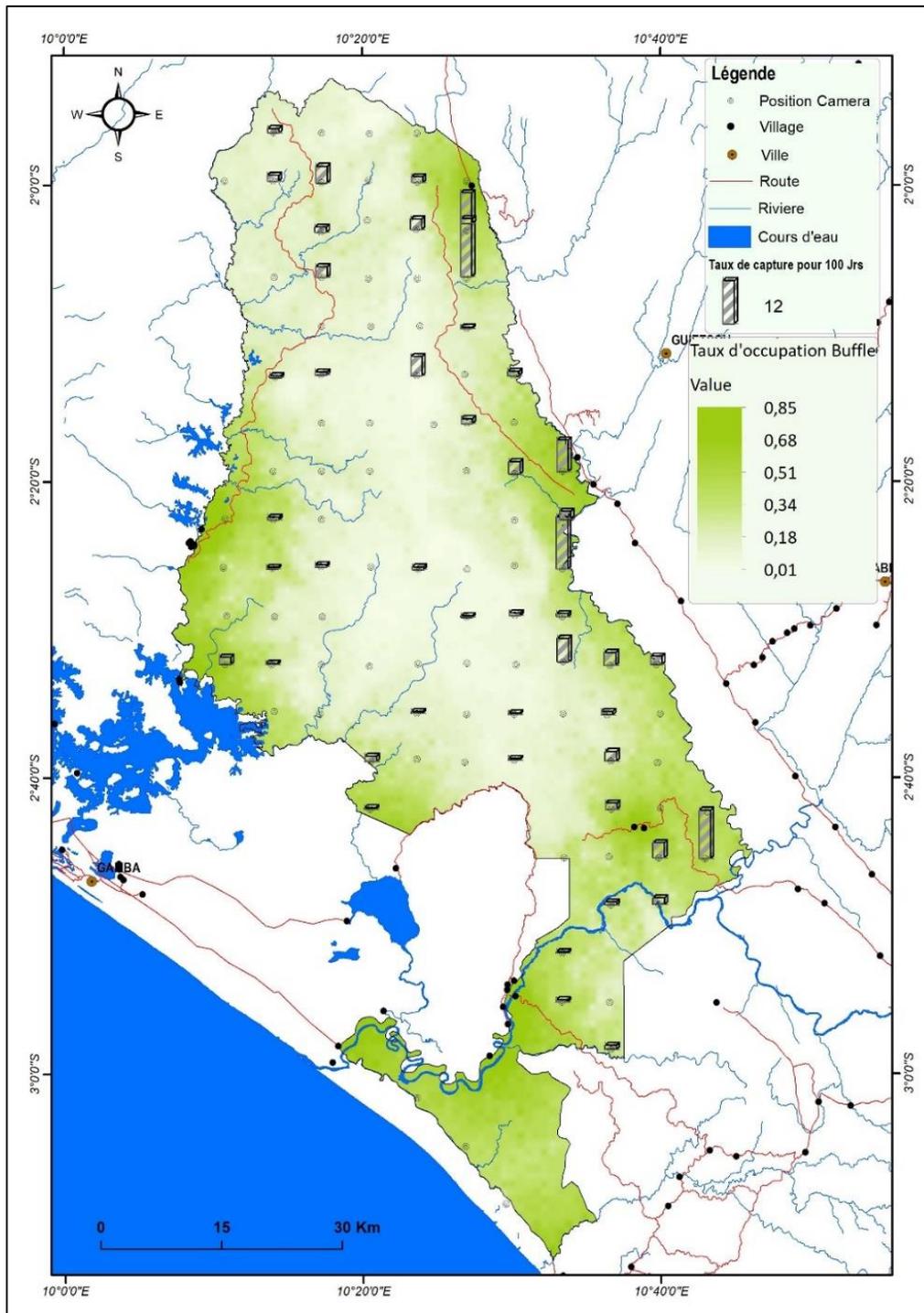


Figure 25: Occupation spatiale du PNMD par les buffles

○ **Influence des covariables sur l'occupation spatiale et l'abondance relative**

Les effets des variables sur le taux de rencontre des buffles (tableau 14) montrent que les signes de présence sont moins abondants dans les zones de forêts denses fermées qui représentent le facteur le plus important qui conditionne la distribution spatiale (p significatif dans 100% des modèles,

annexe 2). Les buffles auraient tendance à éviter les zones marécageuses, comme clairement mis en évidence par les effets des variables sur leur occupation spatiale du PNMD (tableau 15). En effet, l'occupation du parc par les buffles est plus influencée par l'altitude et les zones herbacées/marécageuses ; les buffles éviteraient aussi les zones de montagnes.

Tableau 14: Influence des covariables sur le taux de rencontre des signes d'activités du buffle

COVARIABLES		NBVIL	CLFOR	DRIV	DRTE	HERB
Buffle	Poids relatifs	0,292	0,959	0,361	0,252	0,402
	Coefficients moyens	0,0355	-1,1981	-0,0533	-0,0013	-0,2558

*Voir la partie méthodologie pour la signification des abréviations

Tableau 15: Poids relatifs et coefficients moyens des variables ayant permis de prédire le taux d'occupation du buffle

COVARIABLES		ALT	DVILL	HERB	NBVIL	OFOR
Saison 1	Coefficients moyens	-0,0027	0,0370	-0,0429	n/a	n/a
	Poids relatifs	0,4680	0,3390	1,00	n/a	n/a
Saison 2	Coefficients moyens	-0,0057	n/a	n/a	0,0269	-0,0112
	Poids relatifs	0,798	n/a	n/a	0,329	0,251
Ensemble	Coefficients moyens	-0,0042	0,0200	-0,0187	n/a	n/a
	Poids relatifs	0,724	0,331	0,843	n/a	n/a

*Voir la partie méthodologie pour la signification des abréviations

5.3.3.2. Les céphalophes et autres bovidés

○ Abondance relative et distribution spatiale

La présence des céphalophes et autres bovidés a été notifiée par l'observation directe des individus et par la détection des crottes et empreintes ; soit un total de 517 indices rencontrés, représentant un taux de 1,16 indices par km sur les transects. Les observations directes ont permis de confirmer la présence de neuf espèces mentionnées dans le tableau 16.

En considérant les crottes et empreintes selon leurs tailles, les céphalophes et autres bovidés de petite taille (55,71 %) sont les plus rencontrés.

La distribution spatiale des signes de tous les céphalophes et autres bovidés (figure 26) montre qu'ils sont présents dans tout le parc avec une plus forte concentration au nord, dans la partie centrale (vers le sud et l'ouest), ainsi qu'une partie du sud. Le céphalophe bleu est l'espèce dont les individus ont été le plus observés durant la collecte des données.

Tableau 16: Taux de rencontre des signes de céphalophes et autres bovidés sur les transects

Espèce / groupe d'espèce	Signe	Nombre de signes (n)	Taux de rencontre (n/km)	Erreur standard		
Petits céphalophes et autres bovidés	Céphalophe bleu	Observation Directe	32	0,071	0,016	
	Chevrotain aquatique	Observation Directe	6	0,013	0,007	
	Petits bovidés non différenciés	Crotte		185	0,418	0,043
		Empreinte		64	0,142	0,02
		Observation Directe		1	0,002	0,002
		Total		250	0,563	0,052
	Total		288	0,647	0,056	
Céphalophes moyens et autres bovidés	Céphalophe à front noir	Observation Directe	1	0,002	0,002	
	Céphalophe à ventre blanc	Observation Directe	8	0,018	0,007	
	Céphalophe de Ogilby	Observation Directe	4	0,009	0,004	
	Bovidés moyens non différenciés	Crotte		102	0,227	0,038
		Empreinte		45	0,1	0,019
		Observation Directe		6	0,013	0,005
		Total		153	0,34	0,046
	Total		166	0,369	0,047	
Grands céphalophes et autres bovidés	Céphalophe à dos jaune	Observation Directe	4	0,009	0,004	
	Guib harnaché	Observation Directe	1	0,002	0,002	
	Kobe défassa	Observation Directe	5	0,011	0,011	
	Sitatunga	Observation Directe	6	0,013	0,008	
	Grands bovidés non différenciés	Crotte		26	0,058	0,015
		Empreinte		18	0,04	0,01
		Observation Directe		3	0,007	0,005
		Total		47	0,104	0,019
Total		63	0,14	0,024		
Tous les céphalophes et autres bovidés	Crotte		313	0,702	0,07	
	Total		517	1,156	0,092	

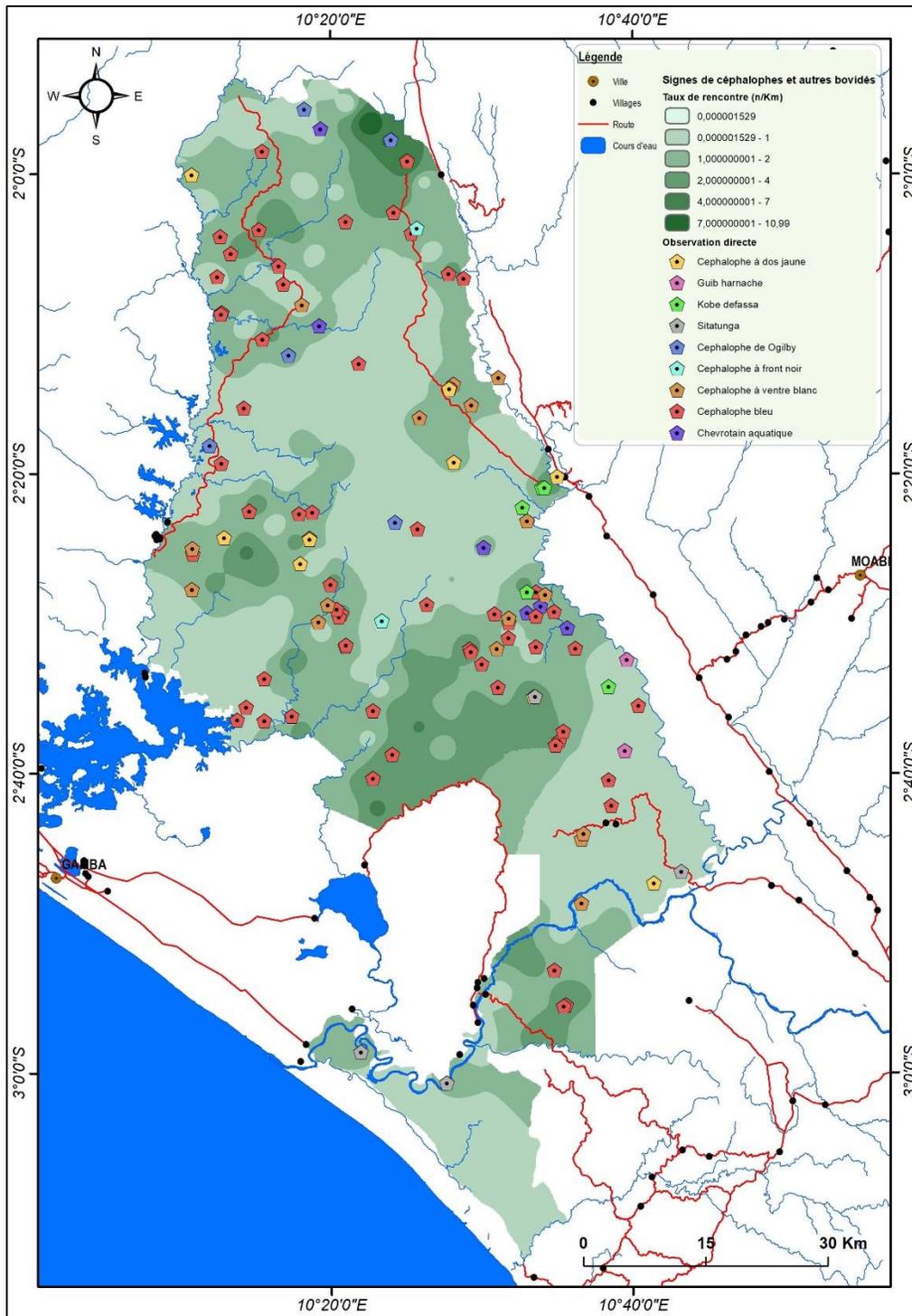


Figure 26: Distribution spatiale des indices de présence des céphalopodes et autres bovidés

○ **Activités circadiennes et occupation spatiale des principales espèces**

Les espèces de bovidés les plus détectées sont le céphalophe bleu, le céphalophe d'Ogilby, et le céphalophe à dos jaune. Leurs activités circadiennes montrent que les céphalophes à dos jaune sont généralement plus actifs de nuit entre 18h et 6h avec de faibles activités dans l'après-midi et le reste de la journée, tandis que les céphalophes bleu et d'Ogilby montrent plus d'activités diurnes entre 6h et 18h avec de faibles activités nocturnes (figure 27).

