

Inventaire des Grands Mammifères et de l'Impact Humain dans la Réserve de Faune à Okapis, 2018

Rapport technique No : 01/BION/RFO/2019



MADIDI Jacob, MAISELS Fiona, KAHINDO Faustin, NSAFUSA Berce,
ANGEMITO Trésor, MANALA Maurice, NGOHE Olivier & LIENGOLA, Innocent.

Personnel:

Directeurs du projet	Innocent Liengola, Tom Muller
Coordinateur de sondage	Jacob Madidi
Conseilleur technique	Fiona Maisels
Editeurs	Jacob Madidi, Fiona Maisels, Faustin Kahindo, Berce Nsafusa
Officier SIG	Alex Badhera
Chefs d'équipes	Trésor Angemito, Faustin Kahindo, Maurice Manala, Olivier Ngohe, Berce Nsafusa
Assistant chefs d'équipés	Louis Ndungo, Johnny Balongelwa, Jeannot Mashauri, Ghislain Ighana, Narcisse Kakisingi
Pisteurs	Lazaro Motanzi, Alabu, Alfani Zaire, Patrice Mapori, Mayalimingi Bauko
Boussoliers	Stéphane Mumbere, Luc Aliyo, Jean Akiabange, Chance Batido, Sonny Banambianiso
Mensurateurs	Héritier Wangonda, Trésor Atoimbise, Jean Timada, Grace Bakosi, François Oliabo
Porteurs	On a utilisé au 2018 les personnes différentes en raison de 60 dans le secteur centre (état-major), 76 à l'Est et 75 à l'ouest.
Bailleur	USAID CARPE

Citation recommandée : Madidi, J., Maisels, F., Kahindo, F., Nsafusa, B., Angemito, T., Manala, M., Ngohe, O., & Liengola, I. 2019. *Inventaires des Grands Mammifères et de l'Impact Humaine, Réserve de Faune à Okapis, 2018*. Rapport technique No : 01/BION/RFO/2019 p. 40. WCS DRC, Kinshasa, DRC.

Contents

Executive Summary	7
Introduction	11
Contexte et justification	11
Situation sécuritaire	12
Objectifs	13
<i>Objectif global :</i>	13
<i>Objectifs spécifiques :</i>	13
Implication des partenaires locaux	14
Formation et constitution des équipes de terrain	15
Description du site.....	15
Méthodes.....	16
Aperçu méthodologique	16
<i>Stratification</i>	17
<i>Calcul de l'effort pour les transects de lignes.....</i>	<i>18</i>
Plan d'échantillonnage pour 2018	20
Collecte des données.	20
L'analyse des données.	22
<i>Conversion des densités d'indices en densité d'animaux.....</i>	<i>22</i>
<i>Comparer les densités de la faune dans le temps et l'espace</i>	<i>23</i>
<i>Cartographie</i>	<i>24</i>
Missions de terrain.....	24
Résultats	25
Taux de rencontre (Indice Kilométrique)	25
<i>Primates.....</i>	<i>27</i>
Densité des animaux	28
<i>Chimpanzés.....</i>	<i>28</i>
<i>Eléphants</i>	<i>28</i>
<i>Okapi.....</i>	<i>29</i>
<i>Ongulés des trois classes U1, U2 et U3 combinées</i>	<i>29</i>
<i>Petits Ongulés (U1)</i>	<i>30</i>
<i>Moyens Ongulés (U2).....</i>	<i>30</i>
<i>Grands Ongulés (U3).....</i>	<i>30</i>
Tendances des populations des animaux, 2011 - 2018.	31

<i>Densités</i>	31
<i>Taux de rencontre</i>	43
Discussion	48
Changements 2011-2018 dans la RFO	48
Efficacité de la zone centrale de conservation intégrale centrale	49
Eléphants.....	49
Okapis.....	50
Pression humaine.....	50
Conclusions et recommandations	51
References	53

Figures

Figure 1. Location des transects de 2007 (gauche) et 2011 (droite) et crottes des éléphants pendant les inventaires.	17
Figure 2: Strates de la RFO.....	19
Figure 3: Emplacement des transects de l'inventaire RFO 2017-2018.	21
Figure 4: Couverture et effort du sondage de 2017-2018.	24
Figure 5: Indices kilométrique de tous les signes sur les recces guidés.....	26
Figure 6: Indices kilométrique de tous les signes sur les transects	26
Figure 7: Taux de rencontre d'indices de présence des primates sur les transects.....	27
Figure 8: Cartes de distribution de la densité des chimpanzés en 2011 et 2018.	32
Figure 9: Courbes de détectabilité des nids des chimpanzés sur les transects, 2011 et 2018.....	32
Figure 10: Cartes de distribution de la densité d'éléphants, 2011 et 2018.	34
Figure 11: Courbes de détectabilité des crottes des éléphants sur les transects, 2011 et 2018.....	34
Figure 12: Cartes de distribution de la densité des crottes d'Okapi, 2011 et 2018.	36
Figure 13: Courbes de détectabilité des crottes des okapis sur les transects, 2011 et 2018.	36
Figure 14: Cartes de distribution de la densité des crottes d'ongulés sur les transects, 2011 et 2018.	38
Figure 15: Courbes de détectabilité des crottes des d'ongulés U1U2U3 sur les transects, 2011 et 2018.....	38
Figure 16: Cartes de distribution de la densité des crottes des petits ongulés sur les transects, 2011 et 2018.....	40
Figure 17: Courbes de détectabilité des crottes des petites ongulés sur les transects, 2011 et 2018.	40
Figure 18: Cartes de distribution de la densité des crottes des moyens ongulés sur les transects, 2011 et 2018.....	42
Figure 19: Courbes de détectabilité des crottes d'ongulés moyens sur les transects, 2011 et 2018.	42
Figure 20: Comparaison des taux de rencontre sur les recces guidés durant les deux périodes 2011 et 2018.....	43
Figure 21: Comparaison des taux de rencontre sur les transects durant les deux périodes 2011 et 2018.....	44
Figure 22: Cartes de distribution des taux de rencontre des singes sur les transects, 2011 et 2018.	44
Figure 23: Cartes de distribution des indices des activités illégales, 2011 et 2018.	46
Figure 24: Cartes de distribution des indices de présence humaine, 2011 et 2018.....	47

Tableaux

Tableau 1: Effort des transects de deux kilomètres par strate, et le % CV ciblé pour les éléphants, les chimpanzés, et okapis.	20
Tableau 2: Calendrier et effort des missions de l'inventaire.	24
Tableau 3: Effort et nombre de signes des animaux.	25
Tableau 4: Densité* et population des chimpanzés dans la RFO.	28
Tableau 5: Densité* et population d'éléphants dans la RFO.	28
Tableau 6: Densité des crottes d'okapis dans la RFO.	29
Tableau 7: Densité des crottes des ongulés toutes catégories (petits, moyens et grands ongulés)	29
Tableau 8: Densité des crottes des petits ongulés (U1)	30
Tableau 9: Densité des crottes des moyens ongulés	30
Tableau 10: Comparaison de la densité* et de la population estimée des chimpanzés entre 2011 et 2018.	31
Tableau 11: Comparaison de la densité* et de la population d'éléphants entre 2011 et 2018.	33
Tableau 12: Comparaison de la densité des crottes d'okapi entre 2011 et 2018.	35
Tableau 13: Comparaison de la densité des crottes d'ongulés U1U2U3 entre 2011 et 2018.	37
Tableau 14: Comparaison de la densité des crottes des petits ongulés (U1) entre 2011 et 2018.	39
Tableau 15: Comparaison entre les densités des crottes de moyens ongulés entre 2011 et 2018.	41
Tableau 16: Sommaire des métriques des animaux et signes humains entre 2011 et 2018, RFO, tous strates ensemble.	48
Tableau 17: La population des éléphants de forêt au sein de la RFO, 1995-2018.	50
Tableau 18: La densité des crottes d'okapi au sein de la RFO, 1995-2018.	50

Executive Summary

Français

Vue d'ensemble

La Réserve de Faune à Okapis (RFO) est une aire protégée dans l'Est de la République Démocratique du Congo (RDC). Elle a été créée en 1992 et a été inscrite comme patrimoine mondial de l'UNESCO en 1996. Il comprend plusieurs zones : une zone intégrale centrale (couvrant environ 2900 km²), dans laquelle aucune activité humaine extractive ou établissement n'est autorisé, et d'autres zones, totalisant environ 11 000 km²) où les populations locales peuvent chasser, pêcher et collecter des produits forestiers non ligneux selon un ensemble de réglementations établies pour assurer une utilisation durable de ces ressources. La réserve est traversée par une route nationale et sa limite orientale est également une route d'intérêt provincial et local ; le long de ces routes se trouvent des zones agricoles délimités ainsi que des zones de chasse pour assurer un accès réglementé des ressources naturelles (agriculture à petite échelle et chasse villageois des espèces non protégées) et où les villages sont situés.

La RFO est le bastion le plus important de la girafe forestière endémique de la RDC, l'Okapi. Le site est également l'un des sites les plus importants en RDC pour les éléphants de forêt et les chimpanzés de l'Est. De plus, sa valeur pour la biodiversité est extraordinaire : 17 espèces de primates, 14 espèces d'ongulés, près de 400 espèces d'oiseaux et une grande diversité végétale. Depuis sa création, la principale menace qui pèse sur la Réserve a toujours été la chasse non durable et le braconnage des espèces totalement protégées, fortement exacerbée à la fois par l'extraction illégale de minerais et par les vagues de troubles civils qui ont balayé l'Est de la RDC pendant plusieurs décennies. Une série d'études sur les grands mammifères utilisant l'échantillonnage à distance le long de transects linéaires a commencé dans la RFO au milieu des années 1990 et, en 2007, les méthodes et le design d'études étaient devenus standardisés dans toute l'Afrique centrale. Cela a permis un suivi à long terme dans l'espace et dans le temps au sein de la RFO, ainsi des enquêtes similaires ont eu lieu en 2010-2011 et, plus récemment, de 2017 à 2018.

Tout au long de la période 2007-2011, la population de chimpanzés de l'Est est restée stable : environ 5000 animaux. La grande population d'éléphants (estimée à 6 400 animaux) présente en 1995 avait déjà diminué de moitié en 2007, et elle a de nouveau diminué d'un peu moins de 40% en 2011 pour atteindre environs 2000. Comme les éléphants, la population d'okapis a diminué entre 1995 et 2007 (d'environ 40%), mais est restée stable entre 2007 et 2011. Les données sur les antilopes forestières n'ont pas été recueillies systématiquement avant 2007, mais entre 2007 et 2011, la densité de leurs crottes est demeurée stable dans l'ensemble du RFO. Enfin, le taux de rencontre de tous les signes humains a chuté entre 2007 et 2011.

Méthodes

En 2018, l'effort de relevé a porté sur 321 kilomètres de transects linéaires standards (n=160 transects), couvrant 12 000 km². Trois missions sur le terrain (cinq équipes par mission) ont effectué le travail pendant 47 jours sur de terrain ; les données ont été recueillies au moyen de l'outil Cyber tracker puis gérées par SMART-ER. Dans ce rapport, nous examinons les changements dans la densité et le taux de rencontre et la distribution des signes de présence d'animaux et de l'activité humaine entre 2011 et 2018. Les analyses sont présentées séparément pour l'ensemble de la réserve, ainsi que pour la zone centrale intégrale et le reste de la réserve.

Résultats

La population de chimpanzés de l'Est est restée stable : environ 5000 animaux (en 2018, l'estimation était de 5019 (95% c.i. 3719-6773 ; CV 15%). Néanmoins, il semble qu'il y avait une réduction de l'aire de répartition dans l'ouest de la réserve depuis 2011.

La population d'éléphants a diminué d'environ 75% entre 2011 et 2018. Elle est maintenant estimée à environ 566 éléphants (95% c.i. 304-1052 ; CV 34%) dans la Réserve, et leur aire de répartition est devenue de plus en plus comprimée ; leur bastion est maintenant le centre non loin du quartier général de la RFO et ils sont absents au nord et à l'ouest de la Réserve. Il est important de noter que le déclin de la densité d'éléphants dans la zone centrale n'était pas statistiquement significatif, contrairement au déclin beaucoup plus important dans le reste de la RFO.

En raison de la difficulté d'estimer la population d'okapis à partir de la densité des crottes, nous ne présentons que la densité de ces derniers. Entre 2011-2018, la densité des crottes d'okapis a chuté à un tiers de son niveau de 2011, et les animaux étaient beaucoup plus rares à l'ouest et au nord de la réserve que les années précédentes. Comme pour les éléphants, le déclin de la densité des crottes d'okapis dans la zone centrale n'était pas statistiquement significatif au niveau de 0,5% (bien qu'il soit proche), contrairement au déclin beaucoup plus important observé dans la partie hors zone intégrale centrale.

Entre 2011-2018, la densité des crottes de la plus petite classe d'antilopes forestières (probablement surtout des céphalopodes bleus) a chuté de 60 % et, comme pour la plupart des autres espèces sauvages, il est devenu rare de trouver leurs signes dans l'ouest de la réserve. Il est intéressant de noter que la densité des crottes des antilopes de taille moyenne est restée stable en 2011-2018, tout comme leur aire de répartition.

La superficie utilisée par les différentes espèces de singes a été réduite entre 2011 et 2018 ; le taux de rencontre a connu une tendance à la diminution, mais cette diminution n'était pas significative au niveau de 5 % (bien qu'elle soit significative au niveau de 10 %).

Enfin, le taux de rencontre de tous les signes humains a encore diminué entre 2011 et 2018, mais pas de façon statistiquement significative. Cependant, il y a eu beaucoup moins de pièges rencontrés par kilomètre en 2018 qu'en 2011 (cette diminution était statistiquement significative). Le changement le plus frappant a été la répartition des activités humaines, avec une résurgence importante des activités minières dans le sud-ouest de la réserve en 2018 par rapport à 2007 et 2011, et une réduction des signes humains dans la zone centrale.

Discussion

La RFO reste l'un des sites les plus importants pour les éléphants de forêt, les okapis et les chimpanzés de l'Est, en RDC, et pour ces derniers, la population est stable depuis au moins 2007. Bien que les populations d'éléphants et d'okapis aient diminué depuis 2011, la zone centrale de la réserve a été beaucoup moins affectée par la chasse que le reste du site. Les densités d'okapis et d'éléphants ont diminué dans la zone centrale, mais ces changements n'étaient pas statistiquement significatifs ; ce n'était pas le cas en dehors de la zone centrale intégrale où le déclin était significatif pour les deux espèces. La répartition de l'activité humaine au cours des sept années qui séparent les deux périodes montre un net mouvement vers le sud-ouest et un abandon de la zone centrale. La plus grande partie d'activités humaines est associée à l'exploitation minière dont la forte concentration est à l'ouest, au nord et dans tout le sud de la route nationale no : 4 qui traverse la réserve de l'est à l'ouest.

Il est probable que la protection de la faune sauvage dans la zone centrale soit due à deux choses notamment : le fait qu'elle est régulièrement patrouillée par les équipes de lutte anti-braconnage efficaces, et qu'elle est la partie la plus reculée du site en termes d'accès de l'extérieur. Il est également

vrai que l'activité de chasse précédemment enregistrée en 2011 a fortement diminuée, les gens ayant déplacé leurs intérêts plus vers les camps miniers du sud-ouest. Pour l'avenir, la poursuite d'une lutte efficace contre le braconnage dans la Réserve, et les efforts pour mettre fin à l'exploitation minière illégale sont essentiels à la survie - et au rétablissement - des populations d'éléphants et d'okapis. Enfin, travailler avec les communautés locales sur la gestion durable de la chasse sera d'un énorme avantage pour les petites espèces d'ongulés et de singes que l'on chasse couramment.

English

Overview

The Okapi Wildlife Reserve (OWR) is a protected area in Eastern Democratic Republic of Congo (DRC). It was created in 1992 and was listed by UNESCO as a World Heritage Site in 1996. It comprises several zones: a core zone (covering about 2900 km²), within which no extractive human activity or settlements are permitted, and other areas, totalling around 11,000 km²) where local people can hunt, fish, and collect non-timber forest products following a set of established regulations drawn up to ensure sustainable use of these resources. The Reserve is bisected by a national road, and its eastern limit is also a road; along these roads are areas that can be used for small-scale agriculture and where the villages are located.