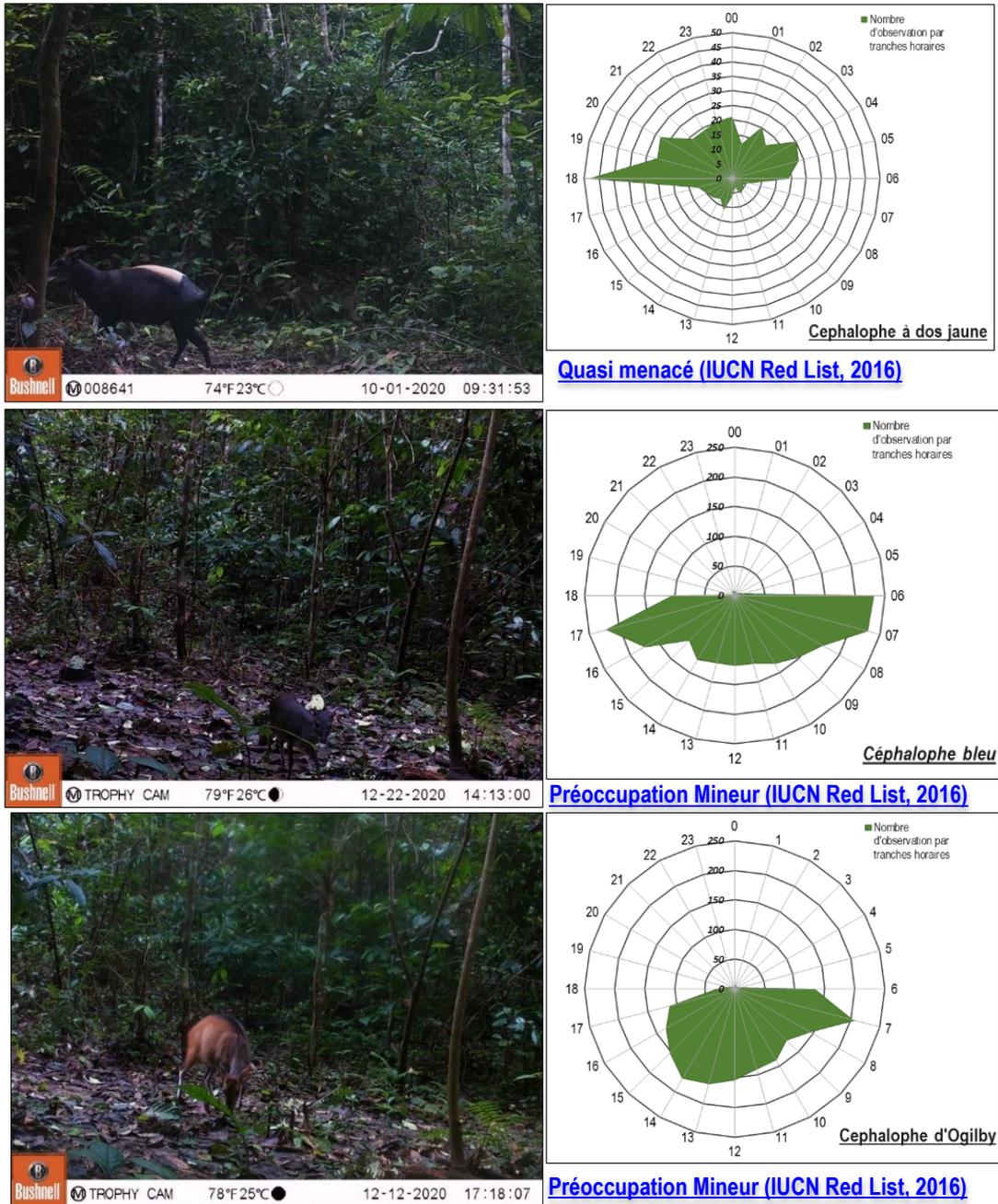


Figure 27: Activités circadiennes du céphalophe à dos jaune, céphalophe Bleu et céphalophe d'Ogilby

Le céphalophe à dos jaune occupe la zone d'étude à un taux de 0,643 [0,535 – 0,737] avec une détectabilité de 0,333 [0,293 – 0,376]. La répartition par saison, montre des taux d'occupation relativement stables entre la saison sèche et la saison pluvieuse. Par contre, la variation de la détectabilité entre les deux saisons semble plus importante, avec une probabilité de détection plus ou moins faible durant la saison des pluies (figure 28).

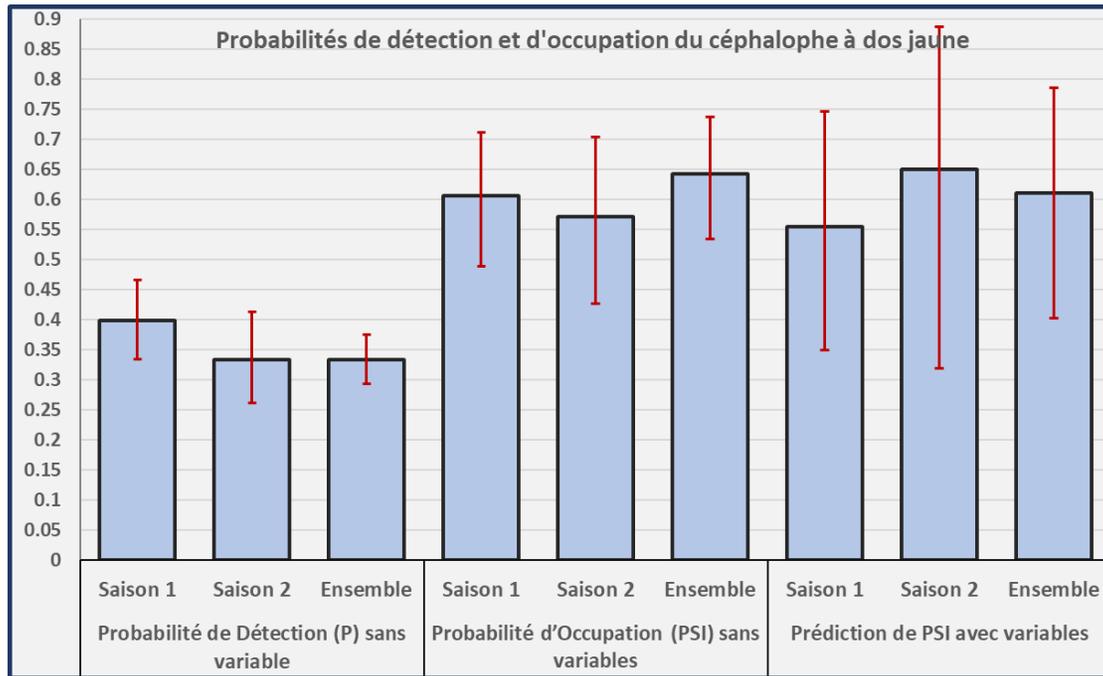


Figure 28: Comparaison des taux d'occupation (psi) et des taux de détection (p) du céphalophe à dos jaune par saison et pour l'ensemble

L'occupation spatiale du parc par les céphalophes à dos jaune montre qu'ils sont plus présents dans la moitié ouest du parc, et moyennement dans la grande zone centre et est (figure 29). Les taux de capture révèlent par contre que le flanc du parc, le sud de la zone centrale montagneuse et le sud du parc seraient moins abondantes en céphalophes à dos jaune.

Le taux d'occupation du céphalophe bleu est estimé à 0,65 [0,55 – 0,738] avec une probabilité de détection de 0,44 [0,404 – 0,477]. Ces 2 paramètres ont baissé de manière non significative de la saison sèche à la saison pluvieuse ; mais, en considérant le taux d'occupation estimé sans les variables explicatives, on note une réduction plus ou moins significative. Dans les deux cas, il apparaît que les céphalophes bleus utiliseraient différemment le PNMD, en saison sèche qu'en saison pluvieuse (figure 30).

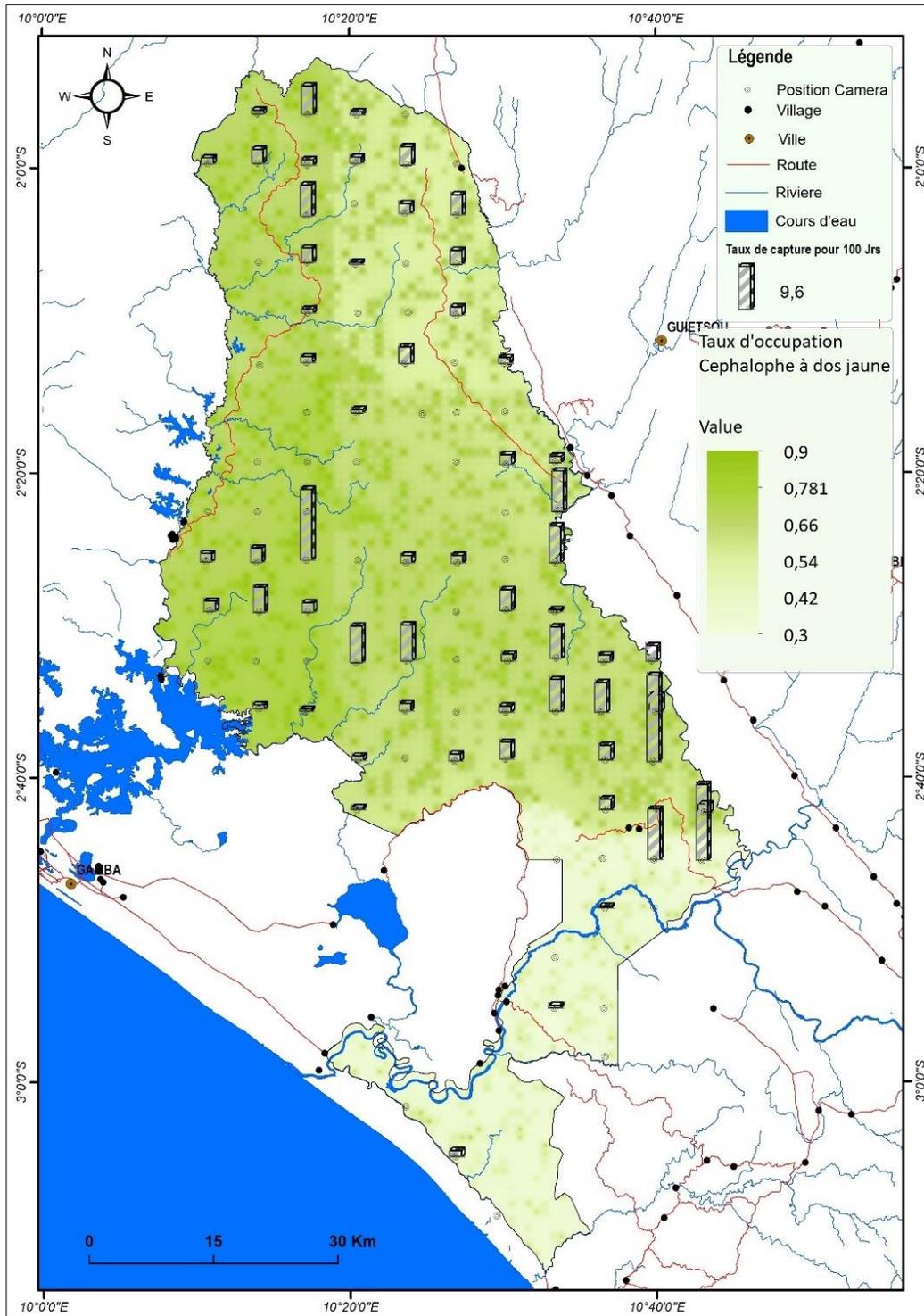


Figure 29: Occupation spatiale du PNMD par les céphalopes à dos jaune

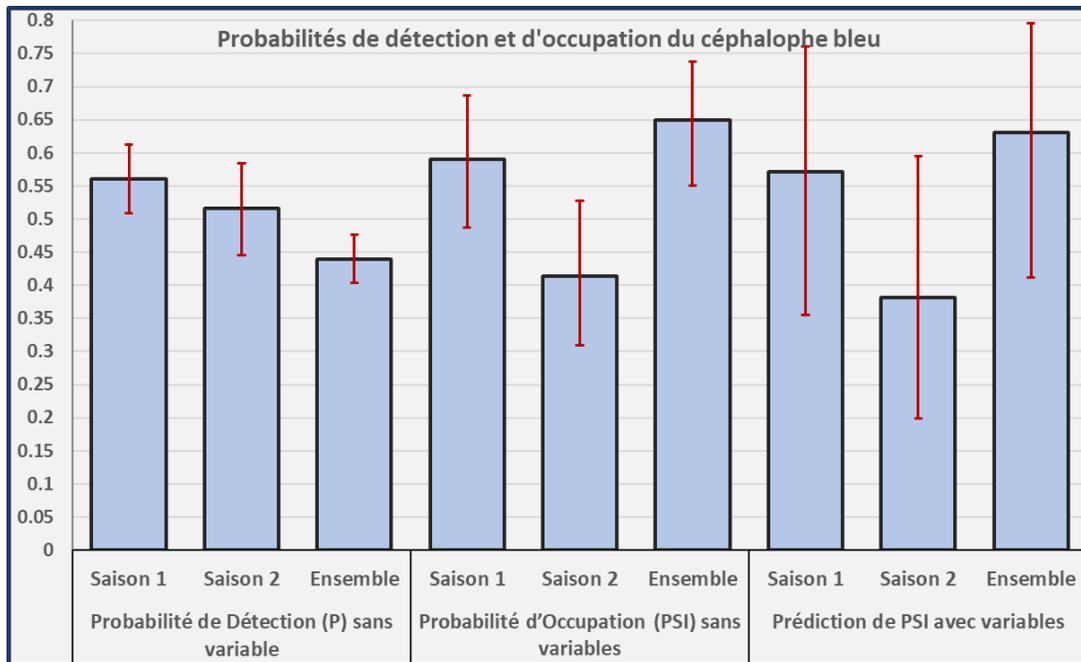


Figure 30: Comparaison des taux d'occupation (ψ) et des taux de détection (p) du céphalophe bleu par saison et pour l'ensemble

La carte probable d'occupation spatiale du PNMD par le céphalophe bleu montre que l'espèce est présente dans presque tous les compartiments. Les zones d'activités les plus faibles s'étendraient du centre au nord-ouest du parc (figure 31). Les taux de capture par station sont par contre plus élevés dans la grande moitié est dans l'ensemble.

Les céphalophes d'Ogilby sont présents dans le PNMD à un taux de 0,640 [0,540 – 0,729] et détectés avec une probabilité de 0,465 [0,429 – 0,501]. D'une manière générale, de la saison sèche à la saison pluvieuse, les taux d'occupation et de détection ont connu des baisses significatives, sauf dans le cas de l'estimation avec des variables explicatives. Ceci montre, comme pour le céphalophe bleu, que la zone occupée par l'espèce se réduit durant la saison des pluies. Il apparaît toutefois, que les estimations restent presque les mêmes avec ou sans covariables (figure 32).