The OWR is the single most important stronghold for DRC's endemic forest giraffe, the Okapi. The site is also one of the most important sites in DRC for Forest Elephants and for Eastern Chimpanzees. In addition, its biodiversity value is extraordinary: 17 species of primate, 14 species of ungulate, almost 400 bird species, and high plant diversity. Throughout the time since its creation, the principal threat to the Reserve has been hunting, heavily exacerbated by both illegal mineral extraction and by the waves of civil unrest that have swept Eastern DRC for several decades. A series of large mammal surveys using distance sampling along line transects started in the OWR in the mid-1990s, and by 2007 the methods and survey design had become standardized across central Africa. This enabled long-term monitoring across space and time in the OWR, and similar surveys took place in 2010-2011 and, most recently, 2017-2018.

Throughout the period 2007-2011, the eastern chimpanzee population had remained stable: at around 5000 animals. The large elephant population (an estimated 6400 animals) present in 1995 had already declined by half in 2007, and it declined again by just under 40% in 2011 to just over 2000. Like elephants, the okapi population had declined between 1995 and 2007 (by around 40%), but remained stable between 2007-2011. Forest antelope data were not systematically collected until 2007, and between 2007-2011 their dung density remained stable across the OWR. Finally, the encounter rate of all human sign dropped between 2007 and 2011.

Methods

Survey effort in 2018 was 321 kilometres of standard line transects (n=160 transects), covering 12,000 km². Three field missions (five teams each mission) carried out the work over 47 field days; data were collected using the SMART-ER tool. In this report, we examine changes in animal density (or encounter rate) and the encounter rate and distribution patterns of human activity between 2011 and 2018. Analyses are presented for the Reserve as a whole, and for the core zone and the rest of the reserve separately.

Results

Throughout the period 2007-2018, the eastern chimpanzee population remained stable: at around 5000 animals (in 2018 the estimate was 5019 (c.i. 3719-6773; CV 15%). There is some evidence of a range reduction in the west of the Reserve since 2011.

The elephant population declined by around 75% between 2011 and 2018. There are now an estimated 566 (95% c.i. 304-1052; CV 34%) elephants in the Reserve, and their range has become increasingly compressed; their stronghold is now the core of the OWR and they are absent from the north and west of the Reserve. Importantly, the decline in elephant density in the core zone was not statistically significant, unlike the much larger decline in the rest of the RFO.

Because of difficulties in estimating the okapi population based on dung density, we present dung density only. Between 2011-2018 okapi dung density dropped to a third of its 2011 level, and the animals were much rarer in the west and north of the Reserve than in previous years. Similar to the results for elephants, the decline in okapi dung density in the core zone was not statistically significant at the 0.5% level (although it was close), unlike the much larger decline elsewhere.

Between 2011-2018 the dung density of the smallest class of forest antelope (likely mostly blue duiker) dropped by 60%, and, as for most of the other wildlife species, it became rare to find their sign in the west of the Reserve. Dung density of the medium sized antelopes, interestingly, remained stable 2011-2018, as did their range.

The area used by the various monkey species was reduced 2011-2018; encounter rate tended to decrease, but this was not significant at the 5% level (although it was at the 10% level).

Finally, the encounter rate of all human sign dropped again between 2011 and 2018, but not statistically significantly. However, there were significantly fewer snares encountered per kilometer in 2018 than in 2011. The most striking change was in the distribution of human activities, with an importance resurgence of mining activities in the south- west of the Reserve in 2018 compared to 2007 and 2011, and a reduction of sign in the core zone.

Discussion

The OWR remains one of the most important sites for elephants, okapi and eastern chimpanzees, in DRC, and for the latter, the population has held stable since at least 2007. Although elephant and okapi populations have declined since 2011, the core zone of the Reserve has been far less affected by hunting than the rest of the site. Both okapi and elephant densities dropped within the core zone, but the changes were not statistically significant; this was not the case outside the core zone where the decline was significant for both species. The distribution of human activity over the seven years separating the two most recent surveys shows a clear movement to the southwest, and an abandonment of the core zone. Most human activity is associated with the concentration of mines in the south and west, both north and south of the national road that bisects the Reserve.

It is likely that the protection afforded to wildlife by the core zone is twofold: it is regularly patrolled by effective antipoaching teams, and it is the most remote part of the site in terms of access from outside. It is also the case that the previous hunting activity recorded in 2011 has greatly diminished, as people have shifted their activities towards the mining camps in the southwest.

Looking forward, the continuation of effective antipoaching within the Reserve and efforts to close down the illegal mining are key to the survival – and recovery- of the elephant and okapi populations. Finally, working with the local communities on sustainable hunting management will be of enormous benefit to the commonly hunted smaller ungulate and monkey species.

Introduction

Contexte et justification

La République Démocratique du Congo (RDC) est comptée parmi les 17 pays du monde qualifiés de méga biodiversité avec un taux d'endémisme élevé (Mittermeier and Goettsch Mittermeier 2005), et un des quatre pays du monde le plus important pour la conservation des primates (Estrada et al. 2018). Cette situation se justifie par l'immensité de son territoire (2.3 millions de km²: l'un des 11 pays plus grands du monde); dont 67% du territoire national sont couverts par forêt (MEDD and WRI 2019) et par la variété des conditions physiques et climatiques influant sur la richesse biologique. Sa biodiversité, importante, est représentée par un complexe végétal imposant et de faciès varié, allant de type forestier dense jusqu'aux savanes plus ou moins boisées et forêts claires ; habitats d'une faune également diversifiée, constituée des espèces endémiques, rares ou uniques au monde (Ministère de l'Environnement, Conservation-Programme des Nations Unies de la Nature, Eaux et Forêts pour le Développement (PNUD 2006).

Depuis les années 1950, la Wildlife Conservation Society (WCS) a entrepris des inventaires faunistiques en RDC, lorsque George Schaller avait entrepris le premier comptage des Gorilles de Grauer (*Gorilla beringei graueri*) (Emlen and Schaller 1960). Cette collaboration avec le Gouvernement du RDC continue à ce jour dans et autour des aires protégées et sur de nombreuses autres questions de conservation en RDC. En collaboration avec l'ICCN, la WCS a toujours conduit des inventaires dans le paysage Ituri-Epulu-Aru situé aux limites Nord-Est de la forêt du Bassin du Congo. Il est caractérisé par un couvert forestier fermé, relativement intact et exceptionnellement riche en faune aviaire et mammalienne (Brown et al. 2009; Hart 2001a; Hart 2001b), et voir la description de l'UNESCO ici <https://whc.unesco.org/fr/list/718>. Cette faune comprend la plus grande population connue de chimpanzés de l'Est *Pan troglodytes schweinfurthii*, la plus grande population connue de l'okapi, *Okapia johnstoni* (endémique à la RDC), la plus grande population restante d'éléphant de forêt *Loxodonta africana cyclotis* dans les zones protégées en RDC, le léopard, *Panthera pardus*, le chat doré *Caracal aurata*, les potamochères et hylochères (*Potamochoerus porcus* et *Hylochoerus meinertzhageni*), buffle de forêt *Syncerus caffer nanus*, bongo *Tragelaphus eurycerus*, trois espèces de pangolin *Smutsia gigantea*, *Phataginus tricuspis* et *P. tetradactyla*, 17 espèces de primates, et 14 espèces des ongulées (<https://whc.unesco.org/en/list/718>).

L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), dans sa Liste Rouge, considère que les chimpanzés de l'Est, les okapis, et la population des éléphants d'Afrique centrale comme des espèces en danger. En plus, toutes les trois espèces de pangolins, des panthères, des chats dorés, et deux espèces des singes de la RFO *Allochrocebus lhoesti* et *Cercopithecus hamlyni* sont considérées comme Vulnérables (IUCN 2019). Le massif forestier de l'Ituri est aussi un important réservoir de la diversité floristique à l'échelle mondiale, contenant des affleurements rocheux (inselbergs), Edos (clairières dans la forêt fréquentée par les animaux, aussi connu comme «bais» dans le bassin ouest du Congo) et de vastes zones des forêts mono-dominantes (Brown et al. 2009).

Les communautés locales vivant dans cette zone sont directement inféodées à la forêt pour couvrir l'ensemble de leurs besoins alimentaires et économiques, les possibilités d'emploi étant quasi inexistantes. Les conditions sanitaires des communautés locales sont de ce fait étroitement liée à celle du paysage. Traditionnellement très peu peuplé, le paysage de l'Ituri subit actuellement une

forte pression humaine à cause des mouvements spontanés des populations qui viennent de régions voisines très densément peuplées, vers les zones forestières où les terres sont encore abondantes et disponibles. Le dernier recensement de 2009 avait estimé 21,000 personnes dans la réserve et 34.000 personnes en dehors de la réserve (Baraka 2009). Cette population a augmenté de 20% entre 2009 et 2014 (D'Huart and Maziz 2014) et elle continue de croître. Cette montée démographique en puissance due à l'immigration dans la région est en train de conduire à des taux plus élevés de conversion des forêts en cultures, à une pression concomitante sur les ressources naturelles.

L'afflux des populations humaines dans les forêts de la région conduit à la fois à la déforestation et à la dégradation accélérée du couvert forestier et une perte massive de la biodiversité. La perte de forêt en RDC a été mesurée entre 2000 et 2010. Par exemple, de tous les paysages CARPE en RDC, le paysage Ituri-Epulu-Aru a connu le taux de perte du couvert forestier le plus élevé, principalement en raison de l'expansion de l'agriculture près de Beni (Potapov et al. 2012). Les activités prépondérantes sont l'agriculture itinérante sur brûlis, les plantations de cacao, de café, de papayer et de palmier à huile, l'exploitation forestière, le braconnage armé d'éléphants pour leurs ivoires, la chasse commerciale, la production de charbon de bois et l'exploitation minière artisanale. Actuellement une exploitation semi industrielle par des entreprises chinoises se fait par l'utilisation des dragues sur la rivière Ituri et des machines dans quelques foyers miniers.

Dans ce paysage se trouve aussi la Réserve de Faune à Okapis (RFO) (**Figure 1**). Créée en 1992, cette réserve habitée est inscrite sur la liste des sites du patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 1996 suite à sa richesse écologique, biologique et culturelle importante qu'elle regorge. Elle est classée sur la liste des sites du patrimoine mondial «en péril» en 1997 en raison de la guerre civile en RDC et ce statut continue à être maintenu (<https://whc.unesco.org/fr/soc/3845/>; [Decision 43 COM 7A.9](#)). Cela est dû à de nombreux problèmes sur le site, qui (cités dans la mise à jour de l'UNESCO de 2019) incluent le braconnage intensif de grands mammifères, en particulier des éléphants; l'exploitation minière et l'exploitation de bois illégale (susceptible de porter atteinte à la Réserve dans un proche avenir) à l'intérieur de la Réserve, les modifications de la cohésion sociale et de la composition des communautés locales de la réserve, dues à une immigration incontrôlée sur le site et les problèmes posés par la réfection de la route nationale RN4, qui traverse la réserve d'ouest en est et pour laquelle aucune étude d'impact sur l'environnement n'a jamais été effectuée (<https://whc.unesco.org/en/decisions/7373/>; (UNESCO 2019).

Situation sécuritaire

Cinq ans après sa création en 1992, l'intégrité de la RFO était sérieusement menacée par une longue série d'occupations par les groupes de milices et de l'armée. Le base de l'IZCN¹ à Epulu et dans les villages voisins ont été pillés à plusieurs reprises, provoquant des mouvements incontrôlés de la population. Le braconnage des grands mammifères a considérablement augmenté, en particulier des éléphants. Parallèlement, un grand nombre de sites d'extraction de minéraux ont été ouverts à de nombreux endroits dans la réserve, attirant des milliers de personnes. Les autorités militaires et administratives ont souvent été impliquées dans ces activités illégales. En conséquence, l'UNESCO a classé le site en péril en 1997 (UNESCO 1997), mais l'instabilité a continué (Hart

¹ IZCN (Institut Zairois pour la Conservation de la Nature), actuellement ICCN est une entreprise publique mandaté par l'état congolais pour la gestion des aires protégées, les réserves

and Mwinyihali 2001). La guerre civile était sans doute pire entre 1995-2006 (Beyers et al. 2011), mais le site n'a jamais été retiré de la liste des sites en péril, malgré les rapports annuels (1997-2019) sur l'état de conservation de l'UNESCO et les différentes missions au site (Aveling and Curran 2009; D'Huart and Maziz 2014) bien que la situation fluctue et soit, parfois, plus stable que d'autres. L'attaque la plus récente sur l'état-major de l'ICCN à Epulu en 24 juin 2012 a causé la mort de six personnes, l'abattage de 14 Okapis se trouvant dans le zoo, l'incendie du bureau administratif et autres. Cet événement a eu comme conséquence majeure la perte du contrôle par l'Institut Congolais pour la Conservation de la Nature (ICCN) d'une bonne partie de la réserve, l'intensification encore d'activités illicites, la prolifération des foyers miniers et l'augmentation du flux migratoire à l'intérieure même de la RFO. Une opération militaire conjointe de la MONUSCO (Mission des Nations Unies pour la stabilisation en RDC) et des FARDC (Forces armées de la République démocratique du Congo) a été menée pour sécuriser la zone (D'Huart and Maziz 2014; UNESCO 2013). Depuis lors, des soldats des FARDC sont présents le long de la route qui traverse la réserve pour dissuader les groupes armés de lancer de nouvelles attaques majeures. Les gardes sont revenus dans la réserve à la fin du mois d'août 2012, tandis que le personnel technique et scientifique y est retourné en octobre 2012, bien que la sécurité reste très incertaine. Les attaques contre les gardes, les communautés locales et les postes de patrouille se poursuivent de façon sporadique. Durant cette période de 2012 à 2018, plusieurs actions ont été menées par l'ICCN en collaboration avec les Forces Armées de la RDC (FARDC). Actions dont la mise hors d'état de nuire de quelques chefs milices dont Morgan, Jésus et Manu ainsi que la neutralisation d'Alaise, Werrason, et autres (ICCN 2019). Cependant malgré ces efforts, la tenue des inventaires n'était pas garantie, et a été remporté à plusieurs reprises pour être lancé au mois de décembre 2017 et prendre fin au mois d'août 2018.

Objectifs

Objectif global :

L'objectif global de cette étude était de faire un état de lieu de la faune et d'activités humaines dans la réserve, en particulier le statut des espèces emblématiques que sont ; l'éléphant de forêt d'Afrique (*Loxodonta africana cyclotis*), les chimpanzés à face claire de l'Est (*Pan troglodytes schweinfurthii*), l'Okapi (*Okapia johnstoni*) et autres espèces importantes, les primates, carnivores et ongulés, ainsi que l'impact des différentes activités humaines qui s'y passent.

Objectifs spécifiques :

Ces explorations biologiques visaient les objectifs spécifiques suivants :

- Faire un état de lieu de la Réserve en déterminant l'abondance, la densité et la distribution de population de la grande faune en en général, et en particulier les espèces phares (éléphants, chimpanzés, okapis) et les céphalophes ; ainsi que les menaces qui pèsent sur elles en raison de la pression due aux différentes formes d'exploitations aussi bien légales qu'illégales dont elles sont l'objet ;
- Déduire les changements dans l'abondance, la densité et la distribution de la faune et des activités anthropiques en comparaison avec les données des inventaires antérieurs (2006 et 2012), et faire rapport à l'ICCN et tous les bailleurs (CARPE, UNESCO, USFWS, MIKES, etc.) après cette recrudescence du phénomène milice et de la prolifération d'activités

minières ainsi que le flux migratoire qui en découle afin d'influencer le lobbying pour les années à venir ;

- Relever les données de base sur l'abondance des perroquets gris d'Afrique dans la Réserve ;
- Intégrer les résultats des inventaires biologiques et le suivi écologique dans le mécanisme de surveillance de la RFO en utilisant le (Spatial Monitoring and Reporting Tool (SMART) pour renforcer la prise des décisions afin de rendre la gestion de la réserve plus efficace ;
- Avoir les données de base sur l'état de la réserve (faune et activités anthropiques) avant la mise en application du processus de Partenariat Public-Privé (PPP) sous la responsabilité de WCS pour faciliter l'évaluation de ce processus au cours du temps ;
- Avoir un soubassement scientifique pour sensibiliser et faire le lobbying auprès de différentes parties prenantes dans la gestion de la RFO sur les menaces qui impactent sur son intégrité, afin d'affiner de nouvelles stratégies de protection.
-

Implication des partenaires locaux

Les inventaires biologiques de grands mammifères dans la RFO dépendent également de deux préalables sans lesquelles la mise en œuvre pouvaient s'avérer très difficile, voire impossible :

- la mise en place d'un dialogue démocratique fonctionnel entre les différentes parties prenantes pour la résolution des conflits et l'établissement des relations de bonne collaboration avec les différents groupes d'intérêt ;
- la poursuite d'un plaidoyer auprès des services de la police locale, de l'armée et autres services de l'Etat sur les problèmes actuels auxquels la RFO et le paysage de l'Ituri en général sont confrontés.

C'est pourquoi avant que les travaux de terrain ne commencent, une série des réunions de contact, d'information et de sensibilisation a eu lieu auprès des différentes parties prenantes particulièrement les autorités Politico-Administratives, Coutumières et sécuritaires pour solliciter leur implication dans le processus

Cette série des réunions avaient pour finalité :

- Les contacts avec la notabilité de la région en vue de leur montrer la pertinence des travaux du recensement qui devraient s'achever ;
- Le point sur l'état de la sécurité dans la zone Ouest et Nord-ouest était établi ;
- Le point sur la disponibilité de la main d'œuvre locale pour appuyer les équipes du recensement était fait ;
- Le point sur les voies de communication susceptibles d'avoir un impact sur le déploiement des équipes était déterminé.

Quatre missions ont été effectuées dans ce cadre. La première mission a été organisé dans la partie Est et Nord-Est de la RFO du 31 janvier au 07 février 2018. La deuxième mission était organisée dans la partie Ouest et Nord-Ouest du 25 juin au 1er juillet 2018 ; une troisième mission (11 juin 2018). De cette troisième mission s'en est sortie la décision de mener une campagne de

sensibilisation dans les foyers miniers du Nord-Ouest, ce qui avait conduit à une quatrième mission faite par le Chef du groupement de Ngayu (Bafwabango). Cette équipe avait pour mission principale la sensibilisation des creuseurs dans les foyers miniers afin de les rassurer que leur quiétude ne sera pas troublée par la présence des équipes des inventaires et de patrouilleurs commis à leur sécurité.

Au-delà de cette campagne d'information et sensibilisation, les communautés locales ont participé aux travaux de terrain en fournissant la main d'œuvre locale (porteurs et techniciens de recherche), qui était recrutée localement avec l'implication des chefs des villages. Tous ses efforts ont contribué à la sécurisation des équipes sur terrain durant les inventaires et à l'appropriation de ce travail par la communauté locale.

Formation et constitution des équipes de terrain

Au total 33 personnes ont intervenu en partie ou en totalité lors de ces trois missions comme staff techniques, dont 14 chercheurs de la RFO comme chefs d'équipes et chefs d'équipes adjoints, coordination et gestion des données (16 pour la WCS et 7 pour l'ICCN), et 15 membres des communautés locales comme techniciens de recherche (Boussoliers et mesurateurs). Afin de fiabiliser les données, il a été nécessaire de faire une mise en à niveau des membres de l'équipe.

Ainsi, au mois de novembre 2016, une formation couplée a été organisée à l'intention de toute l'équipe sur « la navigation en milieu forestier et la collecte des données des inventaires des grands mammifères sur base des signes indirects » à laquelle ont pris part 33 personnes dont 14 chercheurs et 19 techniciens de terrain (Madidi et al. 2016). Cette formation avait pour objectif de garantir la maîtrise du protocole par tous les membres de l'équipe, et la partie concernant la collecte de données des inventaires avait intégrée l'utilisation de l'outil SMART-ER (Ecological Records) et le Cybertracker qui sont des innovations que nous avons utilisées pour la première fois dans la RFO.

En raison du temps écoulé entre la formation et le lancement des inventaires proprement dit, un recyclage de nouveau a été organisé à l'intention de l'équipe du 12 au 22 novembre 2017 à Epulu (Madidi et al. 2017). Hormis cette partie scientifique de l'équipe de terrain, il y a eu aussi une équipe de soutien dont l'effectif était fonction de la durée de séjour sur terrain variant entre 40 et 60 menant ainsi l'effectif total de l'équipe de terrain à un minimum de 75 et un maximum de 101 personnes. Ce qui a permis de constituer 5 équipes de terrain d'au plus 20 personnes.

Description du site

La RFO est une aire protégée nationale de la RDC qui s'étend sur une superficie de 13.726 km². Elle est placée sous la gestion de l'ICCN (anciennement IZCN Institut Zaïrois pour la Conservation de la Nature) depuis sa création par classement le 2 mai 1992 (Gouvernement de Zaïre, 1992). Cette réserve est traversée par quelques routes dont la route nationale N°4 (RN4), en son centre, d'Ouest en Est, la route qui mène vers Mungbere à l'Est et celle qui mène vers Wamba à l'Ouest. L'État-major du site se situe à Epulu sur la RN4 à 460 km de Kisangani.

La RFO se trouve entre 28 et 29° Est et 1° et 2° 30' Nord (**Figure 1**). Son altitude varie de 700 à 1300 m au-dessus du niveau de la mer. Cette zone jouit d'un climat chaud et humide du type *Åm* selon la classification de Koppen (Gérard 1960; Peel et al. 2007), avec des précipitations annuelles oscillant entre 1600 et 2000 mm (une moyenne de 1785 mm) et des températures annuelles moyennes de 17,9 à 25.5° C (Hart and Carrick 1996). Elle est traversée par plusieurs cours d'eaux de la région dont les rivières Nepko, Epulu, Nduye, Lenda, Ngayo et Tito qui à l'exception de Nepoko versent toutes leurs eaux dans la rivière Ituri.

La végétation de la réserve est principalement constituée une forêt de basse altitude avec deux types de forêt. La forêt mixte dominée par *Cynometra alexandri*, *Julbernardia seretii* et *Cleistanthus caudatus* (synonym *Cleistanthus michelsonii*) dans la strate supérieure et la forêt monodominante dont *Gilbertiodendron dewevrei* constitue 90% des essences de la strate supérieure. Cette forêt est aussi riche en espèces de bois d'œuvre de grande valeur telles que *Entandrophragma spp.*, *Khaya anthotheca*, *Milicia excelsa*, *Azelia bipindensis*, *Albizia spp.*, *Canarium schweinfurtii*, etc. Cependant, on trouve également dans la réserve des grandes étendues de forêts marécageuses et/ou périodiquement inondées avec *Raphia ssp.* et autres palmiers lianescentes. Il y a aussi dans sa partie Nord-Est des étendues assez importantes couvertes par une végétation herbacée de type savanicole, ainsi qu'une végétation xérophile au sommet des collines rocheuses (Inselbergs) (Ewango 2010; Hart 1985; Makana et al. 1998; Makana et al. 2004a; Makana et al. 2004b) .

Méthodes

Aperçu méthodologique

La méthode utilisée était « *distance sampling* » (Buckland et al. 2001) le long des transects linéaires. Chaque transect était suivi par un recce guidé, reliés par des reconnaissances de voyage (Hedges et al. 2012; Maisels et al. 2008). Le plan d'échantillonnage des transects a été élaboré à l'aide du logiciel Distance (Thomas et al. 2010). C'est une méthodologie robuste et facilement reproductible pour la mise en place de cycles de suivi des grands, moyens et petits mammifères, oiseaux, cétacés et des activités humaines, à travers les paysages, les aires protégées et les autres zones d'intérêts. Elle est la méthode standard en Afrique Centrale pour estimer la densité et l'abondance d'une espèce, d'un groupe d'espèces ou d'un indicateur indirect de ces espèces, à travers une zone prédéfinie (par exemple une aire protégée). Cette estimation se fait à partir d'observations directes d'animaux ou de signes d'animaux comprenant notamment les taux de production et de dégradation du signe observé. Cette méthode est surtout fréquemment employée pour estimer la densité et l'abondance des grands singes (à travers des nids) (Kühl et al. 2008), les ongulés (à travers des observations directes (Jost Robinson et al. 2016), ou des crottes (Acevedo et al. 2010; Torres et al. 2012), les éléphants (à travers les crottes) (Hedges 2012; Hedges et al. 2012) et les petits primates (à travers des observations directes) (Buckland et al. 2010).

Les transects linéaires correctement effectués sont robustes aux changements de détectabilité de la faune sauvage ou de ses signes (par exemple dus aux changements de densité du sous-bois ou à l'efficacité de l'observateur), ce qui permet de suivre de manière fiable les modifications des densités de population au cours de temps (Strindberg 2012; Thomas et al. 2010). Les données des

transects peuvent également être utilisées pour cartographier la distribution de densité d'une espèce à travers la zone et suivre les modifications de distribution de densité à travers le temps dans le cadre de suivi écologique d'une espèce ou un groupe d'espèces. Tous les signes d'activités humaines doivent aussi être enregistrés, pour permettre l'analyse des relations entre la distribution, l'abondance de la faune sauvage et l'intensité et la distribution des activités humaines (IUCN 2013; Köhl et al. 2008). Cette méthode est particulièrement utile dans les habitats forestiers où la visibilité est réduite et où la probabilité de détection d'un objet diminue rapidement en fonction de l'éloignement de l'observateur (Köhl et al. 2008).

Stratification

Dans les plans d'échantillonnages, des strates sont élaborées pour minimiser l'hétérogénéité des estimations de densité. En Afrique centrale comme ailleurs, les strates sont généralement définies par type d'habitat (savane ou forêt, par exemple) ou par impact humain (zones qui sont considérées comme ayant une pression de chasse différente). Ensuite, le taux de rencontre des signes ou des observations dans chaque strate est utilisé pour calculer l'effort (nombre total de kilomètres à parcourir) dans chaque strate. Le nombre de transects dans chaque strate est généralement supérieur à 30, afin d'améliorer la précision.

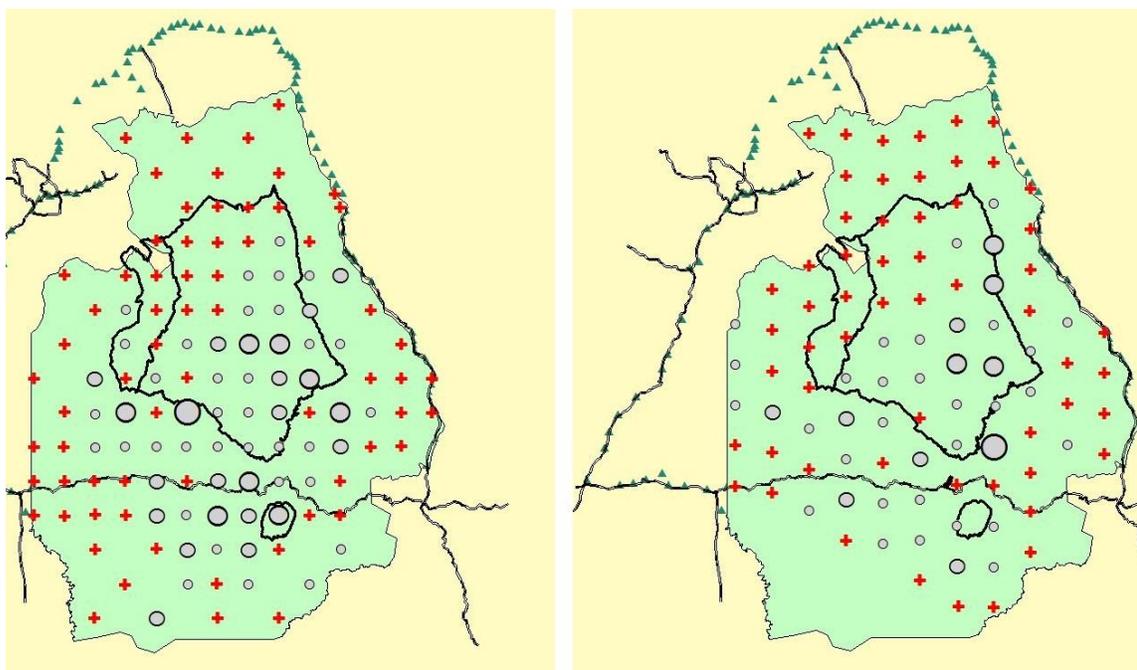


Figure 1. Location des transects de 2007 (gauche) et 2011 (droite) et crottes des éléphants pendant les inventaires.

Les + rouges indique les transects où il n'y avait pas de crottes. Les tailles des cercles gris représentent la classe d'abondance de densité des crottes. Carte de Fiona Maisels, 2011.

Le zonage de la RFO en trois strates pour l'inventaire de 2018 était défini en fonction des résultats de l'inventaire de 2010-2011 (Vosper et al. 2012) (Figure 1). Ces derniers inventaires ont couvert l'entièreté de la réserve excepté la rive gauche de la rivière Ituri pour des raisons d'insécurité.

Ainsi, trois strates, basées sur l'abondance des éléphants en 2011, étaient définies (Figure 2 ; Figure 3):

- la zone à forte densité d'éléphants qui coïncide avec la Zone de Conservation Intégrale Centrale (2.991 km² soit 22% de la réserve) ;
- la zone de densité moyenne (7.317 km² soit 55 % de la réserve) ;
- la zone de faible densité d'éléphants (3044 km² soit 23 % de la réserve).

Calcul de l'effort pour les transects de lignes

L'effort d'échantillonnage est un compromis entre le besoin d'avoir une bonne précision (la possibilité de détecter les changements significatifs au cours du temps) et les contraintes logistiques, financiers et ressources humaines. Selon Buckland *et al.* (2001), le nombre total de transects nécessaire pour atteindre un niveau de précision désiré (% CV) est calculé avec la formule suivante :

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

Où :

L = la longueur totale des transects pour la nouvelle étude

b = la mesure de dispersion des données

$cv_r(D)$ = la coefficient de variation ciblée pour l'estimateur de densité (un CV de 20% est écrit 0.20, et signifie que les changements seront détectable seulement quand la densité de la population a changé par 20% ou plus)

L_0 = la longueur totale des transects dans l'étude pilote (ou dans notre cas, le dernier inventaire)

N_0 = le nombre d'observations détectées pendant l'étude pilote

Une valeur de 3 est parfois utilisée pour b , la mesure de dispersion, mais en réalité, la vraie valeur de b est souvent plus grande que 3, indiquant que la dispersion des données est plus haute. Pour avoir une estimation de b qui est plus proche à la réalité en forêt tropicale, b peut être calculé avec l'équation :

$$b = N * CV^2$$

Où,

N = le nombre d'observations dans l'étude pilote

CV = le %CV dans l'étude pilote.

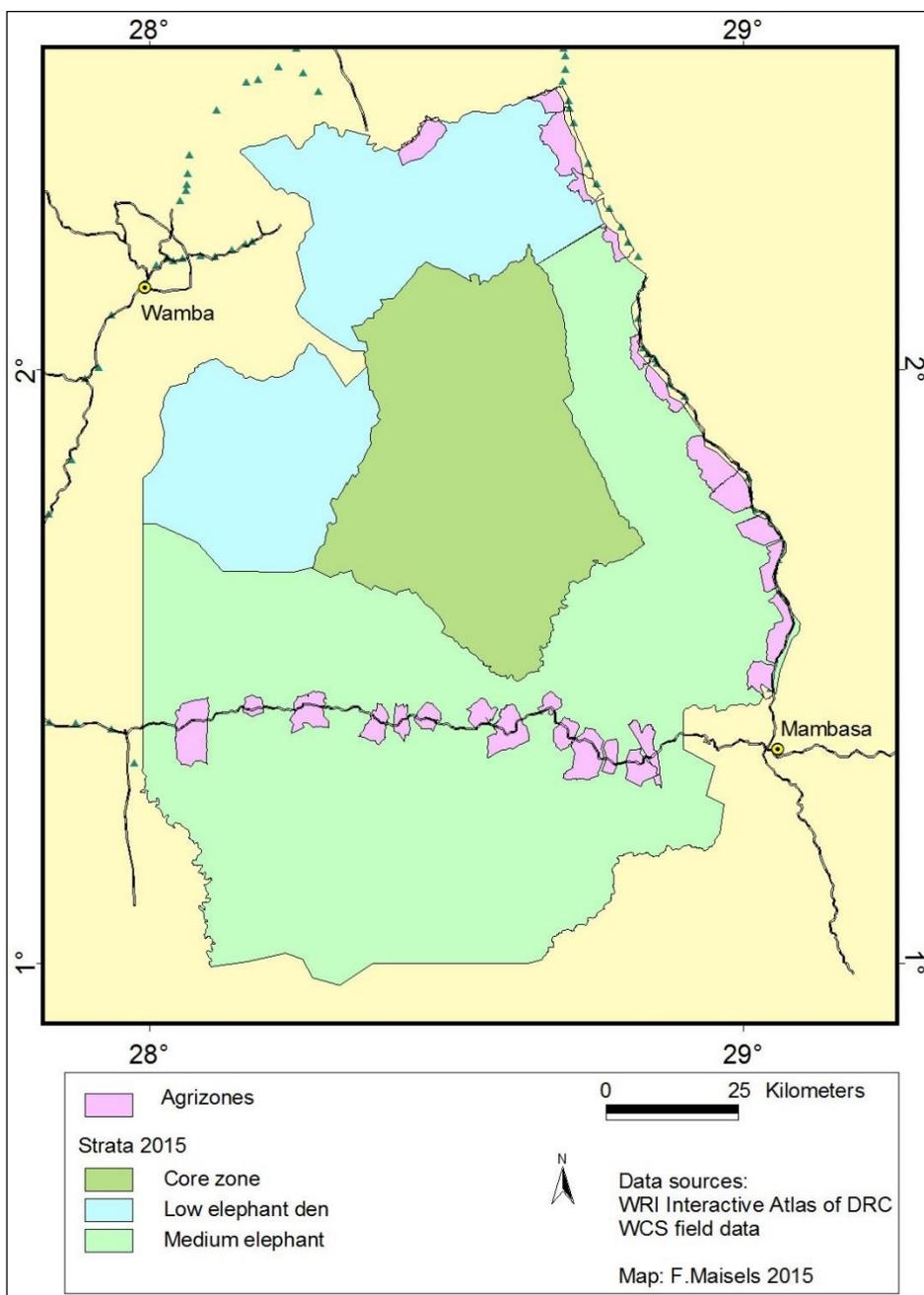


Figure 2: Strates de la RFO.