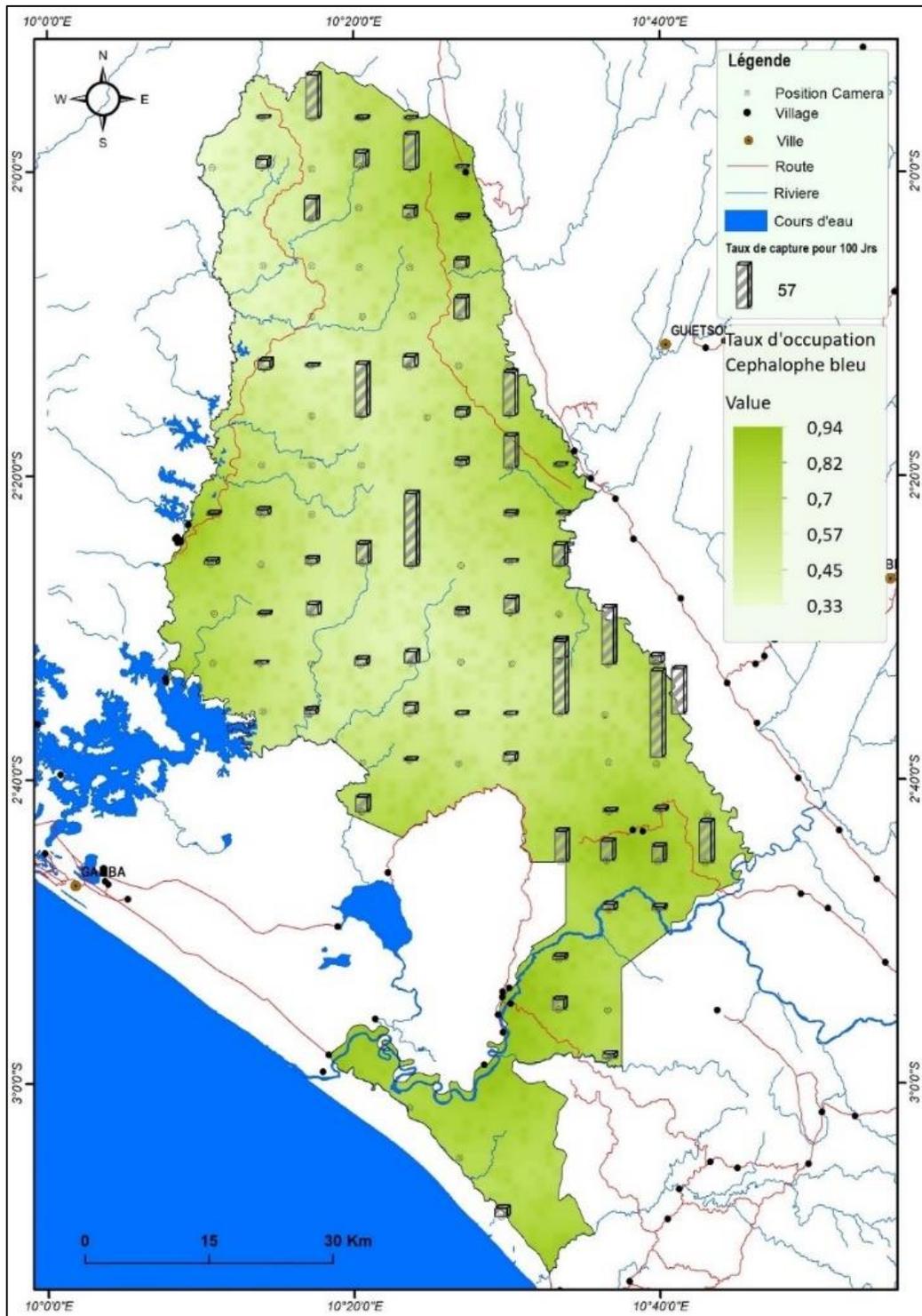


Figure 31: Occupation spatiale du PNMD par les céphalopodes bleus

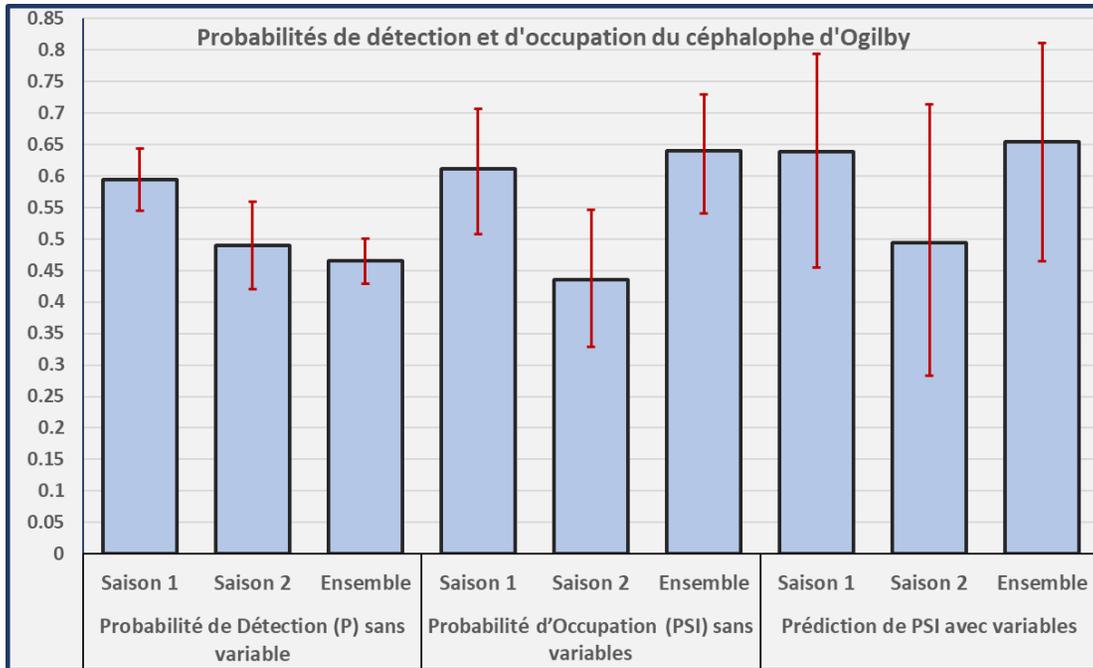


Figure 32: Comparaison des taux d'occupation (ψ) et des taux de détection (p) du céphalophe d'Ogilby par saison et pour l'ensemble

La carte d'occupation spatiale des céphalophes d'Ogilby montre qu'ils sont présents presque partout dans le PNMD (figure 33). Les zones sud, sud-est et centre-ouest sont les moins occupées. Les taux de captures confirment que les céphalophes d'Ogilby sont présents sur presque toute l'étendue du parc.

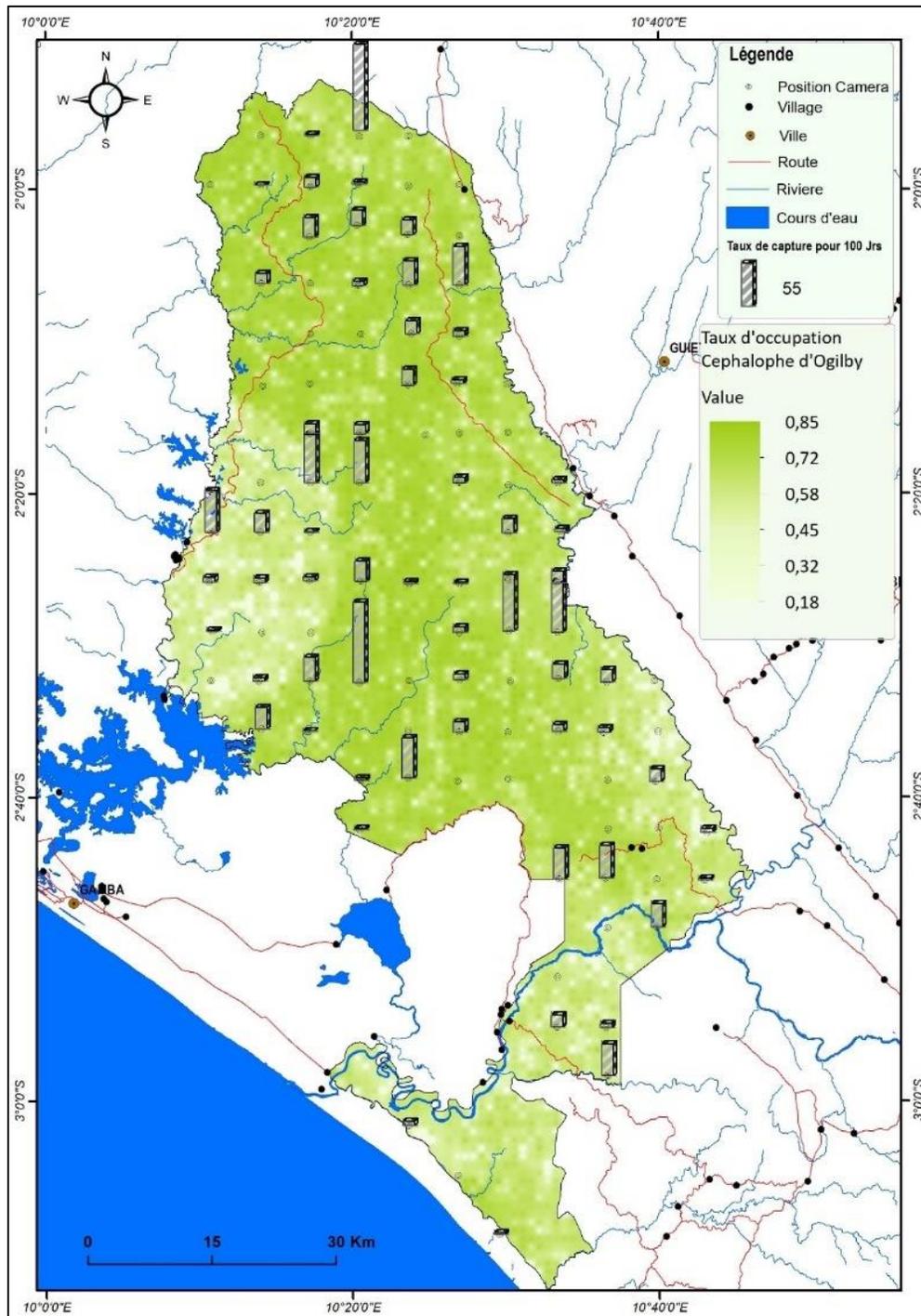


Figure 33: Occupation spatiale du PNMD par les céphalophes Ogilby

○ **Effet des covariables sur l'occupation spatiale et l'abondance relative des principales espèces**

Le tableau 17 montre que le principal facteur qui détermine la distribution spatiale et l'abondance des céphalophes et autres bovidés est la présence des forêts denses fermées (effet positif) ; ce groupe d'espèces serait ainsi plus abondant dans les forêts denses fermées. Par ailleurs, on les retrouverait aussi relativement moins abondantes dans les zones herbacées/marécageuses et loin des routes.

Tableau 17: Influence des covariables sur le taux de rencontre des signes d'activités des Céphalophes et autres ongulés

COVARIABLES		NBVIL	CLFOR	DRIV	DRTE	HERB
Céphalophes et autres ongulés	Poids relatifs	0,237	0,678	0,372	0,435	0,487
	Coefficients moyens	-0,0048	0,2232	0,0276	-0,0405	-0,0621

**Voir la partie méthodologie pour la signification des abréviations*

Spécifiquement pour le céphalophe à dos jaune, les facteurs tels que les zones herbacées/marécageuses et des précipitations plus élevées seraient favorables à leur présence (tableau 18).

Tableau 18: Poids relatifs et coefficients moyens des variables ayant permis de prédire le taux d'occupation du céphalophe à dos jaune

COVARIABLES		DRTE	HERB	PREC	DRIV	OFOR
Saison 1	Coefficients moyens	n/a	0,5269	3,7938	0,0023	n/a
	Poids relatifs	n/a	0,7064	0,6612	0,2912	n/a
Saison 2	Coefficients moyens	n/a	n/a	1,4908	0,0007	-0,0288
	Poids relatifs	n/a	n/a	0,3629	0,1144	0,2418
Ensemble	Coefficients moyens	0,0010	0,2037	2,3858	n/a	n/a
	Poids relatifs	0,247	0,444	0,557	n/a	n/a

**Voir la partie méthodologie pour la signification des abréviations*

Quant au céphalophe bleu, la proximité aux villages (facteur le plus important) et les zones moins humides seraient favorables à sa présence, probablement à cause des effets négatifs d'autres paramètres non testés pendant la saison sèche et sur toute la période de l'inventaire. Par ailleurs, on constate une préférence des zones herbacées et marécageuses pendant la saison des pluies (tableau 19).

Tableau 19: Poids relatifs et coefficients moyens des variables ayant permis de prédire le taux d'occupation du céphalophe bleu

COVARIABLES		DVILL	OFOR	PREC	HUMID	ALT	HERB	NBVIL
Saison 1	Coefficients moyens	-0,0128	0,1522	n/a	-1,8608	n/a	n/a	n/a
	Poids relatifs	0,7733	0,3408	n/a	0,4470	n/a	n/a	n/a
Saison 2	Coefficients moyens	n/a	n/a	n/a	n/a	0,0008	0,3244	0,0103
	Poids relatifs	n/a	n/a	n/a	n/a	0,3671	0,5882	0,2548
Ensemble	Coefficients moyens	-0,0158	0,1140	-0,7900	n/a	n/a	n/a	n/a
	Poids relatifs	0,868	0,326	0,326	n/a	n/a	n/a	n/a

*Voir la partie méthodologie pour la signification des abréviations

Les céphalophes d'Ogilby occuperaient plus les zones de forêts denses fermées, où il y a moins de villages et proches des rivières pendant la saison sèche ; tandis que pendant la saison des pluies, ils auraient tendance à éviter les zones herbacées/marécageuse. D'une manière générale, leur présence est plus accentuée hors des zones marécageuses, loin des rivières et où il y a moins de villages, comme la plupart des espèces subissant des pressions de braconnage (tableau 20).

Tableau 20: Poids relatifs et coefficients moyens des variables ayant permis de prédire le taux d'occupation du céphalophe d'Ogilby

COVARIABLES		DRIV	HERB	NBVIL	CLFOR
Saison 1	Coefficients moyens	-0,0344	n/a	-0,0552	0,0087
	Poids relatifs	0,441	n/a	0,571	0,691
Saison 2	Coefficients moyens	-0,0147	-0,7694	-0,0115	n/a
	Poids relatifs	0,287	0,903	0,269	n/a
Ensemble	Coefficients moyens	0,0730	-0,5541	-0,0569	n/a
	Poids relatifs	0,670	0,806	0,572	n/a

*Voir la partie méthodologie pour la signification des abréviations

5.3.4. Le potamochère

5.3.4.1. Abondance et distribution spatiale

Le potamochère est la seule espèce de suidés présente dans la zone. Sa présence a été notifiée par 85 signes constitués d'observations directes, de crottes et d'empreintes sur les transects, ce qui représente un taux de rencontre de 0,19 indice/km (tableau 21). La figure 34 montre que les potamochères sont présents sur toute l'étendue du PNMD avec plusieurs petites zones de concentration observées dans la partie nord et dans la partie centrale.

Tableau 21 : Taux de rencontre des signes de suidés sur les transects.