Core Zone=la Zone de Conservation Intégrale Centrale (zone de forte densité) située au centre et les deux strates basée sur la densité des éléphants en 2011 (très faible densité/ Low elephant den: bleu; densité moyenne/ Medium elephant (verte clair) (Maisels 2016).

Plan d'échantillonnage pour 2018

L'estimation du niveau d'effort (kilomètres à parcourir) nécessaire pour l'inventaire 2017-18 était basée sur les résultats de l'inventaire de 2010-11 (Vosper et al. 2012). Les objectifs de précision pour 2018 ont été fixés à un coefficient de variation (% CV) de 15% pour les éléphants, à 20% pour les chimpanzés et pour les okapis dans la Zone Intégrale, et aussi dans la zone de densité moyenne d'éléphant. Dans la zone où les éléphants étaient à faible densité en 2011, il serait difficile d'atteindre un % CV acceptable pour ces espèces, car la relation entre le % CV et l'effort n'est pas linéaire, et que de faibles densités animales entraînent une faible précision (en d'autres termes, un CV élevé) (Buckland et al. 2001). En effet, fixer de tels cibles aurait signifié plus de 700 kilomètres de transect pour obtenir un % CV de 20% pour une estimation de la densité d'éléphants, et presque 200 km pour l'estimation de la densité des crottes des okapis (Maisels 2016). Dans ces cas, le nombre de transects a été limité, et un % CV plus haute a été attendu. L'expérience dans les forêts d'Afrique centrale a montré qu'un transect de deux kilomètres de long pouvait être parcouru en une journée, ce qui est efficace du point de vue logistique pour les équipes sur le terrain.

L'emplacement des transects a été fait à l'aide du logiciel DISTANCE en utilisant '*Systematic Segmented Trackline Sampling*' (Buckland et al. 2001; Strindberg et al. 2004; Thomas et al. 2010). Pour améliorer la précision des résultats, l'orientation des transects dans chaque strate a été fixée au perpendiculaire des éléments principaux qui peuvent créer un gradient dans la densité des animaux (routes, rivières principales). Le design final comprenait 183 transects de longueur 2 km, couvrant 3 strates et une superficie de 14111 km² (Tableau 1; Figure 3). Cependant, de ces transects, trois étaient tombés à l'extérieur de la RFO et 12 se trouvaient dans la zone inaccessible de la réserve (rive gauche de la rivière Ituri).

Tableau 1: Effort des transects de deux kilomètres par strate, et le % CV ciblé pour les éléphants, les chimpanzés, et okapis.

	No des transects dans le dessin finale produit par Distance	% Coefficient de variation		
		Eléphant	Chimpanzé	Okapi
Zone intégrale	59	15	20	20
Densité moyenne d'éléphant	83	15	20	20
Faible densité d'éléphant	41	-	35	-
RFO	183			

Collecte des données.

Dans le souci de prévenir les risques liés à la défection du système électronique, la collecte des données a combiné deux méthodes, l'utilisation des carnets de notes et des tablettes avec l'application [Cybertracker](#). Ainsi dans la planification, cinq équipes étaient constituées pour la collecte des données chacune ayant cinq membres scientifiques ; un chef d'équipe qui prenait les données sur la tablette et manipulait le topofil, un chef d'équipe adjoint chargé de la prise des données dans le carnet, et de la mensuration, un pisteuse, un boussolier et un mesureur.

Conformément au protocole de collecte de données des inventaires de la WCS en Afrique centrale, ne sont observateurs que le chef d'équipe et son adjoint. Les observations faites par d'autres membres de l'équipe ne sont pas prises en compte lors de travaux sur terrain.

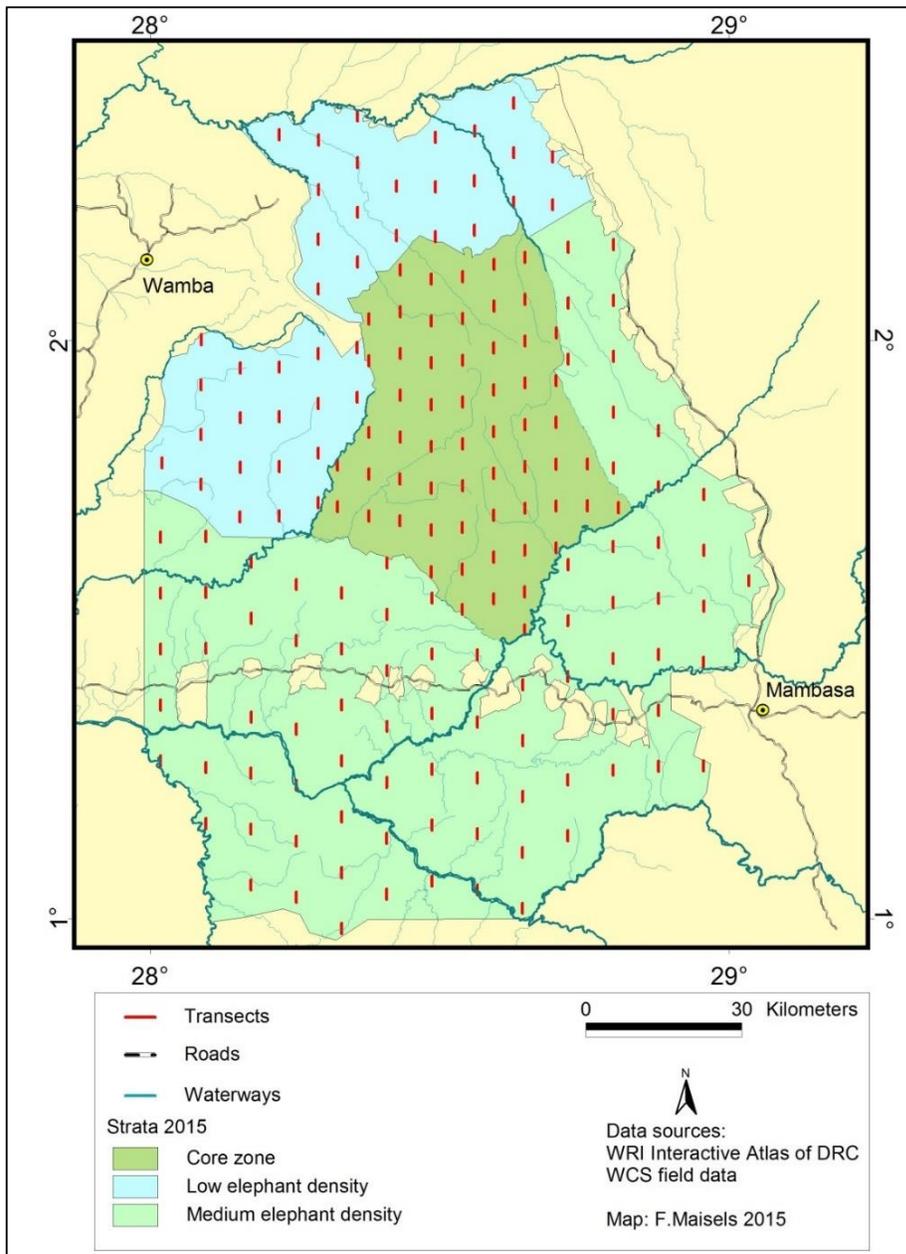


Figure 3: Emplacement des transects de l'inventaire RFO 2017-2018.

Les crottes des ongulés sous forme de pellets (petites boules) sont difficile à attribuer à une espèce, et les crottes des jeunes des plus grands ongulés peuvent être confondues avec les petits ongulés (Ntie et al. 2010). Donc, nous avons utilisé trois classes de taille des ongulés pour identification des crottes :

- U1: Les petits ongulés : *Philantomba monticola*, *Neotragus batesi*, et des enfants et/ou des juvéniles des moyens ongulés ;
- U2: Les moyens ongulés : *Cephalophus weynsi*, *leucogaster*, *nigrifrons* et *dorsalis*; le chevrotain aquatique *Hyemoschus aquaticus*, et des enfants et/ou des juvéniles des grands ongulés ;
- U3: Les grands ongulés : *Cephalophus silvicultor*, et le sitatunga *Tragelaphus spekii*.

Les crottes des buffles, okapi, et suidés (Potamochère et hylochère) sont distincts et sont classifiées séparément.

L'analyse des données.

Les analyses ont inclus les données des transects, les recces guidés et les recces voyages.

Les données de transects ont été utilisées pour déterminer la densité des individus et/ou leurs signes indirectes (crottes ou nids), et la distribution des trois espèces phares (éléphant, okapi et chimpanzé). Les données de transects ont aussi servi à estimer la densité des signes indirectes (crottes) des ongulés et de cartographier leur distribution. Enfin, les données de transects sur les vocalisations et les observations de singes, ainsi que les données sur les différents signes humains enregistrés, ont été analysées pour donner un indice d'abondance relative - le taux de rencontre (nombre d'observations par unité de distance parcourue) - et pour cartographier leur répartition dans la réserve. Le taux de rencontre est également appelé *indice kilométrique*.

Les calculs de densité ont été fait par le logiciel [Distance 7.3](#), les indices kilométriques par Microsoft Excel, et les cartes distribution par le logiciel ArcGIS 10.3.1 (ESRI 2014).

Conversion des densités d'indices en densité d'animaux

La formule standard utilisée dans une analyse Distance pour transformer la densité d'indices en densité d'animaux est :

$$D_a = \frac{D_i}{(Deg * Prod)}$$

Où,

D_a = densité des animaux

D_i = densité des indices (calculé en Distance)

Deg = taux de dégradation des indices (nombre de jours)

$Prod$ = nombre d'indices produits par individu par jour

Pour convertir la densité des signes animaux en densité des individus, nous avons utilisé les multiplicateurs suivants : pour les chimpanzés, le taux de production des nids: 1.09 (ES 0.05)/ jour, et taux de dégradation des nids de 90 jours (Morgan et al. 2006) ; pour les éléphants, 19,77 (ES 0,23) jours ; taux de dégradation des crottes de 90 jours (Tchamba 1992).

Les cartes de distribution de chacun de ces signes sont élaborées pour donner une idée sur la répartition spatiale de ceux-ci dans les deux périodes (2011 et 2018) ou dans deux strates différentes.

Cependant, pour les indices d'activités anthropiques, en plus des taux de rencontre (indices kilométriques) déjà présenté, une carte de distribution des indices d'activités d'exploitation illicite en présente la répartition spatiale et l'ampleur.

Les données des recces guidées ont été utilisées pour estimer les taux de rencontre de signes animaux et humains dans la réserve ; et pour donner un aperçu supplémentaire des distributions des deux.

Les données des recces voyages - essentiellement sur des signes humains - ont été utilisées pour signaler à la direction de la réserve l'emplacement des activités humaines.

Comparer les densités de la faune dans le temps et l'espace

La zone centrale de la RFO ne comprend aucun village humain ni aucune route. Elle est moins accessible aux braconniers, et bénéficie d'un niveau de protection plus élevé que les zones de chasse ou d'agriculture qui l'entourent. Nous nous attendions donc à ce que les populations fauniques soient plus denses dans le noyau en 2018 que dans les autres zones de la réserve. En outre, bien qu'il y ait eu du braconnage d'éléphants et d'autres espèces sauvages entre 2011 et 2018 sur l'ensemble du site, nous avons supposé que la zone principale aurait été moins touchée que les autres, ce qui aurait entraîné des populations animales stables ou, du moins, un rythme plus lent de déclin qu'ailleurs.

Pour déterminer si les différences apparentes entre ces paramètres étaient susceptibles d'être statistiquement significatives, nous avons utilisé le test z pour comparer les densités (ou taux de rencontre) à l'aide d'une formule en ligne sur le lien :

<https://www.socscistatistics.com/pvalues/normaldistribution.aspx>.

Nous avons d'abord comparé les densités de la faune (ou de leurs signes) dans la zone principale par rapport aux zones non essentielles en 2018. Ensuite, nous avons comparé les ensembles de données de 2011 et 2018 afin d'examiner les tendances dans le temps. Nous fixons le seuil de probabilité à 5% ($P < 0,05$) mais nous présentons le degré significatif de changement détecté, le cas échéant, au niveau de 10% ($P < 0.1$).

Lorsque seuls les taux de rencontre étaient disponibles (cris et observation des singes diurnes, et les signes humains), nous avons utilisé [un test t](#) pour comparer les jeux de données des deux périodes, chaque transect formant un réplicat.

Lorsque les données étaient insuffisantes pour tester les différences entre le noyau et la périphérie, nous présentons les résultats pour la RFO dans son ensemble.

Cartographie

Nous avons utilisé le logiciel Distance pour calculer les estimations de densité par transect, puis nous avons utilisé ces valeurs pour créer des cartes d'interpolation pour chaque espèce ou groupe d'espèces (avec le SIG ArcGIS : (ESRI 2015)). Lorsque la densité n'était pas disponible (singes, signe humain), nous avons utilisé le taux de rencontre par transect. Nous avons présenté la distribution de différents taxons dans l'études précédente (2011) et en 2018, en utilisant les mêmes échelles de couleur pour chaque taxon, afin de faciliter la visualisation du changement au fil du temps.

Missions de terrain

Au total, trois missions ont permis de couvrir la grande partie de la réserve durant cette campagne des inventaires (Tableau 2, Figure 4).

Tableau 2: Calendrier et effort des missions de l'inventaire.

Mission	Dates	No jours de terrain	Transects
1 : Zone centrale	1-15 décembre 2017	15	50
2 : Est du réserve	17 février - 13 mars 2018	17	59
3 : Ouest du réserve	24 juillet au 12 août 2018	15	51

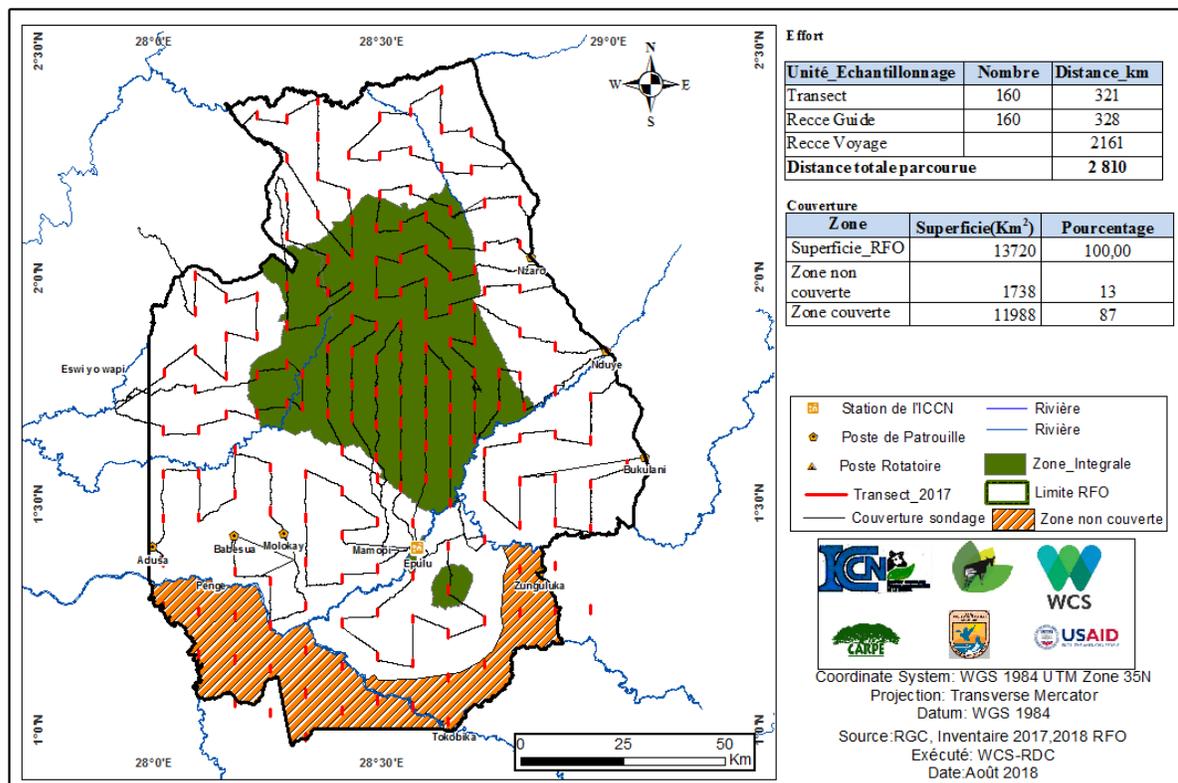


Figure 4: Couverture et effort du sondage de 2017-2018.

Résultats

Les trois sondages ont fait au total 47 jours de terrain ; les cinq équipes ont parcouru au total 2810 km dont 321 km sur les transects, 323 km sur le recces guidés et 2166 km sur le recces voyages. Le sondage effectué était sur 160 transects de 183 planifiées, soit 87 % (Tableau 1 ;Tableau 2). En termes de la superficie, les inventaires ont couvert 11.988 km² soit aussi 87 % de la superficie total de la RFO et contre 1732 km² non couverte, soit 13 % qui prend en compte la rive gauche de la rivière Ituri comme en 2010 et l'extrême Sud-Est de la réserve sur la confluence de la rivière Ituri avec le ruisseau Belue (Figure 4). Tous ses efforts ont permis répertorier 103 crottes d'éléphants, 382 nids de chimpanzés, 54 crottes d'okapi et 287 crottes des ongulés, toutes catégories confondues (Tableau 3).

Tableau 3: Effort et nombre de signes des animaux.

Stratum	Effort (km)	Superficie sondée (km ²)	N transects couverts	N crottes d'éléphants	N nids des chimpanzés	N crottes d'okapi	N des (U1U2U3) crottes des ongulés
Zone Intégrale Centrale	119	2991	59	76	165	28	164
Hors de Zone Intégrale Centrale	202	8997	101	27	217	26	123
Total	321	11988	160	103	382	54	287

Taux de rencontre (Indice Kilométrique)

Le taux de rencontre est présenté pour les signes indirects (nids des chimpanzés, crotte d'éléphants, d'okapis et des ongulés, signes d'activités humaines) et vocalisations et/ou observations directe des primates diurnes. Sur les reconnaissances guidées et sur les transects, le taux de rencontre des signes humains était soit le plus élevé, soit le deuxième plus élevé de toutes les catégories (Figure 5 et Figure 6). Parmi les quatre signes supérieurs des deux types d'unités d'échantillonnage (transects et reconnaissances) se trouvaient des signes humains, des excréments d'éléphants, des excréments d'ongulés de taille moyenne et des nids de chimpanzés. Les taux de rencontre de la plupart des autres signes de la faune étaient faibles.

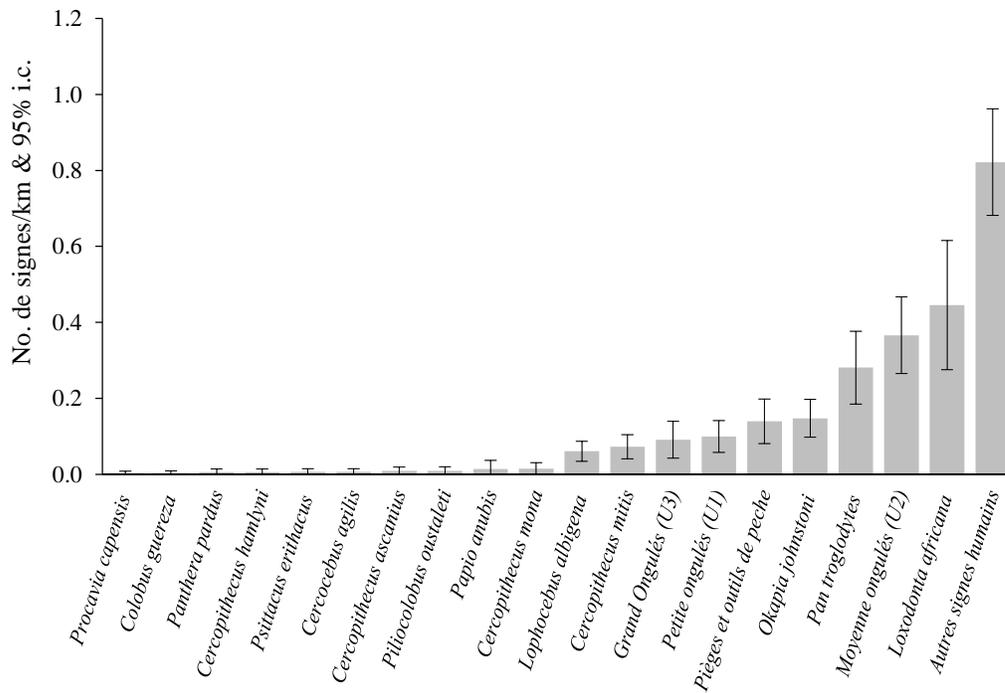


Figure 5: Indices kilométrique de tous les signes sur le recces guidés.
(*Pan troglodytes*= nids ; les ongulés et les éléphants : crottes)

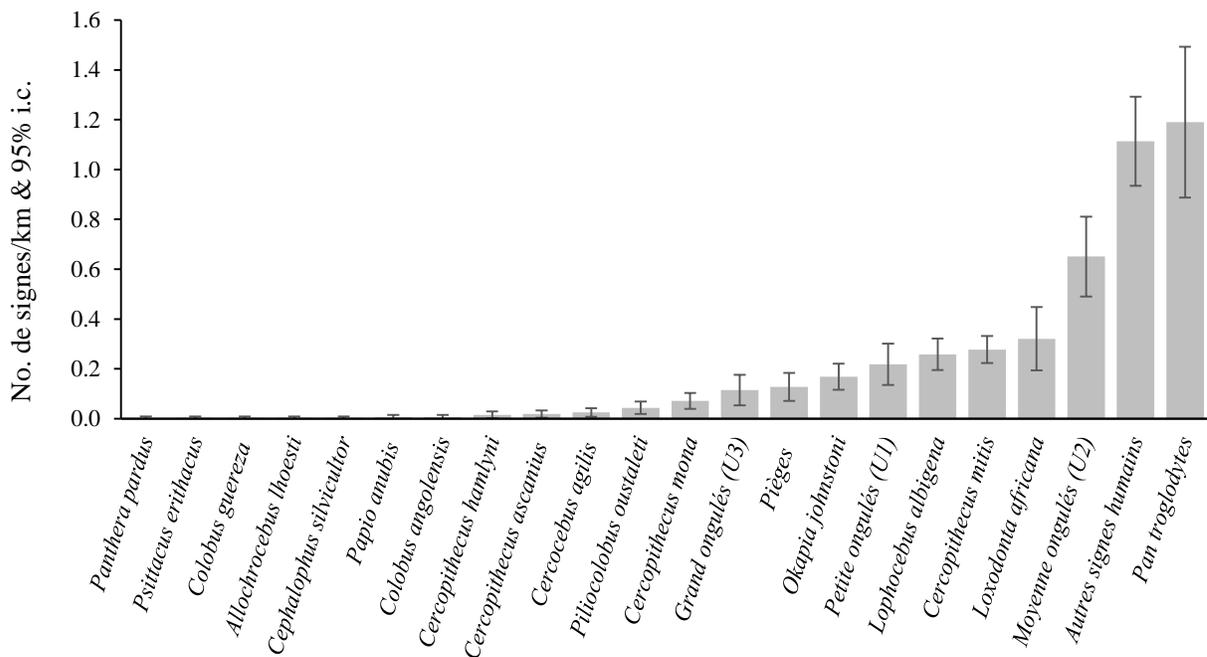


Figure 6: Indices kilométrique de tous les signes sur les transects
(*Pan troglodytes*= nids ; les ongulés et les éléphants : crottes)

Primates

Sur les 13 espèces diurnes de primates présentes dans la RFO, il y eu indice de présence (observation directe et vocalisation) de 12 espèces, dont le chimpanzé et 11 espèces des singes. L'unique espèce de primate diurne absente de la liste est le *Cercopithecus denti*. (Figure 7).

En raison du faible taux de rencontre des singes sur les transects, les différences entre les espèces sont mieux illustrées en utilisant leurs données séparément. Les deux espèces de singe les plus fréquemment enregistrées étaient *Lophocebus albigena* and *Cercopithecus mitis*, dont tous les signes étaient des appels. Ce n'est pas surprenant - les singes s'éloignent de l'activité humaine (y compris des équipes d'enquête) où ils sont chassés, mais les appels de ces espèces sont facilement identifiables et peuvent être entendus à plusieurs centaines de mètres. Seulement neuf observations directes de singes ont été faites, et toutes étaient de colobe rouge *Piliocolobus oustaleti* - une espèce connue pour être moins méfiante à l'égard de l'homme (comme toutes les autres espèces de colobe rouge) que beaucoup d'autres singes (Oates 1996; Struhsaker 2010).

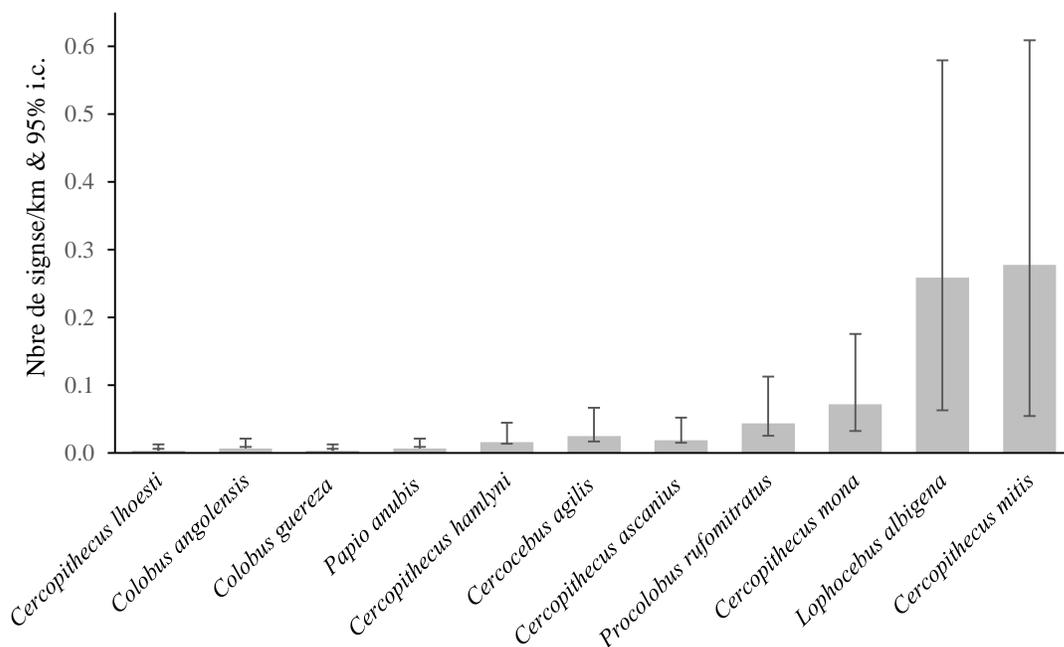


Figure 7: Taux de rencontre d'indices de présence des primates sur les transects.

Densité des animaux

Chimpanzés

La population totale de chimpanzés était estimée à 5019 individus (95% i.c. 3719-6773); la densité globale était de 0,42 animaux / km². La densité moyenne des chimpanzés dans la RFO variait de 0,31 à 0,55 (Tableau 4).

Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre la zone de conservation intégrale centrale et dans le reste de la zone d'étude ($z = 1,260$; $p = 0,1038$).

Tableau 4: Densité* et population des chimpanzés dans la RFO.

« Hors de Zone Intégrale Centrale » comprend toute la zone étudiée sauf « Zone Intégrale Centrale ».

Strate	Densité des individus (95% i.c)	Population (95% i.c)	%CV	Modèle
Zone Intégrale Centrale	0,55 (0,38-0,78)	1643 (1153-2342)	17,94	Uniform Cosine ; Troncature 10%
Hors de Zone Intégrale Centrale	0,39 (0,26-0,58)	3495 (2339-5220)	20,49	
Toute la zone sondée	0,42 (0,31-0,56)	5019 (3719-6773)	15,25	

* Densité d'individus calculé avec le taux de production des nids de 1.09 (SE 0.05) et taux de dégradation des nids de 90 jours.

Eléphants

La population d'éléphants au sein de la RFO est estimée à 590 en 2018 (95% 318-1098), dont un peu moins de 60% dans la zone centrale de conservation (348 individus ; 95% entre 179 et 675), et le reste dans la zone de densité d'éléphant moyenne. Aucune crotte d'éléphant n'a été enregistrée dans la zone à faible densité d'éléphants. Il y avait une différence statistiquement significative entre la zone centrale de conservation et la zone environnante étudiée ($z = 2,3659$; $p = 0,009$) ; les éléphants étaient environ six fois plus denses dans la zone centrale qu'en dehors de la zone centrale (Tableau 5).

Tableau 5: Densité* et population d'éléphants dans la RFO.

« Hors de Zone Intégrale Centrale » comprend toute la zone étudiée sauf « Zone Intégrale Centrale ».

Strate	Densité	Population	%CV	Modèle
Zone Intégrale Centrale	0,12 (0,06-0,23)	348 (179-675)	34,51	Hazard rate Simple Polynomial;
Hors de Zone Intégrale Centrale	0,02 (0,11-0,54)	217 (98-484)	42,3	
Toute la zone sondée	0.05 (0,26-0,09)	590 (318-1098)	32,20	Troncature 15 %

*Densité d'individus calculé avec le taux de production des crottes de 19,77 (SE 0,23) jours ; taux de dégradation des crottes 90 jours.

Okapi

En raison du manque d'unanimité sur le taux de dégradation des crottes d'Okapi et des ongulés dans la RFO à ce jour, et vu qu'un travail pour en faire le suivi n'a pas été fait durant ces inventaires, nous nous limitons à la présentation des densités des signes (crottes) et non celle de la d'individus de ces espèces (Tableau 6).

La densité des crottes d'Okapi dans la zone centrale de conservation était le double de celle trouvée à l'extérieur ; cette différence n'était statistiquement significative qu'au seuil de 1%, bien que légèrement supérieur au seuil de 5% ($z = 1,5473$; $p = 0,0608$).

Tableau 6: Densité des crottes d'okapis dans la RFO.

« Hors de Zone Intégrale Centrale » comprend toute la zone étudiée sauf « Zone Intégrale Centrale ».

Strate	Densité des crottes (95% i.c.)	%CV	Modèle
Zone Intégrale Centrale	64 (36-110)	28,44	Uniform Cosine ; Troncature 10%
Hors de Zone Intégrale Centrale	33 (20-54)	25,37	
Toute la zone sondée	42 (28-65)	21,49	

Ongulés des trois classes U1, U2 et U3 combinées

La densité des crottes des ongulés (les trois classes U1, U2 et U3 combinées) dans la zone centrale de conservation (570 crottes/ km² ; 95% c.i. 388-836) était bien plus du double de celle retrouvée dans le reste de la réserve, une différence statistiquement significative ($z = 2,4260$; $p = 0,0076$); (Tableau 7).