Espèce / groupe d'espèce	Signe	Nombre de signe (n)	Taux de rencontre (n/km)	Erreur standard
Potamochère	Crotte	13	0,029	0,008
	Empreinte	58	0,129	0,017
	Observation Directe	14	0,031	0,023
	Total	85	0,189	0,032

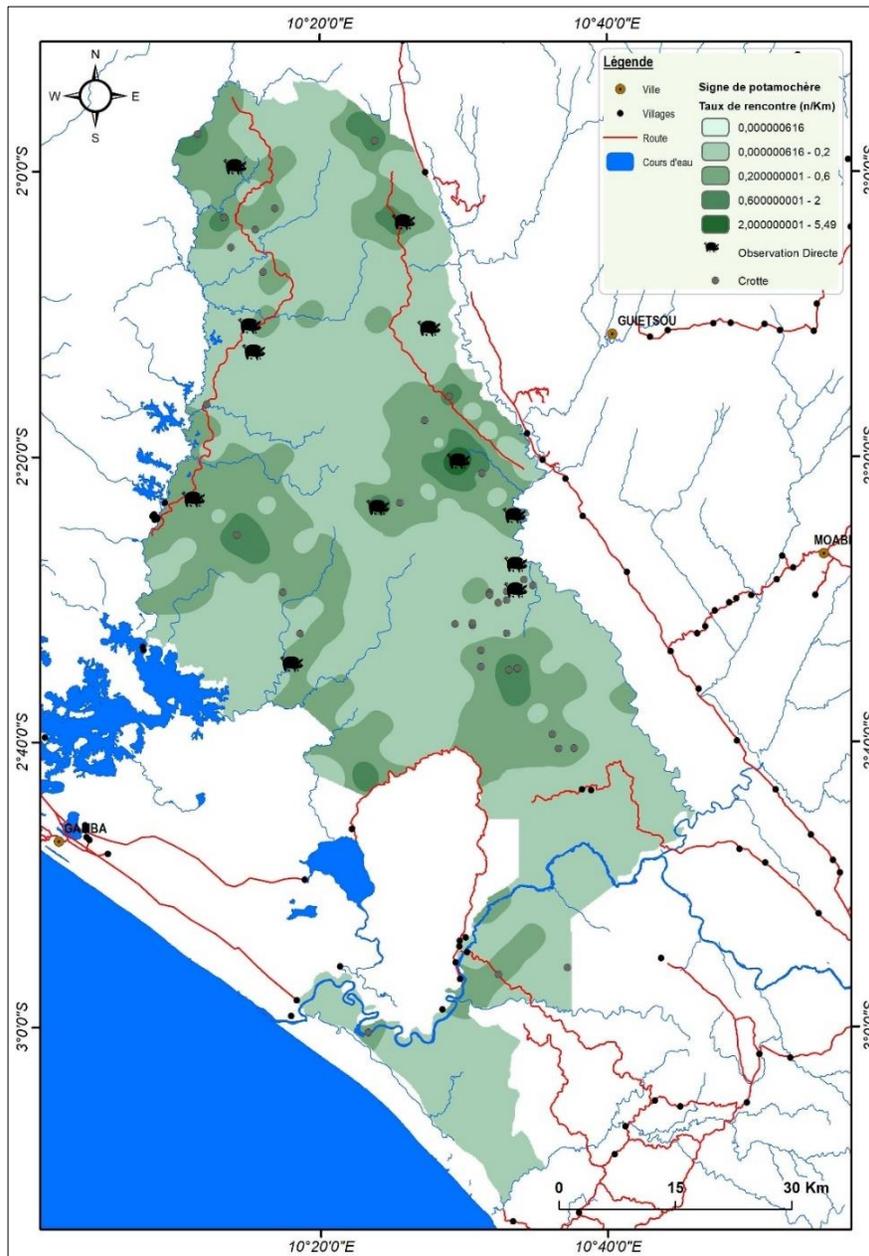


Figure 34: Distribution spatiale des indices de suidés dans le PNMD

5.3.4.2. Activités circadiennes et occupation spatiale

Les groupes de potamochères sont plus actifs pendant la journée entre 6h et 18h. Toutefois, une faible activité nocturne est observée (figure 35).

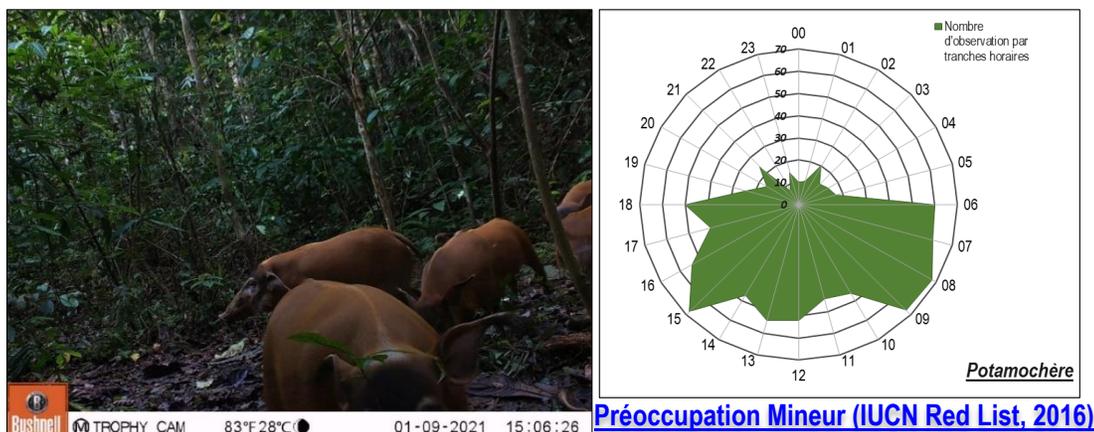


Figure 35: Activité circadienne des potamochères

Le taux d’occupation dans le PNMD des potamochères est estimé à 0,55 [0,433 – 0,661] avec une probabilité de détection de 0,342 [0,284 – 0,405] (figure 36). Entre les 2 saisons climatiques, la moyenne du taux d’occupation a baissé bien que celle de la probabilité de détection ait augmenté. Cela indiquerait une baisse des zones d’activités des potamochères durant la saison des pluies. Ces changements sont toutefois statistiquement non significatifs. Les prédictions du taux d’occupation en utilisant les covariables donnent des moyennes moins précises (intervalles de confiance plus larges) mais proches de celles estimées sans covariables.

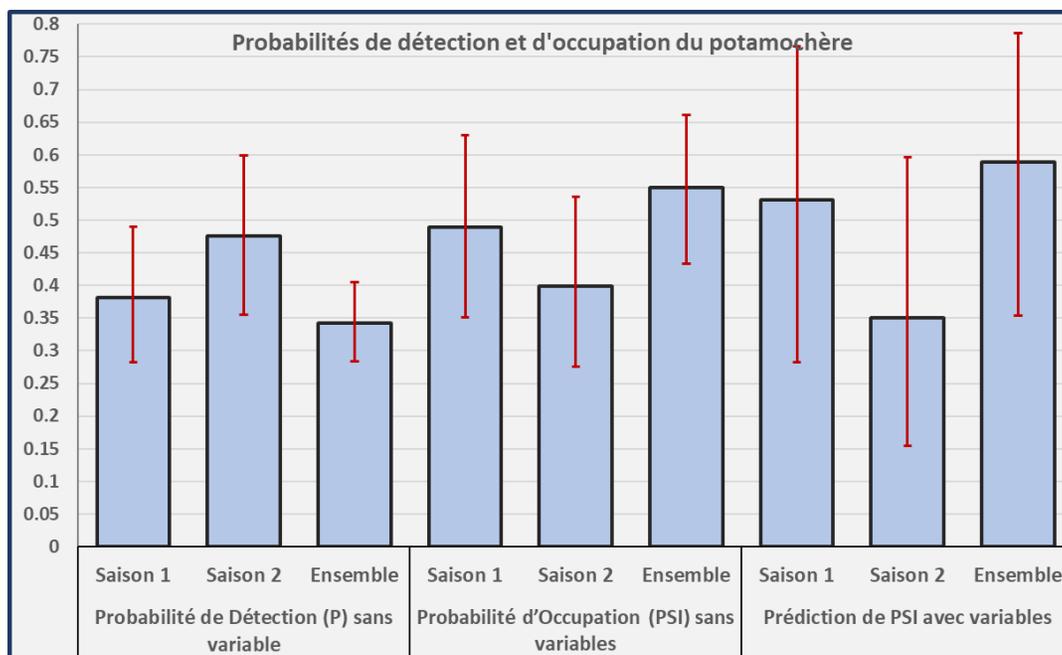


Figure 36: Comparaison des taux d'occupation (psi) et des taux de détection (p) du potamochère par saison et pour l'ensemble

Les potamochères occupent presque toute l'étendue du PNMD. Les zones de fortes activités sont situées au sud et dans les périphéries ouest, est et nord-est ; cette configuration est aussi confirmée par la visualisation spatiale des taux de capture par station (figure 37).

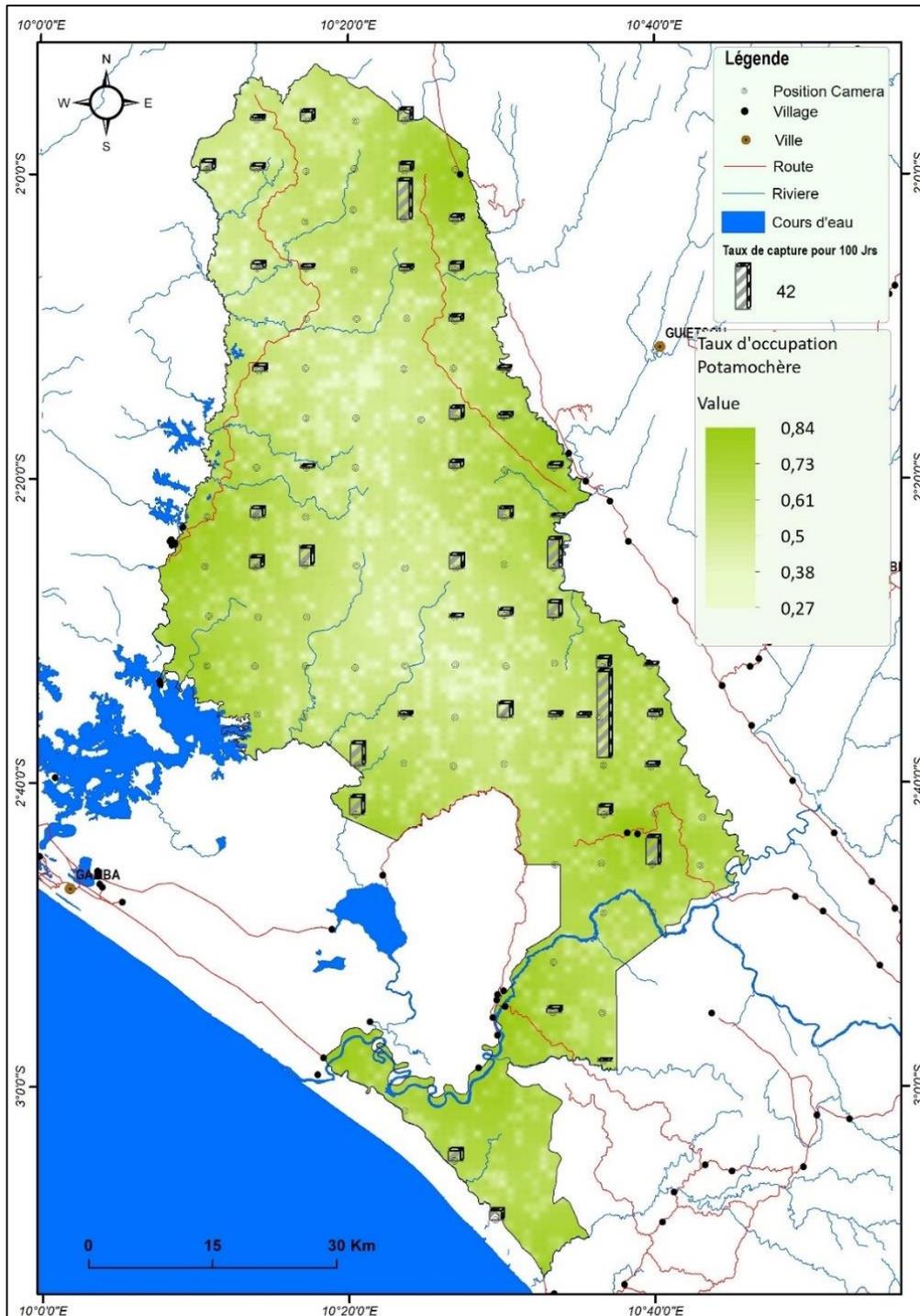


Figure 37: Occupation spatiale du PNMD par les potamochères

5.3.4.3. Influence des covariables sur l'occupation spatiale et l'abondance relative

Par rapport au taux de rencontre des signes observés sur les transects, les potamochères seraient plus présents dans les forêts denses fermées et potentiellement dans les zones herbacées et marécageuses (tableau 22).

Tableau 22: Influence des covariables sur le taux de rencontre des signes d'activités du potamochère

COVARIABLES		NBVIL	CLFOR	DRIV	DRTE	HERB
Suidés	Poids relatifs	0,331	0,616	0,242	0,387	0,482
	Coefficients moyens	0,0486	0,5338	-0,0024	-0,0709	0,1627

*Voir la partie méthodologie pour la signification des abréviations

Les principaux facteurs influençant l'occupation spatiale des potamochères par ordre d'importance sont l'altitude durant la saison sèche et les zones herbacées et marécageuses durant la saison des pluies. En effet, les potamochères éviteraient les zones de hautes altitudes et préféreraient les zones herbacées et marécageuses ; mais d'une manière générale, ils auraient tendance à éviter les zones avec une humidité relative trop élevée (tableau 23).

Tableau 23: Poids relatifs et coefficients moyens des variables ayant permis de prédire le taux d'occupation du potamochère

COVARIABLES		DRTE	HERB	HUMID	ALT	DVILL	OFOR
Saison 1	Coefficients moyens	n/a	n/a	n/a	-0,0015	-0,0022	-0,1957
	Poids relatifs	n/a	n/a	n/a	0,459	0,281	0,386
Saison 2	Coefficients moyens	-0,0215	0,9314	-1,2626	n/a	n/a	n/a
	Poids relatifs	0,307	0,942	0,332	n/a	n/a	n/a
Ensemble	Coefficients moyens	0,0107	0,1028	-1,2169	n/a	n/a	n/a
	Poids relatifs	0,259	0,327	0,357	n/a	n/a	n/a

*Voir la partie méthodologie pour la définition des abréviations

5.3.5. Léopard

5.3.5.1. Activité circadienne et occupation spatiale

L'activité du léopard a été détectée dans toutes les tranches horaires journalières. Leur niveau d'activités nocturnes est comparable à celui de la période diurne. Les meilleures périodes d'activités se situent entre 7h et 10h, 18h et 22h, autour de 1h du matin et autour de 15h (figure 38).

Les léopards occupent le PNMD à un taux de 0,634 [0,443 – 0,791] et détectés avec une faible probabilité de 0,189 [0,136 – 0,257]. D'une saison à l'autre, leur taux d'occupation moyen a baissé de 50% tandis que la probabilité de détection a augmenté ; ce qui indique une réduction importante de leurs zones d'activités durant la saison des pluies. Les estimations faites en considérant l'effet

des covariables fournissent des valeurs assez proches de celles calculées sans covariables (figure 39).