Tableau 7: Densité des crottes des ongulés toutes catégories (petits, moyens et grands ongulés)

Strate	Densité des crottes (95% i.c.)	%CV	Modèle
Zone Intégrale Centrale	570 (388-836)	19,58	Hazard-rate simple poly; Troncature 10%
Hors de Zone Intégrale Centrale	266 (175-404)	21,42	
Toute la zone sondée	350 (261-471)	15,12	

Petits Ongulés (U1)

Bien que la densité des crottes des ongulées de classe U1 dans la zone de conservation intégrale centrale soit environ 40% plus élevée qu'ailleurs, (**Tableau 8**), cette différence n'était pas statistiquement significative ($z=0,9470$; $p = 0,1718$).

Tableau 8: Densité des crottes des petits ongulés (U1)

Strate	Densité des crottes (95% i.c.)	%CV	Modèle
Zone Intégrale Centrale	142 (68-296)	38,39	Hazard-rate ; Troncature 10%
Hors de Zone Intégrale Centrale	85 (48-153)	30,01	
Toute la zone sondée	103 (60-176)	27,54	

Moyens Ongulés (U2)

Cette classe regroupe les céphalophes de taille moyenne, les chevrotains d'eau et les juvéniles des ongulés U3. La densité des crottes était deux fois plus élevée dans la zone de conservation intégrale centrale qu'ailleurs (**Tableau 9**), et cette différence était statistiquement significative ($z = 2,4736$; $p = 0,0067$)

Tableau 9: Densité des crottes des moyens ongulés

Strate	Densité des crottes (95% i.c.)	%CV	Modèle
Zone Intégrale Centrale	345 (239-499)	18,72	Hazard-rate ; Troncature 10%
Hors de Zone Intégrale Centrale	159 (100-254)	24,22	
Toute la zone sondée	208 (146-296)	18,14	

Grands Ongulés (U3)

Pour cette troisième catégorie des ongulés (les grands ongulés), le nombre d'observations n'a pas été suffisant pour une analyse dans le logiciel Distance (31 observations des crottes des grands ongulés sur tous les 160 transects couverts). Le taux de rencontre était autour de 0,1 crotte / km).

Tendances des populations des animaux, 2011 - 2018.

L'analyse des changements apparents par taxon (abondance et distribution) entre 2011-2018 a été effectuée où il y avait suffisamment de données. S'il n'a pas été possible d'estimer la densité, ce qui était le cas pour les observations des petits singes, et pour le plus grand groupe d'ongulés U3, la comparaison a été effectuée à l'aide des taux de rencontre d'animaux ou de leurs signes enregistrés sur les transects.

Densités

Chimpanzés

Entre 2011 et 2019, la densité de chimpanzés dans l'ensemble de la réserve était stable (aucune différence statistiquement significative). La population de chimpanzés était entre environ 3700 et 7000 individus en 2018, et la précision s'est améliorée (Tableau 10). Il en était de même lorsque Vosper *et al.* (2012) ont comparé les densités de chimpanzés de 2007 et 2011 : - pas de changement. Il en était de même de la zone de conservation centrale et de la zone extérieure. Aucune zone ne présentait de changement statistiquement significatif de la densité des chimpanzés entre 2011 et 2018. Nous pouvons en conclure qu'au moins jusqu'en Août 2018, la population de chimpanzés est restée stable depuis 2007 (Tableau 10).

En ce qui concerne la répartition des chimpanzés, il apparaît qu'ils avaient une densité inférieure à l'ouest de la réserve en 2018 par rapport à 2011 et une densité inférieure au sud de la route en 2018 par rapport au passé. Leur fief reste la zone centrale et l'est (**Figure 8**).

Tableau 10: Comparaison de la densité* et de la population estimée des chimpanzés entre 2011 et 2018.

Année	RFO (toute la zone sondée)		Zone Intégrale Centrale		Hors la Zone Intégrale Centrale		Modèle
	Densité (95% i.c.) [%CV]	No. (95% i.c.)	Densité (95% i.c.) [%CV]	No. (95% i.c.)	Densité (95% i.c.) [%CV]	No. (95% i.c.)	
2011	0,45 (0,28-0,72) [24,10]	6056 (3783-9697)	0,39 (0,22-0,72) [29,83]	1165 (639-2124)	0,47 (0,27-0,81) [28,13]	4892 (2829-8455)	Uniform Cosine ; Troncatur 15%
2018	0,42 (0,31-0,56) [15,25]	5019 (3719-6773)	0,55 (0,38-0,78) [17,94]	1643 (1153-2342)	0,39 (0,26-0,58) [20,49]	3495 (2339-5220)	Uniform Cosine ; Troncatur 10%
Z	0,2382		-1,049		0,5178		
P	0,4059		0,1473		0,3023		
	Pas de différence statistiquement significative		Pas de différence statistiquement significative		Pas de différence statistiquement significative		

* Densité d'individus calculé avec le taux de production des nids de 1.09 (SE 0.05) et taux de dégradation des nids de 90 jours.

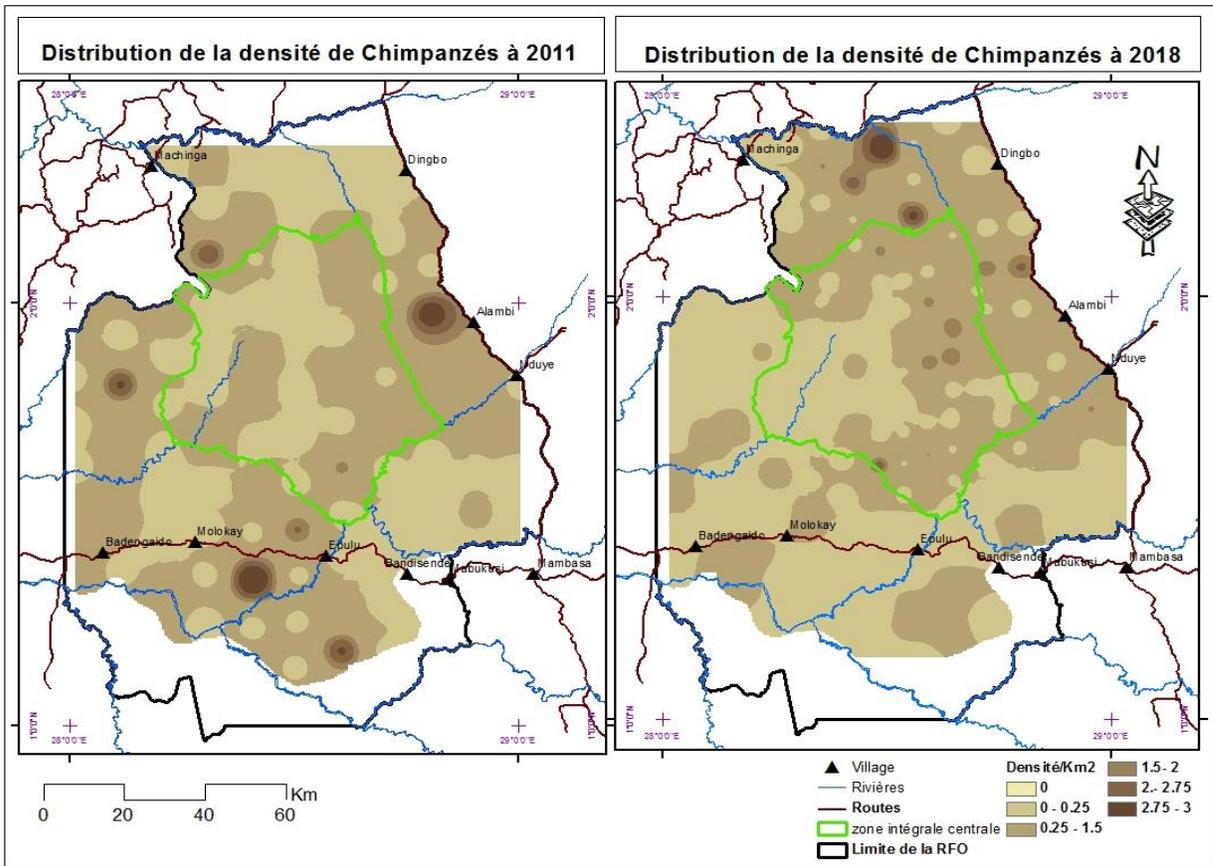


Figure 8: Cartes de distribution de la densité des chimpanzés en 2011 et 2018.

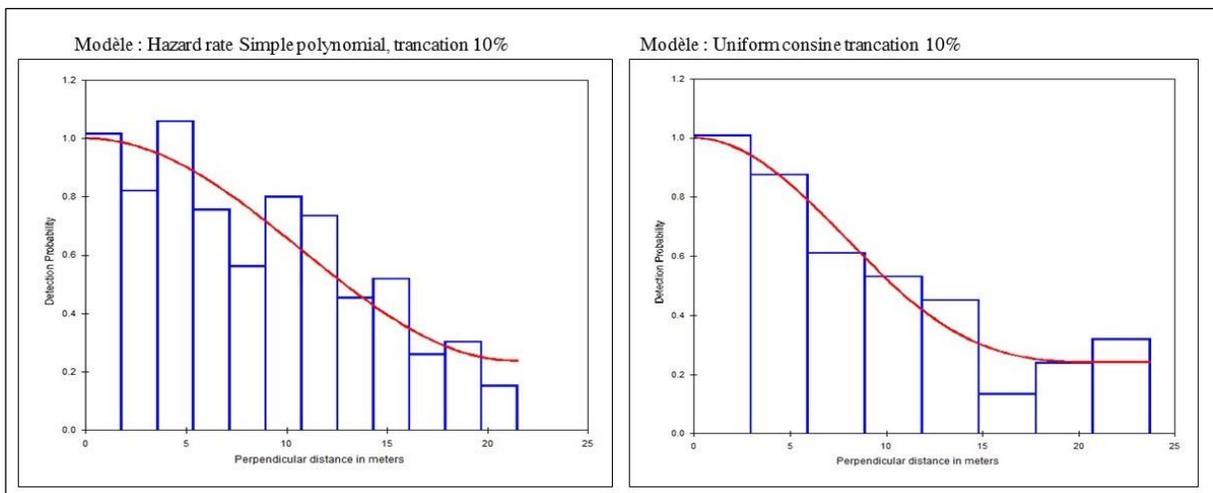


Figure 9: Courbes de détectabilité des nids des chimpanzés sur les transects, 2011 et 2018.

Eléphants

Entre 2011-2018, la densité et la taille de la population ont connues une chute sur l'ensemble de la Réserve. On est passé d'une densité de 0.16 éléphants / km² en 2011 à 0,05 / km² en 2018. La population estimée représente maintenant un peu plus du quart de ce qu'elle était estimée en 2011 plus de 2000 individus, à 566 à 2018 (**Tableau 11**).

La diminution de la densité des éléphants dans la zone non-noyau centrale entre 2011 et 2018 était de l'ordre de 85% et ce déclin était statistiquement significative.

Dans la zone de conservation centrale, bien qu'il y ait eu une densité inférieure en 2018 par rapport à 2011, la différence n'était pas statistiquement significative, ce qui suggère que le noyau de la réserve reste le principal bastion de l'éléphant pour la RFO.

La chute dramatique de la population d'éléphant est perceptible sur la carte de la distribution des résultats de 2011 et 2018 (**Figure 10**). Les éléphants ne restent plus qu'en nombre dans la zone centrale et une partie du sud, près d'Epulu, les deux côtés de la route nationale.

Tableau 11: Comparaison de la densité* et de la population d'éléphants entre 2011 et 2018.

	RFO (toute la zone sondée)		Zone Intégrale Centrale		Hors la Zone Intégrale Centrale		
Année	Densité des éléphants (95% i.c.) [%CV]	Nombre des éléphants (95% i.c.)	Densité des éléphants (95% i.c.) [%CV]	Nombre des éléphants (95% i.c.)	Densité des éléphants (95% i.c.) [%CV]	Nombre des éléphants (95% i.c.)	Modèle
2011	0,16 (0,08-0,31) [33,90]	2165 (1127-4157)	0,20 (0,09-0,44) [39,85]	593 (270-1303)	0,15 (0,07-0,34) [42,3]	1572 (703-3517)	Hazard rate Simple Polynomial; Troncature 10 %
2018	0,05 (0,02-0,09) [32,25]	566 (304-1052)	0,12 (0,06-0,22) [34,51]	348 (179-676)	0,02 (0,11-0,54) [42,3]	217 (98-484)	Hazard rate Simple Polynomial; Troncature 15 %
Z	1.9439		0.8907		2.0309		
P	0.0259		0.1865		0.0211		
	Déclin statistiquement significative		Pas de différence statistiquement significative		Déclin statistiquement significative		

*Densité d'individus calculé avec le taux de production des crottes de 19,77 (SE 0,23) jours ; taux de dégradation des crottes 90 jours.

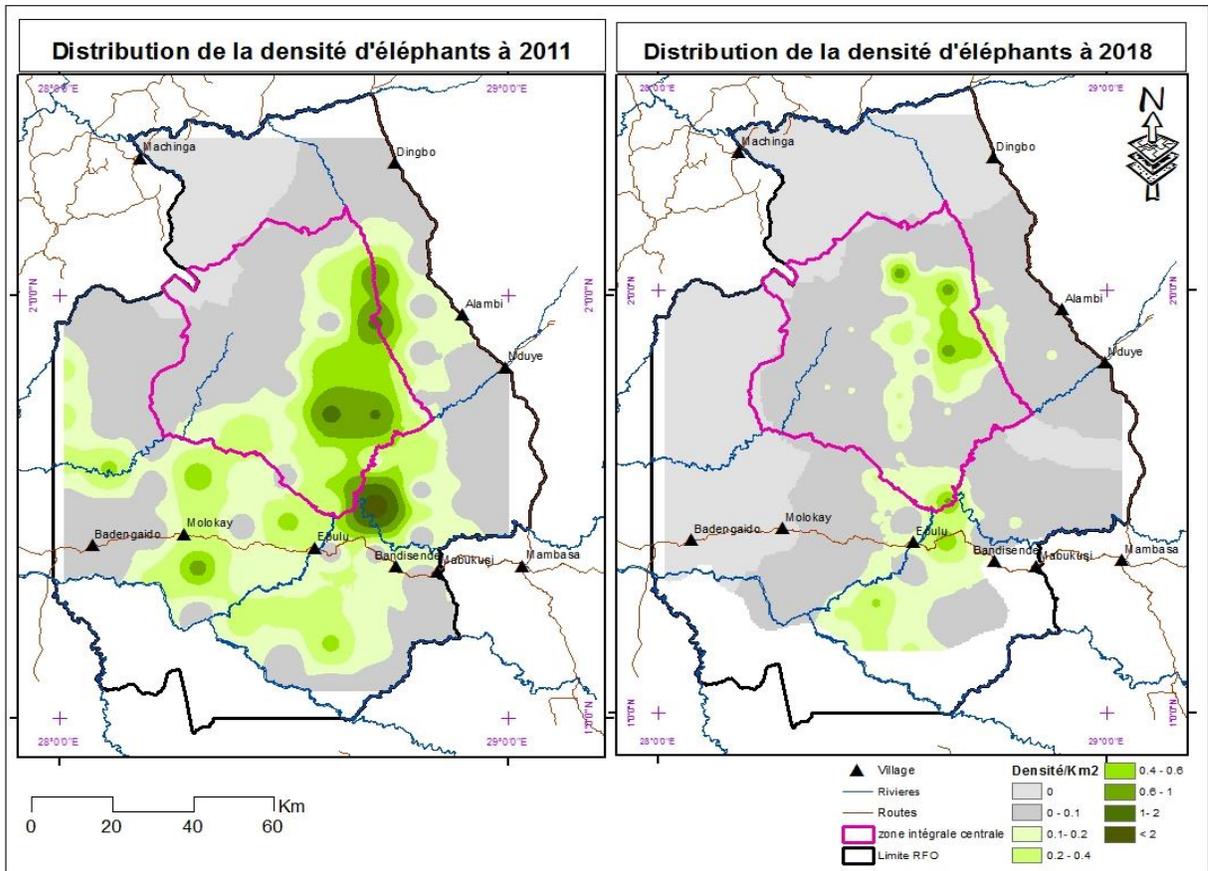


Figure 10: Cartes de distribution de la densité d'éléphants, 2011 et 2018.

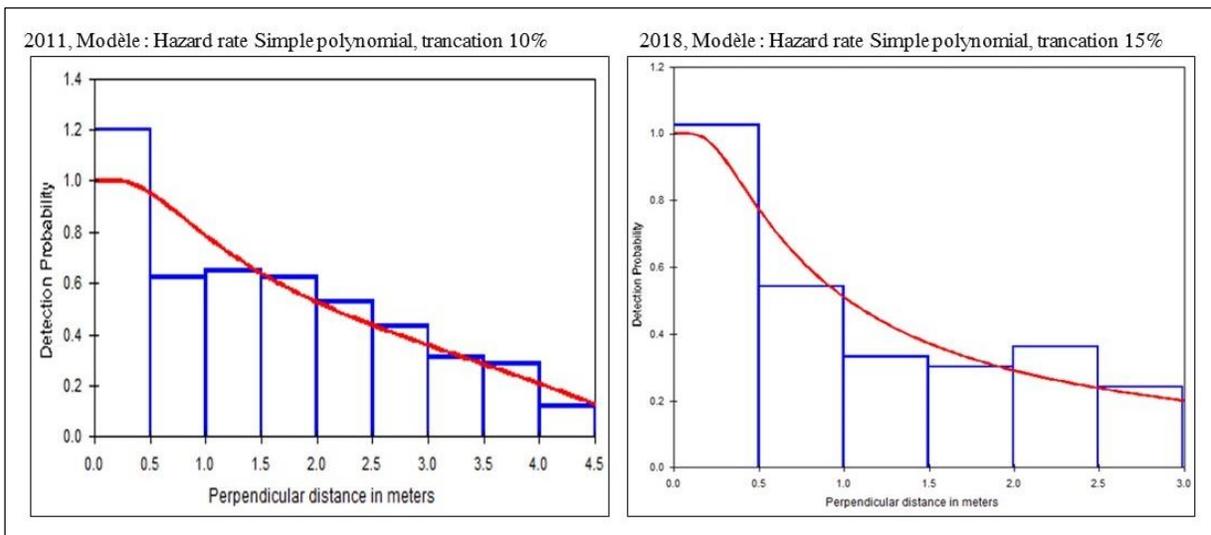


Figure 11: Courbes de détectabilité des crottes des éléphants sur les transects, 2011 et 2018

De 2011 à 2018, la densité des crottes d'okapi a diminué de plus des deux tiers, une baisse statistiquement significative. Le même déclin était évident dans la zone centrale et dans le reste de la réserve ; statistiquement significatif dans le dernier cas. Dans la zone centrale, le déclin n'était pas significatif au niveau de 5%, mais il était significatif au niveau de 10% ($Z = 1,5449$; $P = 0,0612$) (Tableau 12). On constate également un déclin de la superficie occupée par l'okapi : ils se trouvent maintenant principalement dans le sud de la zone principale et au sud de celle-ci; alors qu'en 2011, leur répartition couvrait presque tout le noyau, la majeure partie de l'est, et une petite partie de l'est, au nord de la route (Figure 12).

Tableau 12: Comparaison de la densité des crottes d'okapi entre 2011 et 2018.

	RFO (toute la zone sondée) (95% i.c.) [%CV]	Densité des crottes Zone Intégrale Centrale (95% i.c.) [%CV]	Hors la Zone Intégrale Centrale (95% i.c.) [%CV]	Modèle
2011	142 (72-279) [34,92]	196 (86-447) [42,96]	126 (63-254) [36,23]	Hazard-rate ; Troncature 15%
2018	42 (28-65) [21,49]	64 (36-110) [28,44]	33 (20-54) [25,37]	Uniform Cosine ; Troncature 10%
Z	2,0262	1,5449	2,0038	
P	0,0214	0,0612	0,0225	
	Déclin statistiquement significative	Pas de différence statistiquement significative mais proche de 0.05	Déclin statistiquement significative	

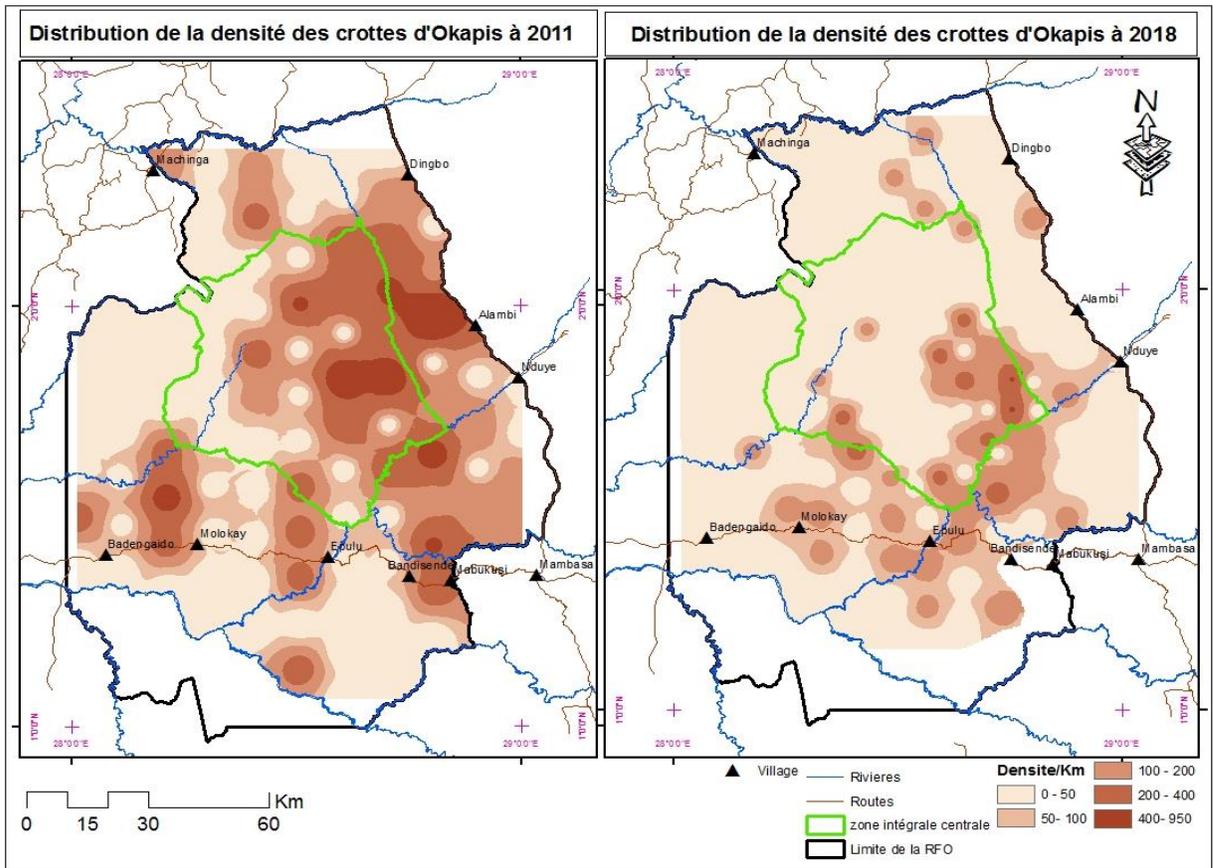


Figure 12: Cartes de distribution de la densité des crottes d'Okapi, 2011 et 2018.

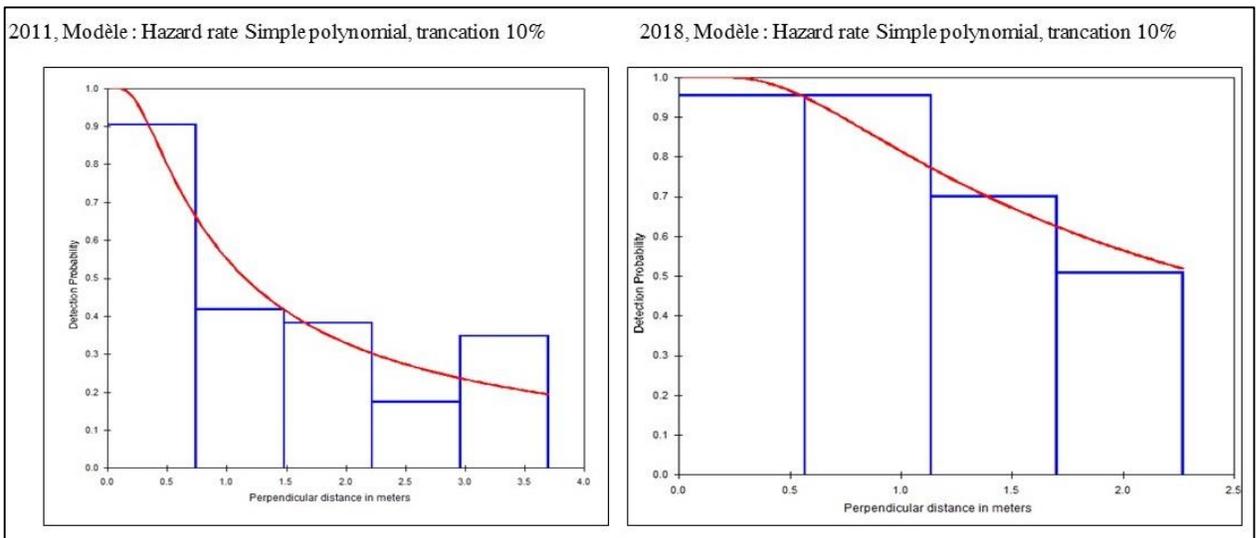


Figure 13: Courbes de détectabilité des crottes des okapis sur les transects, 2011 et 2018.

Lorsque l'ensemble des trois classes d'ongulés produisant des crottes en petite boules (U1, U2 et U3) est pris en compte, on observe un déclin statistiquement significatif d'environ 60% dans la RFO (Tableau 13). Le même déclin (environ 60%) a été observé à la fois dans la zone centrale de conservation et dans les terres environnantes. La répartition a diminuée : de plus en plus de terres dans l'ouest de la réserve ont une densité très faible, tout comme certaines parties du sud (y compris au sud d'Epulu et de Bandisende : Figure 14).

Tableau 13: Comparaison de la densité des crottes d'ongulés U1U2U3 entre 2011 et 2018.

	Densité des crottes			
	RFO (toute la zone sondée) (95% i.c.) [%CV]	Zone Intégrale Centrale (95% i.c.) [%CV]	Hors la Zone Intégrale Centrale (95% i.c.) [%CV]	Modèle
2011	827 (557-1231) [20,63]	1392 (821-2363) [26,37]	665 (425-1042) [23,05]	Hazard-rate Cosine ; Troncature 15%
2018	350 (261-471) [15,12]	570 (388-836) [19,58]	266 (175-404) [21,42]	Hazard-rate simple polynomial; Troncature 10%
Z	2,6703	2,1425	2,4399	
P	0,0036	0,0161	0,0073	
	Déclin statistiquement significative	Déclin statistiquement significative	Déclin statistiquement significative	

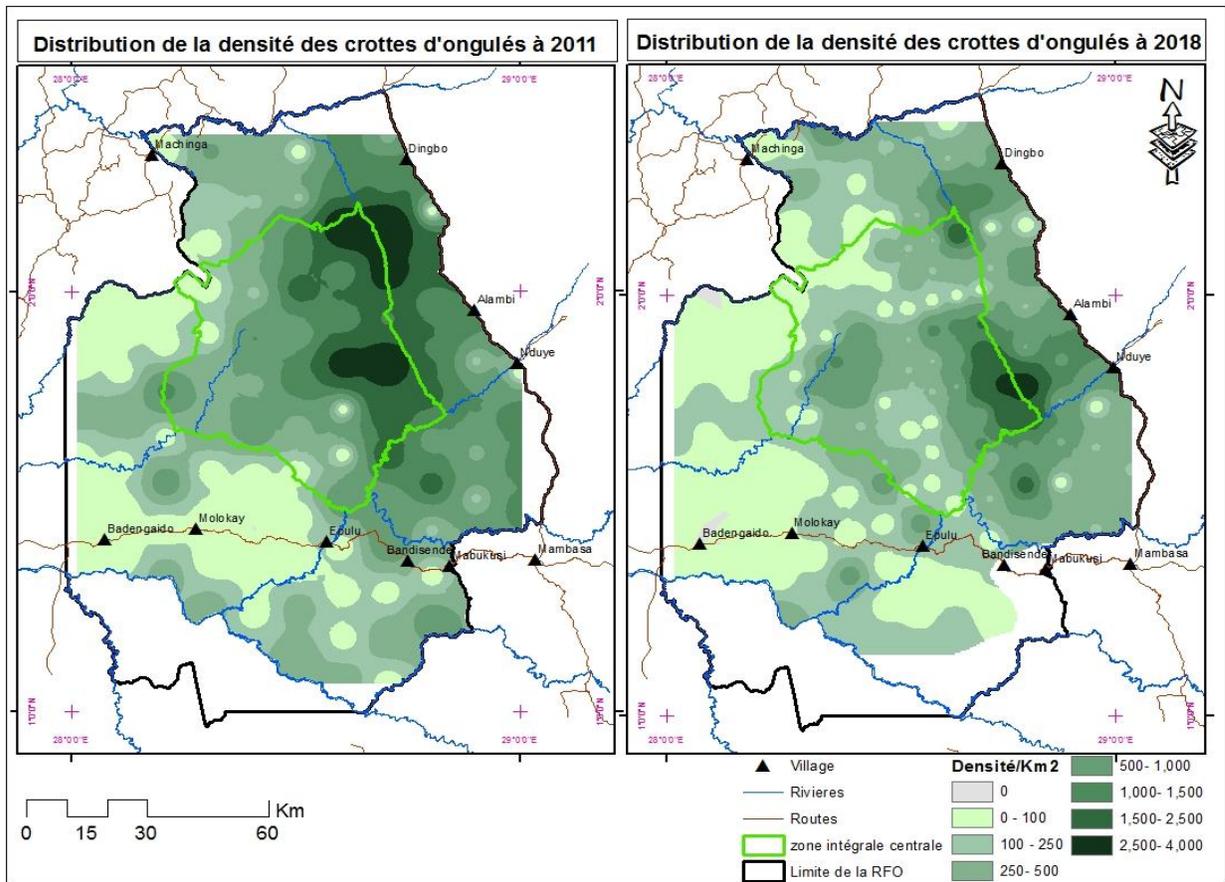


Figure 14: Cartes de distribution de la densité des crottes d'ongulés sur les transects, 2011 et 2018.

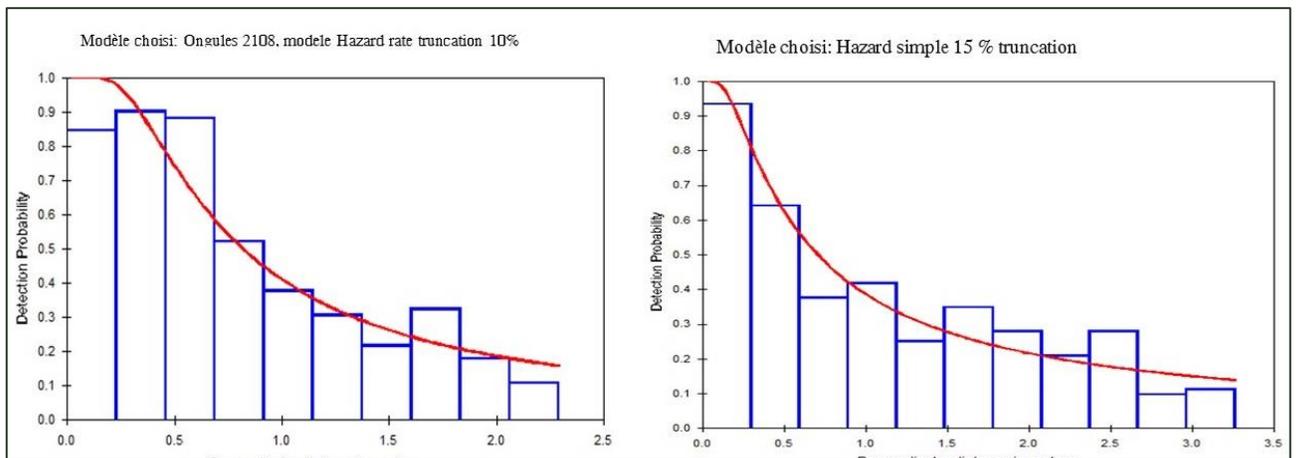


Figure 15: Courbes de détectabilité des crottes des d'ongulés U1U2U3 sur les transects, 2011 et 2018.

Petites ongules

La densité des crottes des petits ongulés a diminué de plus de 75% dans l'ensemble de la Réserve 2011-2018 (tableau), ainsi que dans la zone principale et dans les zones environnantes ; ce déclin était statistiquement significatif. (Tableau 14).