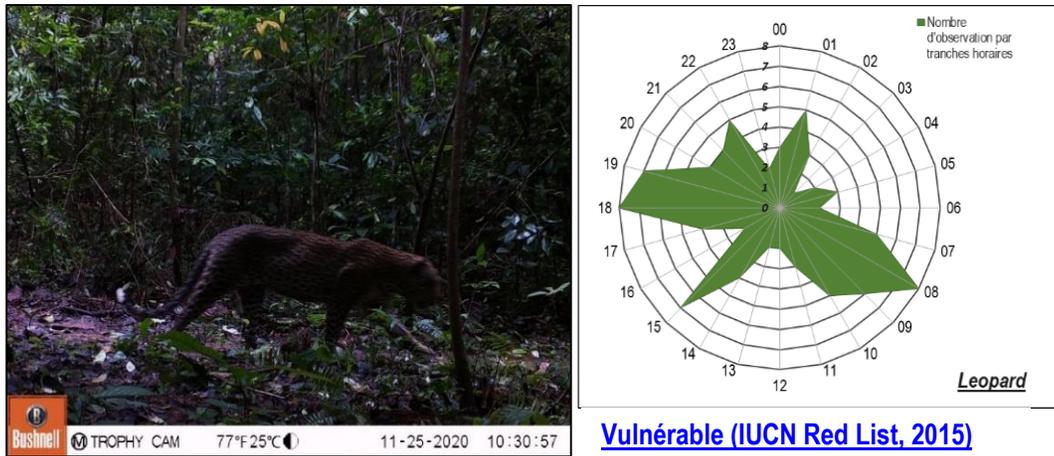


Figure 38: Activités circadienne des léopards.

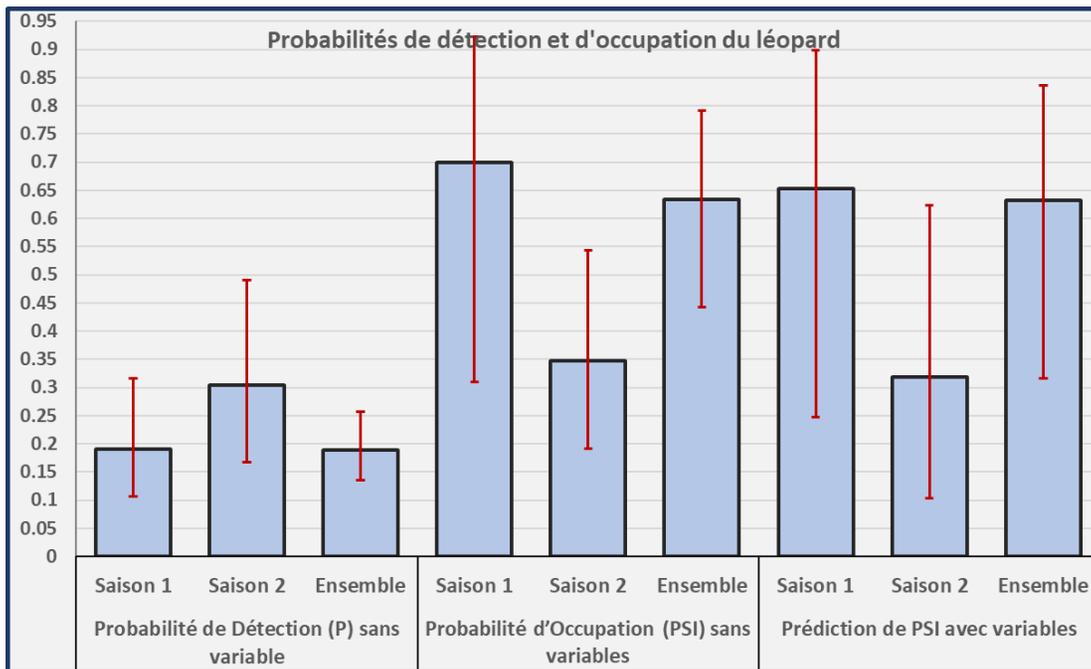


Figure 39: Comparaison des taux d'occupation (psi) et des taux de détection (p) du léopard par saison et pour l'ensemble

La figure 40 montre que les léopards pourraient fréquenter presque toute l'étendue du PNMD avec une présence plus probable au centre-est et au sud, avec d'une manière généralement des probabilités de présence plus faibles autour des rivières. Les taux de capture montrent une présence certaine dans le tiers nord du parc, au centre-est et vers le sud.

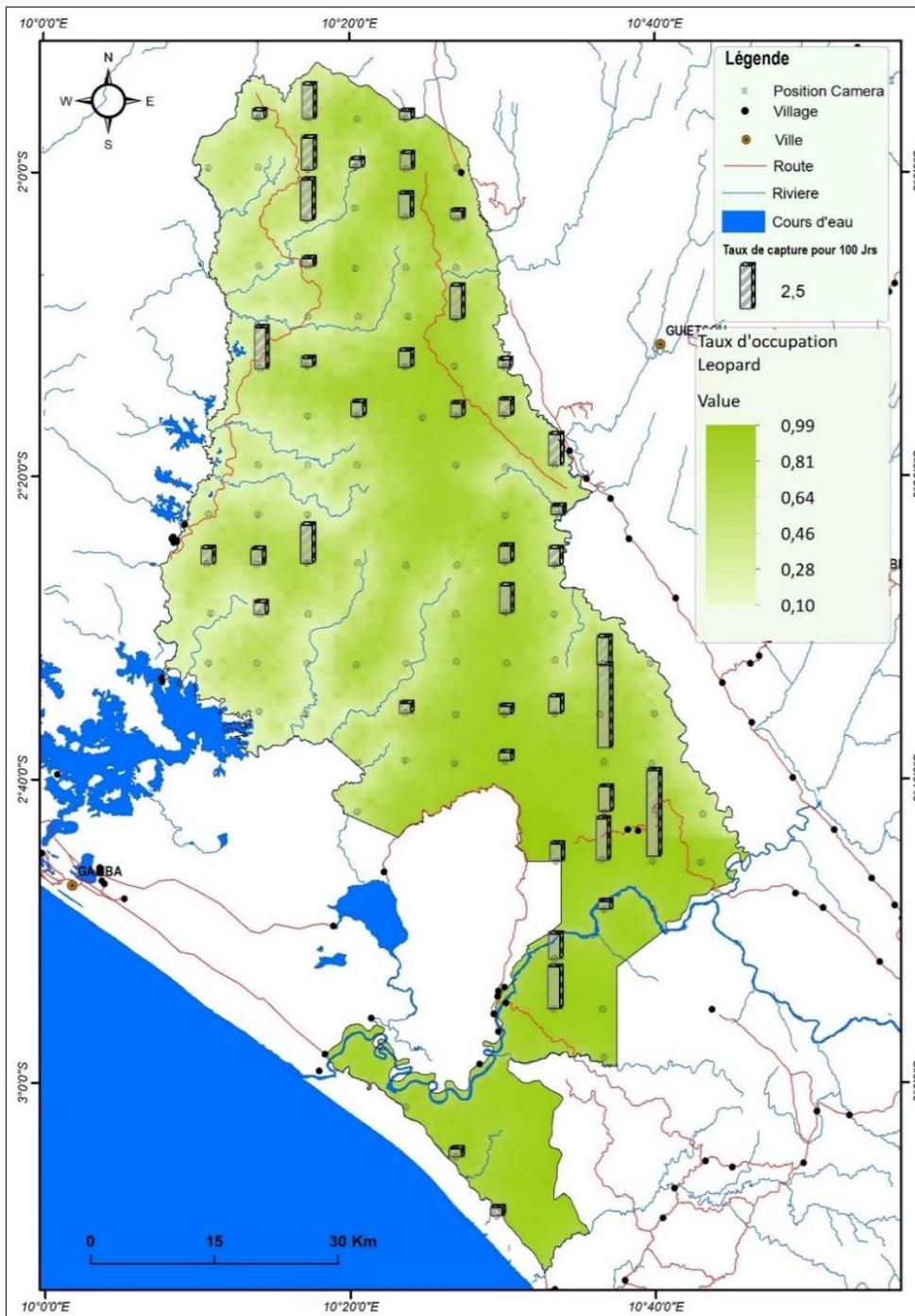


Figure 40: Occupation spatiale du PNMD par le léopard

5.3.5.2. Influence des covariables sur l'occupation spatiale

L'effet des covariables sur l'occupation spatiale du parc par les léopards montre qu'ils sont plus affectés négativement par les précipitations élevées et la proximité des rivières, d'une manière générale et durant la saison sèche. Durant la saison pluvieuse, les léopards sont beaucoup plus

proches des villages probablement à cause de la montée des eaux et du besoin de chasser des proies qui en général, se concentrent dans des zones proches des villages (tableau 24).

Tableau 24: Poids relatifs et coefficients moyens des variables ayant permis de prédire le taux d'occupation du léopard.

COVARIABLES		DRIV	DRTE	PREC	DVILL	HERB
Saison 1	Coefficients moyens	0,0319	-0,0500	-21,361	n/a	n/a
	Poids relatifs	0,639	0,265	0,520	n/a	n/a
Saison 2	Coefficients moyens	n/a	n/a	-0,6212	-0,0122	0,0674
	Poids relatifs	n/a	n/a	0,262	0,588	0,247
Ensemble	Coefficients moyens	0,0274	0,0115	-4,9524	n/a	n/a
	Poids relatifs	0,793	0,231	0,679	n/a	n/a

*Voir la partie méthodologie pour la signification des abréviations

5.4. Abondance et distribution des activités humaines

Un total de 105 indices d'activités humaines a été relevé sur les transects. Cela correspond au taux de rencontre de 0,233 indice/km (tableau 25). Il s'agit en majeure partie de vieux signes laissés par l'exploitation forestière dans la zone, à l'exemple de la Compagnie Equatoriale des Bois (CEB) qui était installée à Doussala en 1946. On note aussi plusieurs coupes à la machette sur la végétation et d'autres signes de passage qui ne sont pas forcément révélateurs d'activités illégales étant donné que ces signes sont également créés au passage des écocardes durant les patrouilles de lutte anti-braconnage.

Tableau 25: Taux de rencontre des activités anthropiques sur les transects

Signe	Nombre de signe (n)	Taux de rencontre (n/km)	Erreur standard
Arbre coupé/ abattu	5	0,011	0,005
Campement	1	0,002	0,002
Coupes à la machette	10	0,022	0,008
Coupes de bois	11	0,024	0,008
Douille de cartouche	1	0,002	0,002
Empreinte	1	0,002	0,002
Observation Directe	1	0,002	0,002
Piège	1	0,002	0,002
Piste de débardage	44	0,098	0,024
Route	19	0,042	0,013
Route abandonnée	1	0,002	0,002
Signe de passage	9	0,02	0,009
Village abandonné	1	0,002	0,002
Total	105	0,233	0,036

Les indices de braconnage récoltés sur les transects comprennent une douille de cartouche, un campement et un piège métallique tandis que sur les reces, trois douilles de cartouches, cinq campements et un piège métallique ont été notés. Cela rend compte du niveau de pression de

braconnage relativement bas sur la faune sauvage dans le PNMD. Toutefois la carcasse de l'éléphant abattue hors du parc devrait interpeller les gestionnaires à mener des investigations dans cette zone. Les activités humaines rencontrées se concentrent plus à certains endroits dans la partie sud et la moitié nord du parc (figure 41).

Le parc bénéficie d'une barrière naturelle sur son côté nord-ouest avec la rivière Rembo, qui est difficilement navigable tout au long de l'année à cause des troncs d'arbres qui obstruent le passage. En outre, Il y a une faible présence humaine dans cette zone parce que les deux villages qui y existaient (Bongo et Mouillage) ont été abandonnés depuis longtemps. De plus, les mesures rigoureuses de surveillance et de sécurisation mises en place par l'équipe de gestion du PNMD concourent grandement à maintenir un niveau faible des pressions humaines en générale.

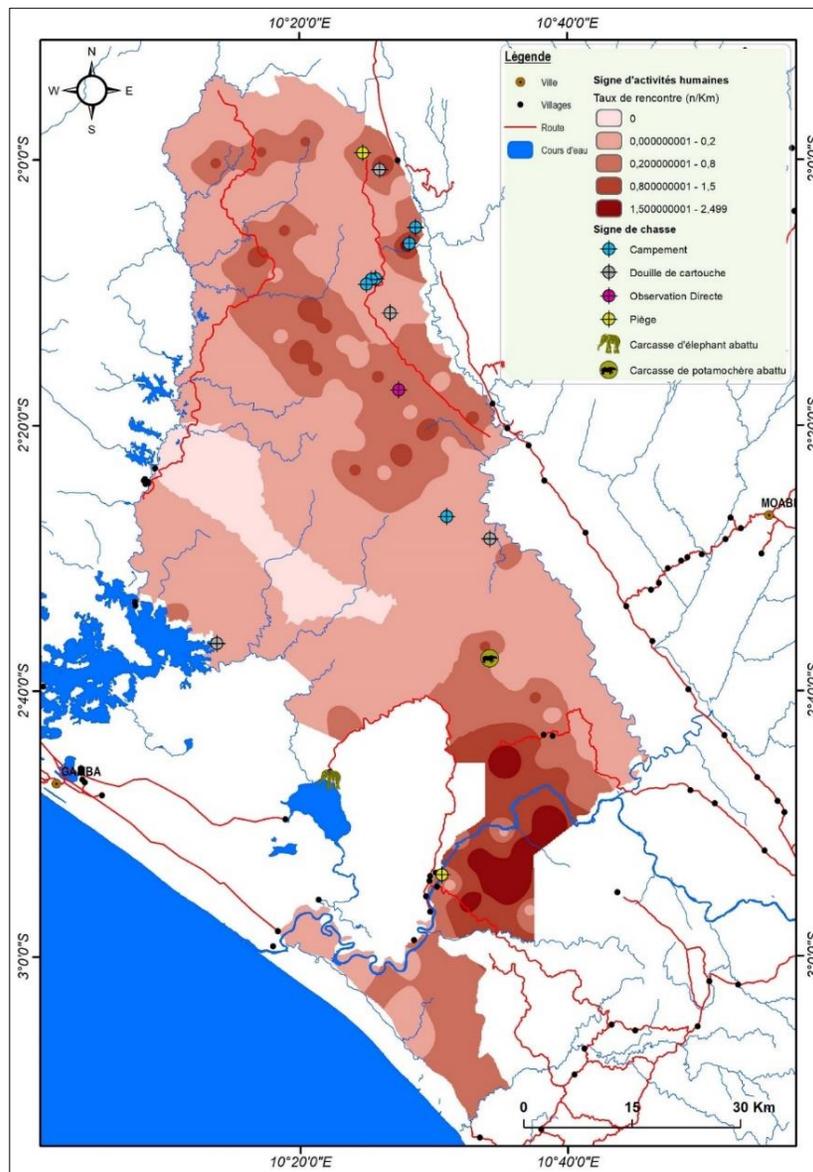


Figure 41: Distribution spatiale des activités anthropiques dans le PNMD

6. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le présent inventaire faunique a permis d'obtenir des informations actualisées sur l'abondance et la distribution spatiale des grands et moyens mammifères ainsi que sur les pressions anthropiques dans le Parc National de Moukalaba-Doudou. L'estimation des taux d'occupation du parc par certaines espèces, l'identification des facteurs susceptibles d'influencer leur abondance et leur occupation spatiale, ainsi que la détermination de leurs périodes circadiennes, représentent des éléments nouveaux, importants pour la prise des décisions de gestion, en comparaison aux résultats fournis suite au précédent inventaire faunique réalisé dans le paysage. En outre, des études de dégradation ont permis d'estimer le nombre moyen de jours de dégradation des crottes d'éléphants et des nids de grands singes afin d'obtenir une estimation fiable de leur densité.

La plupart des espèces de grands et moyens mammifères les plus relativement abondantes (buffle, céphalophe à dos jaune, céphalophe bleu, céphalophe d'Ogilby, chimpanzé, éléphant, gorille, léopard, potamochère) sur les 30 espèces confirmées occupent plus de 50% de la superficie du parc. Les éléphants qui sont présents dans plus de 80 % du parc ont une population qui est restée relativement stable depuis 2017 avec en moyenne 1 134 individus. Les facteurs ayant contribué à cette situation pourraient être le faible niveau d'anthropisation de certaines zones périphériques, des limites naturelles qui constituent des barrières physiques, une proximité humaine moins agressive, une végétation et un relief à certains endroits difficiles à pratiquer pour l'homme et potentiellement, les mesures de protection mises en œuvre. De manière spécifique, les facteurs ayant permis la préservation des éléphants restent exclusivement, la proximité moins agressive de la population humaine suite aux efforts de conservation ; ceci conduit aujourd'hui, à une augmentation des conflits homme-éléphant dans la zone.

Les recommandations formulées dans le rapport d'inventaire de 2018 pour la gestion de la faune dans le Complexe d'Aires Protégées de Gamba restent pertinentes. Les efforts doivent se poursuivre dans la dynamique engagée pour la conservation du Parc National de Moukalaba-Doudou en particulier, et plus généralement dans le paysage. Ces actions devront intégrer plus d'activités orientées vers la compréhension, la gestion et la réduction des conflits homme-faune dans la région, afin de maintenir le climat de confiance qui limite la pression des populations riveraines sur les ressources fauniques et sur l'intégrité des aires protégées. Pour les futures campagnes d'inventaires fauniques, il y a lieu de renforcer davantage les capacités des équipes de collecte de données et d'assurer un suivi de la qualité des données collectées après chaque mission de terrain.

7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akima, H. 1978. A Method of Bivariate Interpolation and Smooth Surface Fitting for Irregularly Distributed Data Points. *ACM Transactions on Mathematical Software*, 4, 148-164.
- Akima, H. 1996. Algorithm 761: scattered-data surface fitting that has the accuracy of a cubic polynomial. *ACM Transactions on Mathematical Software*, 22, 362-371.
- Bessone, M., N. Bondjengo, A. Hausmann, I. Herbinger, G. Hohmann, H. Köhl, M. Mbende, K. P. N'Goran, V. Soliday, and B. Fruth. 2018. Inventaire de la biodiversité dans le bloc sud du parc national de la Salonga et développement d'une stratégie de suivi écologique pour améliorer la protection de la faune et de la flore menacées dans le parc., Leipzig, Germany.
- Buckland, S. T., K. P. Burnham, and N. H. Augustin. 1997. Model Selection: An Integral Part of Inference. *Biometrics* 53:603-618.
- Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, J. L. Laake, D. L. Borchers and L. Thomas. 2001. *Introduction to Distance Sampling: Estimating abundance of biological populations*. Oxford University Press, Oxford.
- Christy, P., S. A. Lahm, O. S. G. Pauwels and J. P. Vande Weghe. 2008. Amphibiens, reptiles, oiseaux et mammifères des parcs nationaux du Gabon. Lannoo SA, Tielt, Belgique-Belgium, Smithsonian Institution.
- Fishlock, V. and T. Breuer. 2015. *Studying forest elephants*. Stuttgart: Neuer Sportverlag
- Fiske, I., R. Chandler. 2011. Unmarked: An R package for fitting hierarchical models of wildlife occurrence and abundance. *J. Statistical Software* 43 (10), 1–23.
- Hedges, S., F. Maisels and S. Blake. 2012. Estimating Absolute Densities of Elephant Populations Using Dung Counts Along Line Transects: Field Methods. Pages 172-213 in S. Hedges, editor. *Monitoring Elephant Populations and Assessing Threats*. Universities Press (India) Private Limited, Himayath Nagar.
- Hendry, H., and C. Mann. 2017. *Camelot—Intuitive Software for Camera Trap Data Management*.
- Johnson, J. B., and K. S. Omland. 2004. Model selection in ecology and evolution. *TRENDS in Ecology and Evolution* 19:101-108.
- Laing, S. E., Buckland, S. T. Burn, R. W. D. Lambie and A. Amphlett. 2003. Dung and nest surveys: estimating decay rates. *Journal of Applied Ecology* 40:1102–1111p.
- Lee, M. E., A. Alonso, F. Dallmeier, P. Campbell and O. S. G. Pauwels. 2006. Le Complexe d'Aires Protégées de Gamba : une illustration de la biodiversité du Gabon. *Bulletin of the Biological Society of Washington*, No. 12.
- MacKenzie, D. I., and L. L. Bailey 2004. Assessing the fit of site occupancy models. *J. Agric. Biol. Environ. Stat.* 9: 300– 318.
- MacKenzie, D. I., Nichols, J. D, Royle, J. A., Pollock, K. H., Bailey, L. L., & Hines, J. E. 2006. *Occupancy estimation and modeling: Inferring patterns and dynamics of species occurrence*. Waltham, MD: Academic Press.
- McCullagh, P. and J. A. Nelder. 1989. *Generalized Linear Models*. Chapman and Hall/CRC, London.

- N’Goran, K. P., C. Boesch, R. Mundry, K. E. N’Goran, I. Herbinger, A. F. Yapi, and H. Kühl. 2012. Hunting, effective law enforcement and African primate conservation. *Conservation Biology* 26:565-571.
- N’Goran, K. P. et B. Beukou. 2019. Méthodologie de Collecte de Données, Etude de dégradation des nids de grands singes, des crottes d’éléphants et des crottes d’ongulés. Document de travail, WWF Regional Office for Africa - Yaoundé Hub, Yaoundé, Cameroun.
- N’Goran, K. P., Z. L. Nzooh Dongmo and S. Le-Duc Yeno. 2017. WWF Biomonitoring Report, the Status of Forest Elephant and Great Apes in Central Africa. WWF Regional Office for Africa - Yaoundé Hub, Yaoundé, Cameroun.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Sargeant, D. E. 1993. A Birder’s Guide to Gabon, West Africa. Privately published.
- Sollmann, R. (2018). A gentle introduction to camera-trap data analysis. *African Journal of Ecology*, 56(4), 740–749.
- Sosef, M., Y. Issembe, H. P. Bourobou, and W. J. M. Koopman. 2004. Botanical biodiversity of the Pleistocene forest refuge Monts Doudou (Gabon). Monts Doudou, Gabon: A floral and faunal inventory with references to elevational variation.
- Tchamba, M. N. 1992. Defecation by the African forest elephant (*Loxodonta africana cyclotis*) in the Santchou reserve, Cameroon. *Mammalia* 56:155-158.
- Thomas, L., S. T. Buckland, E. A. Rexstad, J. L. Laake, S. Strindberg, S. L. Hedley, J. R. B. Bishop, T. A. Marques and K. P. Burnham. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology* 47:5-14.
- Vanthomme, H. and B. Nzamba. 2018. Abondance et distribution des éléphants, grands singes, autres mammifères, perroquets gris, et signes de chasse dans le corridor industriel du Complexe d’Aires Protégées de Gamba. Rapport technique PROLAB. *WWF-Smithsonian Institute*, Gabon.
- Venables, W. N., and B. D. Ripley 2002. *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York.
- Whytock, R. C., C. Orbell and B. R. Mombou. 2020. Résumé des méthodes de caméra-pièges, Projet Biomonitoring de Lopé-Waka, ECOFAC6. ANPN – PANTHERA, Gabon.

8. ANNEXES

Annexe 1: Listes et codes des types de données à collecter

Végétation

<i>Chaque fois que la végétation change:</i>		
Vegetation (Transects)	Code	Pente
Forêt de Bambous	FB	Plat=0
Forêt de Colonisation (Bokassa/Dogmo)	FC	Faible=1
Forêt de Lianes	FL	Modérée=2
Forêt de Lianes avec Rotins	FLR	Raid=3
Forêt de Marantacée	FM	plus clinomètre
Forêt Inondée Saisonnièrement	FI	
Forêt Mixte Sous-Bois Ferme	FMSF	
Forêt Mixte Sous-Bois Ferme Liane	FMSFL	
Forêt Mixte Sous-Bois Ferme Marantacée	FMSF M	
Forêt Mixte Sous-Bois Ouvert	FMSO	
Forêt Mixte à Raphia sur terre ferme	FMR	
Forêt Monodominante	Fmono	
Forêt Secondaire Jeune	FSJ	
Forêt Secondaire Vieille	FSV	
Inselberg	INS	
Jachère	JAC	
Marécage	MC	
Marécage de Lianes	MCL	
Plantation	PLT	
Raphia (marécage dominé par les raphia)	RAP	
Site particulier	Code	
Bais (clairière marécageuse)	B	
Rivière	RIV	
Rocher	ROC	
Bauge	BG	
Route abandonnée	ROAB	
Route active	ROAC	
Saline	SAL	
Trouée (Chablis)	TR	

Pente

Type de signes

Nom Scientifique	Nom français	Code
<i>Atherurus africanus</i>	Atherure	AA
<i>Caracal aurata</i>	Chat doré	CA
<i>Cephalophus callipygus</i>	Céhalophe de Peters	CP
<i>Cephalophus dorsalis</i>	Céhalophe bai	CD
<i>Philantomba monticola</i>	Céhalophe bleu	CM
<i>Cephalophus nigrifons</i>	Céhalophe à front noir	CN
<i>Cephalophus ogilbyi</i>	Céhalophe de Ogilby	CO
<i>Cephalophus spp.</i>	Céhalophes rouges	CR
<i>Cephalophus sylvicultor</i>	Céhalophe à dos jaune	CS
<i>Cercocebus agilis</i>	Cercocebe agile	CG
<i>Cercocebus torquatus</i>	Cercocebe a calotte rouge	CQ
<i>Cercopithecus cephus</i>	Moustac	CC
<i>Cercopithecus nititans</i>	Hocheur	NI
<i>Cercopithecus pogonias</i>	Singe couronnée	PG
<i>Civettictis civetta</i>	Civette	CV
<i>Colobus satanas</i>	Colobe noir	SA
<i>Dendrohyrax dorsalis</i>	Daman d'arbres	DD
<i>Genetta spp.</i>	Genet spp.	UG
<i>Gorilla</i>	Gorille	GG
Grands singes	Grands singes	GS
<i>Homo sapiens</i>	Humain	HS
<i>Hyemoschus aquaticus</i>	Chevrotain aquatique	HA
<i>Lophocebus albigena</i>	Cercocebe à joues grises	LA
<i>Lophocebus aterrimus</i>	Cercocebe noir	LAT
<i>Loxodonta africana cyclotis</i>	Eléphant	E
<i>Mandrillus sphinx</i>	Mandrill	MS
<i>Manis gigantea</i>	Pangolin géant	MG
<i>Nandimia binotata</i>	African palm civet/ Nandinie	PC
<i>Neotragus batesi</i>	Antilope de Bates	NB
<i>Orycteropus afer</i>	Oryctérope	OA
<i>Pahtaginus tricuspis</i>	Pangolin à écailles tricuspides	P3
<i>Pan troglodytes</i>	Chimpanzé	PT
<i>Panthera pardus</i>	Léopard	PP

Traces des animaux	Code
Alimentation	A
Boue sur l'arbre	B
Crotte	C
Décorticage	D
Empreinte	E
Nid	N
Observation directe	O
Piste	P
Passage	PA
Activité saline	S
Vocalisation	VO

Traces humaines	Code
Carcasse	Carcasse
Arbre coupe/ abattu	AC
Campement	CA
Carrière (quarry)	CAR
Coups de fusil entendu	CF
Coupe de machete	CM
Douille de cartouche	DC
Ecorçage d'arbre	EA
Extraction de latex	EL
Extraction de miel	EM
Extraction du vin	EV
Feu	FE
Fumoir	FU
Bruit de moteur	M
Observation directe	O
Piste	P
Pêche	PE
Piège	PG
Récolte de fruit	RF
Signe de passage	SP

Description du temps	
Météo	Code
<i>Ensoleillé</i>	E
<i>Très ensoleillé</i>	TE
<i>Légèrement nuageux</i>	LN
<i>Nuageux</i>	N
<i>Pluvieux</i>	P

Debut/Fin Transect	
<i>Debut transect</i>	DB
<i>Fin transect</i>	FN

Catégories de Crottes et Empreintes des Céphalophes et autres bovidés	
Petites	U1
Moyennes	U2
Grands	U3

<i>Perodicticus potto</i>	Potto	PE
<i>Potamochoerus porcus</i>	Potamochère	PO
<i>Psittacus erithacus</i>	Perroquet gris d'Afrique ou jaco	PE
<i>Syncerus caffer</i>	Buffle	SC
<i>Tragelaphus spekei</i>	Sitatunga	ST
<i>Uromanis tetradactyla</i>	Pangolin à longue queue	MT

Utilisation artisanale	UA
Village abandonné	VA

Age de crotte d'éléphant		Code
Fraîche (odeur et surface luisante)		F
Récente (surface mate, sans moisissure)		R
Vielle (peut avoir de la moisissure, crottes commençant à se désagréger)		V
Très Vielle (crottes désagrégées, dispersées et recouvertes par des feuilles)		TV
Fossilisée		FO
Classe de crotte d'éléphant		
Tout amas intact		A/B
50% - 100% des boules intact		C1
< 50% des boules reste intacte		C2
Aucune boule reste intacte.		D
plat- fibres. Pas de matière fécale		E

Type de Nids	Code
Zéro: pas de structure-de nid, le gorille a dormi sur le sol. Le site apparaît comme une aire aplatie, habituellement avec des feuilles éparpillées ou- de petites- plantes aplaties. La présence de fèces, de poils, et parfois l'odeur du gorille, aide à l'identification du " nid ".	Z
Minimum : le nid est constitué d'une ou deux tiges de plantes herbacées qui ont été pliées (parfois plusieurs fois) pour former un matelas rudimentaire où le gorille a dormi.	Min
Herbacé: le nid est constitué de 3-20+ tiges de plantes herbacées ayant été pliées, et parfois entremêlées, pour former un matelas substantielle, avec une dépression grossièrement circulaire où le gorille a dormi.	H
Mixte : similaire au précédent, mais de la végétation ligneuse (lianes, arbustes, jeunes arbres ou branches de petits arbres) a été incorporée au nid.	Mi
Arbre : nids construits dans les arbres, avec des branches pliées ou cassées pour faire une plate-forme. C'est le seul type de nid de nuit construit par les chimpanzés, bien qu'ils fassent parfois des nids de jour sur le sol.	Ar
Ligneux : nid au sol fait entièrement de végétation ligneuse, lianes, arbustes et jeunes arbres pliés.	Li
Ligneux détaché: similaire au précédent, mais construit entièrement avec des branches feuillues détachées apportées sur le site et assemblées en un nid.	Ld
Palmier: nid fait uniquement avec des feuilles de palmiers, spécialement des <i>Raphia spp</i>	P

Age des Nids	Code
Fraîche (1 jour): Feuilles vertes, présence de crottes fraîches et/ou odeur	A
Récente (1 semaine): plantes toujours vertes pour la plupart mais plus d'odeur de crottes	B
Vielle (1 mois) : intact mais toute la végétation est morte	C
Très Vielle : décomposition avancée de la végétation, avec quelque fois des branches seulement	D

Utilisation Piste d'éléphants	Code
Peu Fréquenté	PF
Fréquenté	FR
Abandonné	AB

Age indices humains	Code
Campement, Piste, Piège/ligne de piège	
Utilisé	UT
Abonadonné	AB
Age Empreintes et autres indices d'animaux	
Fraîche	F
Récente	R
Vielle	V

Models	(Intercept)	NBVIL	CLFOR	DRIV	DRTE	HERB
27	1,16E-11	1,37E-06	n/a	n/a	0,909201	n/a
28	1,11E-11	3,12E-06	n/a	0,749957	0,90885	n/a
29	4,60E-08	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
30	2,03E-08	n/a	n/a	0,231756	n/a	n/a
31	3,54E-08	n/a	n/a	n/a	0,370554	n/a
32	1,57E-08	n/a	n/a	0,243946	0,406287	n/a
Eléphant						
1	6,98E-200	0,000805			0,097994	
2	4,22E-200	0,001988		0,202497	0,092977	
3	1,09E-200	0,000329	0,233508		0,093546	
4	7,04E-201	0,000688	0,196141	0,170501	0,089132	
5	3,33E-199	0,000632				
6	1,56E-200	0,000955	0,151543	0,145894	0,142508	0,216117
7	1,60E-200	0,000493			0,088441	0,339921
8	2,70E-200	0,000441	0,184991		0,143533	0,25235
9	4,04E-200	0,000843	0,09543	0,146925		0,139059
10	1,62E-199	0,001513		0,214505		
11	1,07E-200	0,001031		0,181895	0,083417	0,301607
12	1,02E-199	0,000403	0,120088			0,166551
13	6,43E-200	0,000273	0,245729			
14	3,06E-200	0,000544	0,205168	0,179572		
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						

(Intercept)	NBVIL	CLFOR	DRIV	DRTE	HERB
Gorille					
7,92E-15	0,040862	n/a	0,084163	0,093563	n/a
1,50E-14	0,018254	n/a	n/a	0,115219	n/a
3,96E-14	0,019997	n/a	n/a	n/a	n/a
1,73E-14	0,04139	n/a	0,116647	n/a	n/a
2,24E-14	n/a	n/a	0,031489	0,1039	n/a
7,99E-15	0,062784	0,93379	0,082824	0,094593	n/a
7,95E-15	0,065997	n/a	0,083722	0,09451	0,968929
1,50E-14	0,038991	0,935738	n/a	0,114052	n/a
1,50E-14	0,039375	n/a	n/a	0,11374	0,940013
4,16E-14	n/a	n/a	0,048707	n/a	n/a
1,80E-14	0,056722	n/a	0,112252	n/a	0,81541
1,81E-14	0,055946	0,824933	0,111288	n/a	n/a
4,03E-14	0,035843	n/a	n/a	n/a	0,915576
4,00E-14	0,036664	0,960203	n/a	n/a	n/a
1,92E-14	n/a	n/a	0,046475	0,087488	0,368908
1,93E-14	n/a	0,391529	0,048461	0,091682	n/a
5,60E-14	n/a	n/a	n/a	0,141684	n/a
1,31E-13	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
8,11E-15	0,066137	0,814141	0,078827	0,094664	0,824899
3,56E-14	n/a	n/a	0,066719	n/a	0,46285
3,49E-14	n/a	0,463942	0,070101	n/a	n/a
4,65E-14	n/a	n/a	n/a	0,110546	0,247068

Modèles	(Intercept)	NBVIL	CLFOR	DRIV	DRTE	HERB
23						
24						
25						
Céphalophes et autres ongulés						
1	0,091297		0,002223			
2	0,101484		0,002035		0,210226	
3	0,097852		0,003285	0,296851		
4	0,084989					0,003941
5	0,09671				0,174991	0,003232
6	0,108894		0,002975	0,297979	0,211699	
7	0,092468			0,261643		0,005396
8	0,09135		0,292022			0,65244
9	0,091609	0,803345	0,00498			
10	0,105076			0,266331	0,178625	0,00441
11	0,102105	0,740785	0,005052		0,202796	
12	0,101343		0,382429		0,231105	0,78819
13	0,097717		0,340224	0,3118		0,709525
14	0,098009	0,876293	0,006189	0,306349		
15	0,085213	0,78242				0,0088
16	0,097224	0,726768			0,16915	0,007909
17	0,109251	0,815402	0,00616	0,311631	0,206669	
18	0,108687		0,439271	0,305919	0,227907	0,848973
19	0,091714	0,774178	0,291028			0,637102
20	0,092551	0,866214		0,271977		0,010165
21						
22						
23						
24						
Potamochère						

(Intercept)	NBVIL	CLFOR	DRIV	DRTE	HERB
4,65E-14	n/a	0,246363	n/a	0,116711	n/a
1,50E-14	0,039504	0,96919	n/a	0,120665	0,983277
1,01E-13	n/a	0,299656	n/a	n/a	n/a
Petits singes					
1,13E-24					0,143485
7,00E-25		0,14009			
6,97E-26					
1,21E-24			0,538948		0,156212
7,42E-25		0,156228	0,559312		
1,17E-24	0,823147				0,144025
1,13E-24				0,912171	0,142489
1,12E-24		0,951675			0,732917
7,07E-25	0,847608	0,142491			
6,98E-25		0,139885		0,963345	
8,38E-26			0,435893		
7,56E-26	0,645624				
6,97E-26				0,993638	
1,26E-24	0,767049		0,51921		0,149532
1,21E-24			0,540033	0,919427	0,155208
1,25E-24		0,994917	0,541082		0,695373
7,51E-25	0,796795	0,151729	0,542789		
7,41E-25		0,155983	0,559506	0,966247	
1,17E-24	0,826654			0,91952	0,143356
1,16E-24	0,823938	0,954592			0,717909
1,13E-24		0,966729		0,919614	0,723452
7,06E-25	0,849322	0,142508		0,971421	
8,80E-26	0,729313		0,475689		
8,38E-26			0,435917	0,996711	

Models	(Intercept)	NBVIL	CLFOR	DRIV	DRTE	HERB
1	3,22E-24		0,105095591			
2	3,81E-24		0,103346676		0,260256042	
3	1,42E-24					0,146324
4	3,68E-24	0,310892756	0,068469356			
5	1,09E-23		0,289918534			0,399812
6	2,01E-24				0,235006506	0,135757
7	4,63E-24	0,327549953	0,068319358		0,271371676	
8	2,35E-26					
9	1,86E-24	0,330660997				0,098826
10	3,27E-24		0,104389093	0,904175433		
11	1,16E-23		0,342879416		0,309337105	0,467721
12	9,94E-24	0,342279091	0,294639553			0,429617
13	2,73E-24	0,343882268			0,242024789	0,092875
14	4,61E-26				0,266892993	
15	3,82E-24		0,102862797	0,916374715	0,260931684	
16	1,43E-24			0,948386695		0,146151
17	3,69E-24	0,315265846	0,068906586	0,985929898		
18	1,08E-23		0,286488334	0,871502793		0,396696
19	1,18E-23	0,351895443	0,347070154		0,316354302	0,497482
20	2,01E-24			0,950876806	0,235090074	0,135628
21	2,41E-26	0,810435467				
22	4,63E-24	0,331415975	0,06876152	0,994422484	0,271542548	
23	2,36E-26			0,919988817		
24	1,85E-24	0,332130085		0,967422412		0,099395
25	1,15E-23		0,339731019	0,890732012	0,311038757	0,464923
26	1,00E-23	0,349291266	0,293259713	0,946763224		0,428021

(Intercept)	NBVIL	CLFOR	DRIV	DRTE	HERB
-------------	-------	-------	------	------	------

Annexe 3: Table des coefficients des variables sur les taux d'occupation et les probabilités de détection des espèces (transects) des meilleurs modèles cumulant 95% des poids relatifs par ordre décroissant des AIC.

Models	p(Int)	psi(Int)	p(Precipitation)	p(Temperature)	psi(Alt)	psi(DVILL)	psi(HERB)	AICc	weight
Buffle									
1	-0,610	2,024	n/a		-0,006	-0,021		268,67	0,176
2	-0,864	2,049	n/a	0,030	-0,006	-0,021		269,99	0,091
3	-0,611	1,937	n/a		-0,005	-0,020	0,059	270,03	0,089
4	-0,611	1,625	n/a			-0,025		270,14	0,084
5	-0,639	2,029	0,005		-0,006	-0,021		270,85	0,059
6	-0,608	-0,056	n/a		-0,007			271,07	0,053
7	-0,869	1,675	n/a	0,031		-0,026		271,36	0,046
8	-0,613	1,546	n/a			-0,025	0,060	271,37	0,046
9	-0,862	1,961	n/a	0,030	-0,005	-0,020	0,059	271,40	0,045
10	-0,606	-0,082	n/a		-0,007		0,067	272,01	0,033
11	-0,945	2,071	0,011	0,033	-0,006	-0,021		272,08	0,032
12	-0,638	1,939	0,005		-0,006	-0,020	0,058	272,26	0,029
13	-0,637	1,639	0,005			-0,026		272,28	0,029
14	-0,848	-0,058	n/a	0,029	-0,007			272,41	0,027
15	-0,872	1,583	n/a	0,031		-0,025	0,061	272,64	0,024
16	-0,635	-0,055	0,005		-0,007			273,21	0,018
17	-0,851	-0,076	n/a	0,030	-0,007		0,068	273,38	0,017
18	-0,949	1,685	0,010	0,033		-0,026		273,42	0,016
19	-0,943	1,974	0,011	0,033	-0,006	-0,020	0,058	273,55	0,015
20	-0,638	1,549	0,005			-0,025	0,060	273,56	0,015
Céphalophe bleu									
1	-0,050	2,876	-0,003	n/a	-0,019	n/a	n/a	1107,787	0,271
2	-0,050	2,536	-0,003	n/a	-0,018	0,344	n/a	1109,224	0,132
3	-0,050	7,369	-0,003	n/a	-0,017	n/a	-2,271	1109,372	0,123
4	-0,155	2,877	-0,003	0,013	-0,019	n/a	n/a	1109,490	0,116
5	-0,155	2,544	-0,003	0,013	-0,018	0,345	n/a	1110,977	0,055

Models	p(Int)	psi(Int)	p(Precipitation)	p(Temperature)	psi(Alt)	psi(DVILL)	psi(HERB)	AICc	weight
6	-0,046	6,066	-0,003	n/a	-0,016	0,320	-1,844	1111,095	0,052
7	-0,153	7,362	-0,003	0,013	-0,017	n/a	-2,268	1111,128	0,051
8	-0,051	8,394	-0,003	n/a	n/a	n/a	-3,719	1111,613	0,040
9	-0,051	0,616	-0,003	n/a	n/a	n/a	n/a	1111,799	0,036
10	-0,051	0,289	-0,003	n/a	n/a	0,460	n/a	1112,397	0,027
11	-0,154	6,285	-0,003	0,013	-0,017	0,299	-1,874	1112,872	0,021
12	-0,052	7,119	-0,003	n/a	n/a	0,378	-3,235	1112,905	0,021
Céphalophe à dos jaune									
1	-0,552	-10,039	-0,028	n/a	n/a	0,538	4,952	833,713	0,135
2	-0,553	0,575	-0,028	n/a	n/a	n/a	n/a	833,841	0,127
3	-0,557	-6,939	-0,028	n/a	n/a	n/a	3,609	833,931	0,121
4	-0,549	0,394	-0,028	n/a	n/a	0,319	n/a	834,985	0,071
5	-0,553	0,202	-0,028	n/a	0,005	n/a	n/a	835,516	0,055
6	-0,552	-9,907	-0,028	n/a	0,003	0,521	4,787	835,829	0,047
7	-0,556	-6,882	-0,028	n/a	0,004	n/a	3,441	835,866	0,046
8	-0,554	-10,070	-0,028	0,000	n/a	0,538	4,967	835,981	0,043
9	-0,518	0,577	-0,029	-0,005	n/a	n/a	n/a	835,994	0,043
10	-0,552	-6,929	-0,028	-0,001	n/a	n/a	3,604	836,150	0,040
11	-0,549	0,043	-0,028	n/a	0,004	0,309	n/a	836,758	0,029
12	-0,693	-10,159	n/a	n/a	n/a	0,536	5,016	837,162	0,024
13	-0,512	0,395	-0,029	-0,005	n/a	0,320	n/a	837,184	0,024
14	-0,697	-7,074	n/a	n/a	n/a	n/a	3,680	837,390	0,021
15	-0,694	0,586	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	837,403	0,021
16	-0,517	0,203	-0,029	-0,005	0,005	n/a	n/a	837,715	0,018
17	-0,552	-6,983	-0,028	-0,001	0,004	n/a	3,491	838,134	0,015
18	-0,552	-9,903	-0,028	0,000	0,003	0,521	4,785	838,147	0,015
19	-0,691	0,407	n/a	n/a	n/a	0,315	n/a	838,539	0,012
20	-0,846	-10,304	n/a	0,022	n/a	0,540	5,084	838,716	0,011
21	-0,847	-7,206	n/a	0,022	n/a	n/a	3,743	838,927	0,010

Models	p(Int)	psi(Int)	p(Precipitation)	p(Temperature)	psi(Alt)	psi(DVILL)	psi(HERB)	AICc	weight
22	-0,837	0,582	n/a	0,021	n/a	n/a	n/a	838,991	0,010
23	-0,510	0,044	-0,029	-0,005	0,004	0,310	n/a	839,002	0,010
Céphalophe d'Ogilby									
1	0,003	1,390	-0,002	n/a	0,117	-0,672	-0,098	1142,882	0,139
2	-0,252	1,391	-0,002	0,033	0,118	-0,669	-0,098	1142,991	0,132
3	0,003	1,049	-0,002	n/a	0,105	-0,761	n/a	1143,230	0,117
4	-0,253	1,052	-0,002	0,033	0,106	-0,762	n/a	1143,277	0,114
5	0,003	0,977	-0,002	n/a	n/a	-0,678	n/a	1144,449	0,064
6	-0,254	0,978	-0,002	0,033	n/a	-0,678	n/a	1144,455	0,064
7	0,002	1,262	-0,002	n/a	n/a	-0,590	-0,085	1144,614	0,059
8	-0,254	1,257	-0,002	0,033	n/a	-0,587	-0,085	1144,678	0,057
9	0,003	1,062	-0,002	n/a	0,099	n/a	-0,119	1145,263	0,042
10	-0,252	1,064	-0,002	0,033	0,099	n/a	-0,119	1145,323	0,041
11	0,002	0,999	-0,002	n/a	n/a	n/a	-0,107	1146,146	0,027
12	-0,253	0,995	-0,002	0,033	n/a	n/a	-0,107	1146,159	0,027
13	-0,254	0,588	-0,002	0,034	0,083	n/a	n/a	1147,310	0,015
14	0,003	0,587	-0,002	n/a	0,083	n/a	n/a	1147,324	0,015
15	-0,509	1,392	n/a	0,052	0,117	-0,674	-0,098	1147,415	0,014
16	-0,255	0,574	-0,002	0,034	n/a	n/a	n/a	1147,474	0,014
Chimpanzé									
1	-0,763	0,578	-0,031	n/a	n/a	n/a	n/a	521,487	0,093
2	-0,755	0,275	-0,032	n/a	n/a	0,544	n/a	521,710	0,083
3	-0,754	0,136	-0,032	n/a	n/a	n/a	0,595	521,888	0,076
4	-0,916	0,601	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	522,221	0,064
5	-0,762	0,984	-0,031	n/a	-0,002	n/a	n/a	522,384	0,059
6	-0,911	0,305	n/a	n/a	n/a	0,526	n/a	522,544	0,055
7	-0,909	0,169	n/a	n/a	n/a	n/a	0,576	522,711	0,050
8	-0,913	1,023	n/a	n/a	-0,002	n/a	n/a	522,986	0,044
9	-0,756	0,643	-0,032	n/a	-0,002	0,510	n/a	523,019	0,043

Models	p(Int)	psi(Int)	p(Precipitation)	p(Temperature)	psi(Alt)	psi(DVILL)	psi(HERB)	AICc	weight
10	-0,755	0,531	-0,032	n/a	-0,002	n/a	0,570	523,051	0,042
11	-0,770	0,578	-0,031	0,001	n/a	n/a	n/a	523,659	0,031
12	-0,910	0,692	n/a	n/a	-0,002	0,490	n/a	523,727	0,030
13	-0,909	0,583	n/a	n/a	-0,002	n/a	0,549	523,749	0,030
14	-0,754	0,178	-0,032	n/a	n/a	0,362	0,268	523,794	0,029
15	-0,760	0,275	-0,032	0,001	n/a	0,544	n/a	523,929	0,027
16	-0,742	0,135	-0,032	-0,001	n/a	n/a	0,596	524,105	0,025
17	-1,012	0,601	n/a	0,012	n/a	n/a	n/a	524,110	0,025
18	-1,008	0,305	n/a	0,012	n/a	0,529	n/a	524,476	0,021
19	-0,910	0,210	n/a	n/a	n/a	0,351	0,259	524,592	0,020
20	-0,757	0,984	-0,031	-0,001	-0,002	n/a	n/a	524,603	0,019
21	-0,994	0,174	n/a	0,011	n/a	n/a	0,566	524,705	0,019
22	-0,998	1,012	n/a	0,011	-0,002	n/a	n/a	524,977	0,016
23	-0,755	0,545	-0,032	n/a	-0,002	0,302	0,303	525,115	0,015
24	-0,750	0,643	-0,032	-0,001	-0,002	0,510	n/a	525,286	0,014
25	-0,730	0,532	-0,032	-0,003	-0,002	n/a	0,574	525,306	0,014
Eléphant									
1	-0,283	2,307	n/a	n/a	-0,004	n/a	n/a	1065,493	0,119
2	-0,215	2,301	-0,013	n/a	-0,004	n/a	n/a	1065,793	0,103
3	-0,286	3,670	n/a	n/a	-0,004	-0,012	n/a	1066,456	0,074
4	-0,217	3,664	-0,013	n/a	-0,004	-0,012	n/a	1066,787	0,062
5	-0,378	2,318	n/a	0,012	-0,004	n/a	n/a	1067,057	0,055
6	-0,284	2,024	n/a	n/a	-0,004	n/a	0,060	1067,220	0,050
7	-0,216	2,026	-0,013	n/a	-0,004	n/a	0,059	1067,575	0,042
8	-0,286	3,376	n/a	n/a	n/a	-0,016	n/a	1067,670	0,040
9	-0,278	2,304	-0,012	0,008	-0,004	n/a	n/a	1067,797	0,038
10	-0,217	3,375	-0,013	n/a	n/a	-0,016	n/a	1067,965	0,035
11	-0,384	3,716	n/a	0,013	-0,004	-0,012	n/a	1068,021	0,034
12	-0,285	1,453	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1068,034	0,033

Models	p(Int)	psi(Int)	p(Precipitation)	p(Temperature)	psi(Alt)	psi(DVILL)	psi(HERB)	AICc	weight
13	-0,216	1,445	-0,013	n/a	n/a	n/a	n/a	1068,318	0,029
14	-0,285	1,107	n/a	n/a	n/a	n/a	0,103	1068,541	0,026
15	-0,286	3,518	n/a	n/a	-0,004	-0,011	0,012	1068,670	0,024
16	-0,285	3,693	-0,012	0,008	-0,004	-0,012	n/a	1068,811	0,023
17	-0,381	2,033	n/a	0,013	-0,004	n/a	0,061	1068,812	0,023
18	-0,217	1,102	-0,013	n/a	n/a	n/a	0,102	1068,877	0,022
19	-0,217	3,531	-0,013	n/a	-0,004	-0,011	0,010	1069,051	0,020
20	-0,383	3,415	n/a	0,013	n/a	-0,016	n/a	1069,199	0,019
21	-0,377	1,455	n/a	0,012	n/a	n/a	n/a	1069,576	0,015
22	-0,281	2,024	-0,012	0,008	-0,004	n/a	0,059	1069,616	0,015
23	-0,286	2,794	n/a	n/a	n/a	-0,012	0,043	1069,682	0,015
24	-0,284	3,399	-0,012	0,008	n/a	-0,016	n/a	1069,946	0,013
25	-0,217	2,809	-0,013	n/a	n/a	-0,013	0,042	1070,032	0,012
Gorille									
1	-0,989	0,488	-0,038	n/a	n/a	n/a	n/a	459,833	0,099
2	-0,989	2,090	-0,038	n/a	n/a	n/a	-0,014	460,188	0,083
3	-0,658	0,555	-0,047	-0,044	n/a	n/a	n/a	460,870	0,059
4	-0,991	0,498	-0,038	n/a	n/a	-0,076	n/a	460,872	0,059
5	-0,987	0,894	-0,038	n/a	-0,002	n/a	n/a	461,001	0,055
6	-1,170	0,515	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	461,168	0,051
7	-0,656	2,303	-0,047	-0,044	n/a	n/a	-0,015	461,191	0,050
8	-0,998	2,237	-0,038	n/a	n/a	-0,078	-0,015	461,327	0,047
9	-1,171	2,124	n/a	n/a	n/a	n/a	-0,014	461,512	0,043
10	-0,602	1,117	-0,047	-0,051	-0,003	n/a	n/a	461,515	0,043
11	-0,631	0,590	-0,047	-0,048	n/a	-0,090	n/a	461,688	0,039
12	-0,637	2,560	-0,047	-0,048	n/a	-0,096	-0,016	462,060	0,033
13	-0,986	2,085	-0,038	n/a	-0,001	n/a	-0,012	462,074	0,032
14	-1,171	0,527	n/a	n/a	n/a	-0,078	n/a	462,140	0,031
15	-1,168	0,952	n/a	n/a	-0,002	n/a	n/a	462,208	0,030

Models	p(Int)	psi(Int)	p(Precipitation)	p(Temperature)	psi(Alt)	psi(DVILL)	psi(HERB)	AICc	weight
16	-0,986	0,803	-0,038	n/a	-0,002	-0,062	n/a	462,536	0,026
17	-1,178	2,283	n/a	n/a	n/a	-0,080	-0,015	462,568	0,025
18	-0,614	2,304	-0,047	-0,049	-0,002	n/a	-0,011	462,762	0,023
19	-0,593	1,022	-0,048	-0,052	-0,002	-0,071	n/a	463,007	0,020
20	-1,093	0,539	n/a	-0,012	n/a	n/a	n/a	463,214	0,018
21	-1,167	2,126	n/a	n/a	-0,002	n/a	-0,011	463,290	0,018
22	-0,995	2,205	-0,038	n/a	-0,001	-0,071	-0,013	463,506	0,016
23	-1,082	2,201	n/a	-0,014	n/a	n/a	-0,014	463,571	0,015
24	-1,168	0,852	n/a	n/a	-0,002	-0,063	n/a	463,704	0,014
25	-1,024	1,070	n/a	-0,023	-0,003	n/a	n/a	464,054	0,012
Léopard									
1	-1,131	14,653	n/a	-0,042	0,036	n/a	-7,579	401,231	0,207
2	-1,433	11,468	-0,003	n/a	0,037	n/a	-6,097	402,935	0,088
3	-1,244	-1,036	n/a	-0,028	0,032	n/a	n/a	402,937	0,088
4	-1,023	15,213	-0,013	-0,049	0,036	n/a	-7,843	403,163	0,079
5	-1,118	15,201	n/a	-0,043	0,035	0,061	-7,850	403,187	0,078
6	-1,432	-1,050	-0,003	n/a	0,032	n/a	n/a	403,596	0,064
7	-1,448	12,758	n/a	n/a	n/a	n/a	-5,837	404,610	0,038
8	-1,111	17,668	n/a	-0,045	n/a	n/a	-8,151	404,656	0,037
9	-1,455	0,551	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	404,759	0,036
10	-1,424	11,696	-0,003	n/a	0,036	0,051	-6,207	404,969	0,032
11	-1,164	-1,034	-0,009	-0,033	0,032	n/a	n/a	404,978	0,032
12	-1,241	-1,053	n/a	-0,028	0,032	0,041	n/a	405,009	0,031
13	-1,014	15,577	-0,012	-0,049	0,035	0,059	-8,023	405,188	0,029
14	-1,431	-1,067	-0,003	n/a	0,032	0,039	n/a	405,676	0,022
15	-1,238	0,575	n/a	-0,030	n/a	n/a	n/a	406,104	0,018
16	-1,003	18,111	-0,013	-0,051	n/a	n/a	-8,361	406,500	0,015
17	-1,450	13,150	n/a	n/a	n/a	0,023	-6,023	406,724	0,013
18	-1,431	12,824	-0,004	n/a	n/a	n/a	-5,868	406,752	0,013

Models	p(Int)	psi(Int)	p(Precipitation)	p(Temperature)	psi(Alt)	psi(DVILL)	psi(HERB)	AICc	weight
19	-1,109	18,255	n/a	-0,046	n/a	0,032	-8,431	406,763	0,013
20	-1,438	0,552	-0,004	n/a	n/a	n/a	n/a	406,858	0,012
Potamochère									
1	-0,655	0,200	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	507,348	0,106
2	-0,942	0,216	n/a	0,035	n/a	n/a	n/a	507,434	0,101
3	-0,655	34,414	n/a	n/a	n/a	n/a	-3,749	508,143	0,071
4	-0,937	31,971	n/a	0,034	n/a	n/a	-3,480	508,319	0,065
5	-0,651	0,009	n/a	n/a	n/a	0,332	n/a	508,438	0,061
6	-0,940	0,023	n/a	0,035	n/a	0,338	n/a	508,557	0,058
7	-0,652	0,217	n/a	n/a	0,045	n/a	n/a	509,008	0,046
8	-0,938	0,234	n/a	0,035	0,045	n/a	n/a	509,155	0,043
9	-0,617	0,197	-0,008	n/a	n/a	n/a	n/a	509,296	0,040
10	-0,934	0,216	-0,001	0,034	n/a	n/a	n/a	509,604	0,034
11	-0,645	26,409	n/a	n/a	n/a	0,281	-2,891	509,644	0,034
12	-0,938	27,878	n/a	0,034	n/a	0,287	-3,049	509,831	0,031
13	-0,653	32,631	n/a	n/a	0,038	n/a	-3,552	509,993	0,028
14	-0,616	31,393	-0,008	n/a	n/a	n/a	-3,418	510,141	0,026
15	-0,936	32,295	n/a	0,034	0,037	n/a	-3,513	510,218	0,025
16	-0,649	0,033	n/a	n/a	0,040	0,314	n/a	510,256	0,025
17	-0,612	0,005	-0,008	n/a	n/a	0,333	n/a	510,420	0,023
18	-0,937	0,047	n/a	0,035	0,039	0,321	n/a	510,428	0,023
19	-0,929	33,036	-0,001	0,034	n/a	n/a	-3,596	510,530	0,022
20	-0,930	0,022	-0,001	0,034	n/a	0,338	n/a	510,772	0,019
21	-0,614	0,214	-0,008	n/a	0,045	n/a	n/a	511,000	0,017
22	-0,930	0,233	-0,001	0,034	0,045	n/a	n/a	511,371	0,014
23	-0,650	27,970	n/a	n/a	0,034	0,264	-3,058	511,589	0,013
24	-0,613	29,203	-0,008	n/a	n/a	0,279	-3,196	511,658	0,012
25	-0,936	28,669	n/a	0,034	0,034	0,271	-3,134	511,838	0,011