La répartition de ces taxons a été sensiblement réduite, avec des densités plus faibles vers l'ouest et le sud en 2018 par rapport à 2011 (Figure 16).

Tableau 14: Comparaison de la densité des crottes des petits ongulés (U1) entre 2011 et 2018.

	Densité de crottes dans tout le site (95% i.c.) [%CV]	Densité de crottes dans la zone intégrale centrale (95% i.c.) [%CV]	Densité des crottes hors la zone intégrale centrale (95% i.c.) [%CV]	Modèle
2011	427 (236-770) [30,62]	594 (308-1146) [33,96]	378 (198-721) [33,61]	Hazard-rate cosine; Troncature 15%
2018	100 (58-170) [27,52]	142 (68-295) [38,42]	85 (48-153) [30,02]	Hazard-rate simple polynomial; Troncature 10%
Z	2,4474	2,1630	2,2611	
P	0,0072	0,0153	0,0119	
	Déclin statistiquement significative	Déclin statistiquement significative	Déclin statistiquement significative	

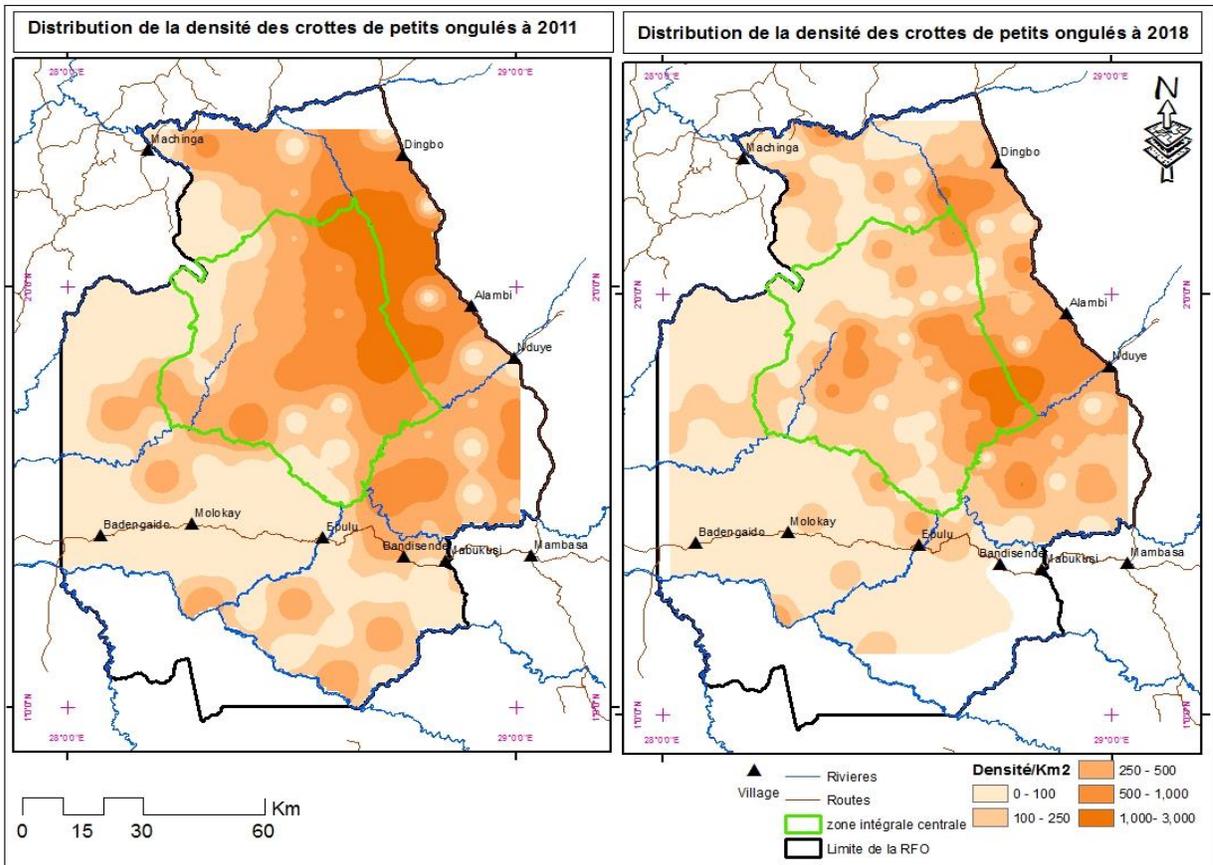


Figure 16: Cartes de distribution de la densité des crottes des petits ongulés sur les transects, 2011 et 2018.

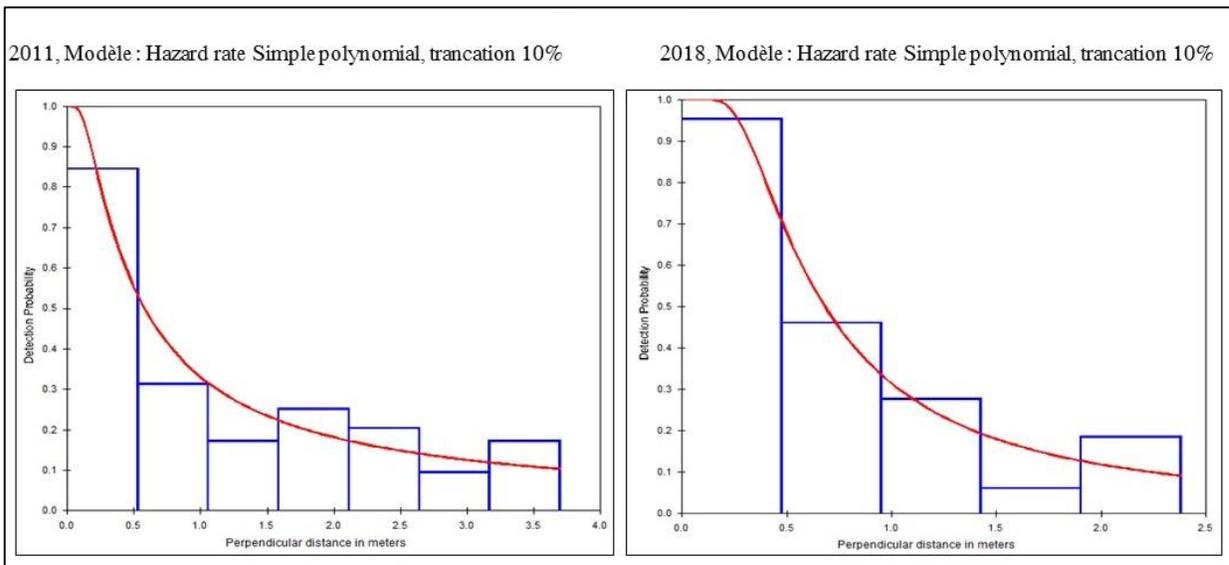


Figure 17: Courbes de détectabilité des crottes des petites ongulés sur les transects, 2011 et 2018.

Aucun changement statistiquement significatif n'a été observé dans la densité des crottes des onglés de taille moyenne entre 2011 et 2018, que ce soit dans la réserve dans son ensemble ou lorsque les strates ont été considérées séparément. Cependant, la densité des crottes était à peu près double au sein de la zone centrale par rapport à l'extérieur, et ces différences étaient statistiquement significatives pour 2011 ($z = 2.1298$; $p = 0,0166$) et pour 2018 ($z = 2.4736$; $p = 0,0067$) (Tableau 15). L'évolution de la répartition globale 2011-2018 est similaire à celle de nombreux autres taxons : des densités plus faibles dans l'ouest de la réserve au cours de la période de sept ans (Figure 18).

Tableau 15: Comparaison entre les densités des crottes de moyens onglés entre 2011 et 2018.

	Densité de crottes dans tout le site (95% i.c.) [%CV]	Densité de crottes dans la zone intégrale centrale (95% i.c.) [%CV]	Densité des crottes hors la zone intégrale centrale (95% i.c.) [%CV]	Model
2011	203 (146-296) [18,00]	380 (225-640) [25,79]	158 (102-246) [22,47]	Hazard simple Cosine 15% troncature
2018	205 (145-291) [17,78]	345 (239-498) [18,74]	159 (99-255) [24,23]	Hazard rate simple polynomial - Troncature 10%
Z	-0,0951	0,2982	-0,0191	
P	0,4261	0,3828	0,4924	
	Pas de différence statistiquement significative	Pas de différence statistiquement significative	Pas de différence statistiquement significative	

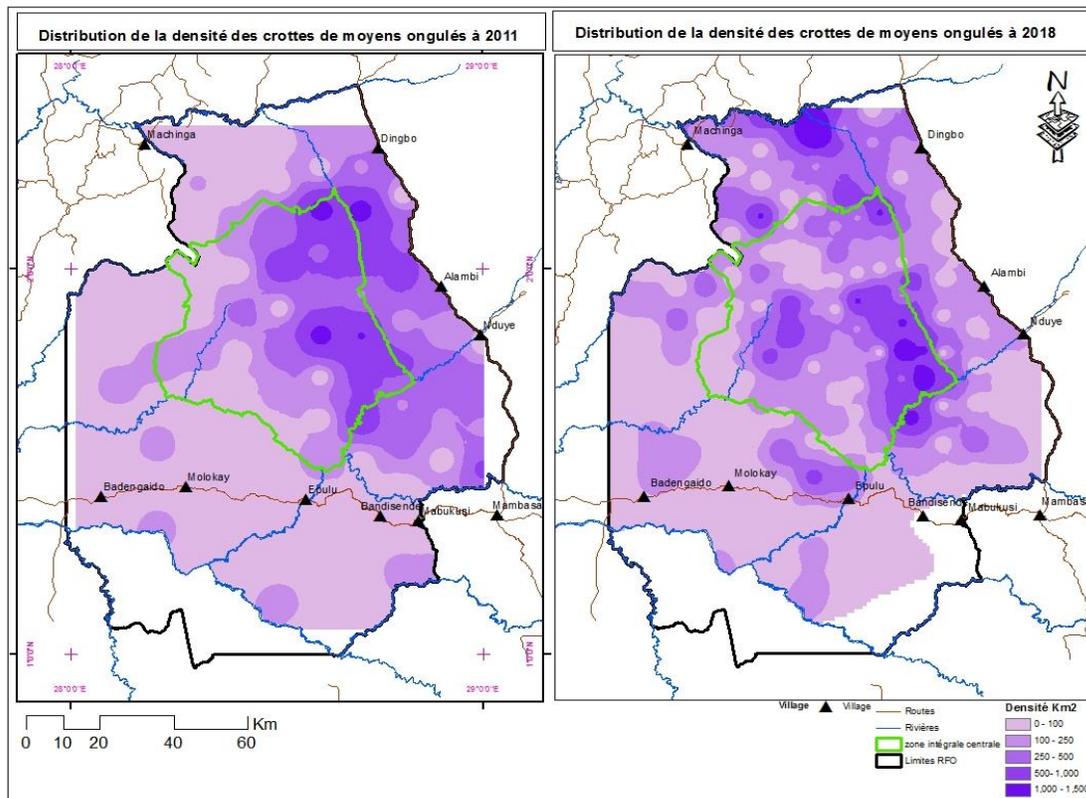


Figure 18: Cartes de distribution de la densité des crottes des moyens ongulés sur les transects, 2011 et 2018.

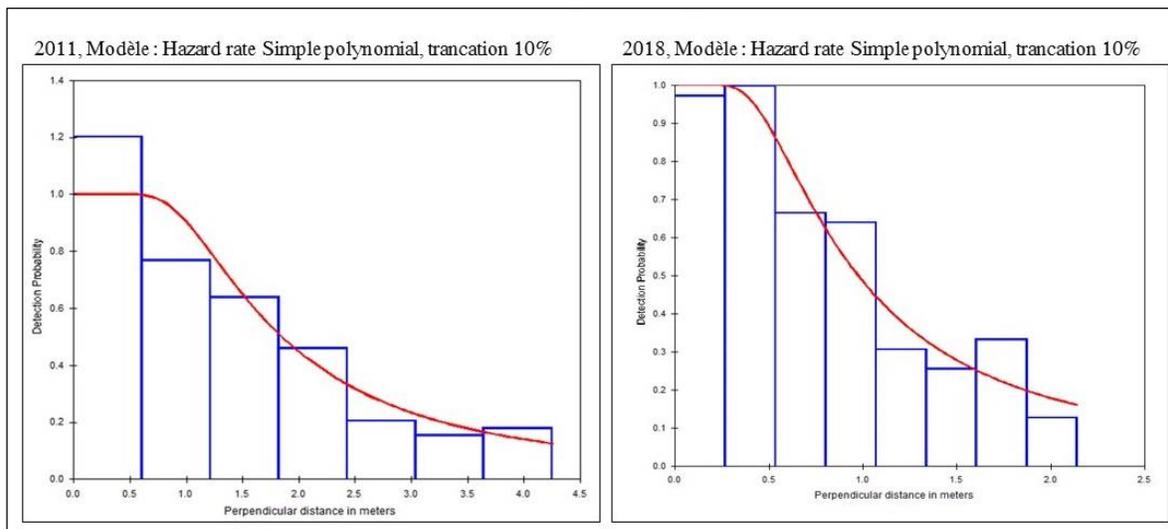


Figure 19: Courbes de détectabilité des crottes d'ongulés moyens sur les transects, 2011 et 2018.

Taux de rencontre.

Une simple visualisation des taux de rencontre pour les différents signes sur les recces et les transects (Figure 20, Figure 21) accusent une tendance à des taux de rencontre plus faibles pour la plupart des espèces entre 2011 et 2018 particulièrement pour les petits ongulés, les primates, l'okapi et les éléphants, à l'exception des deux espèces de singe les plus communément enregistrées (*Lophocebus albigena* et *Cercopithecus mitis*).

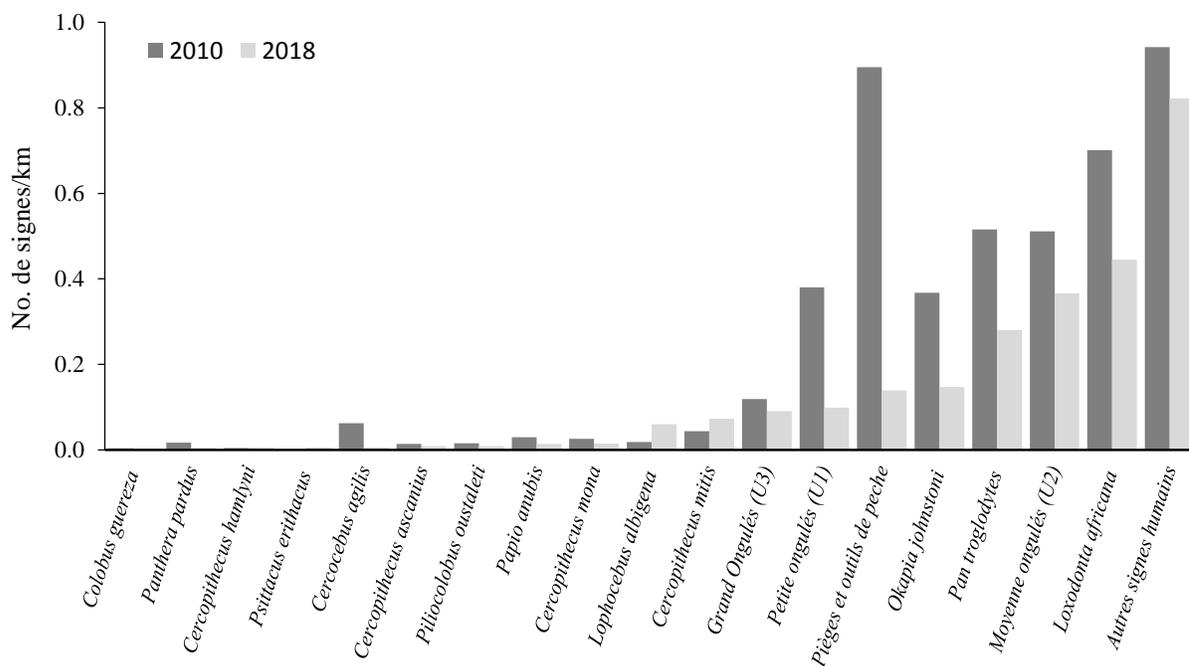


Figure 20: Comparaison des taux de rencontre sur les recces guidés durant les deux périodes 2011 et 2018

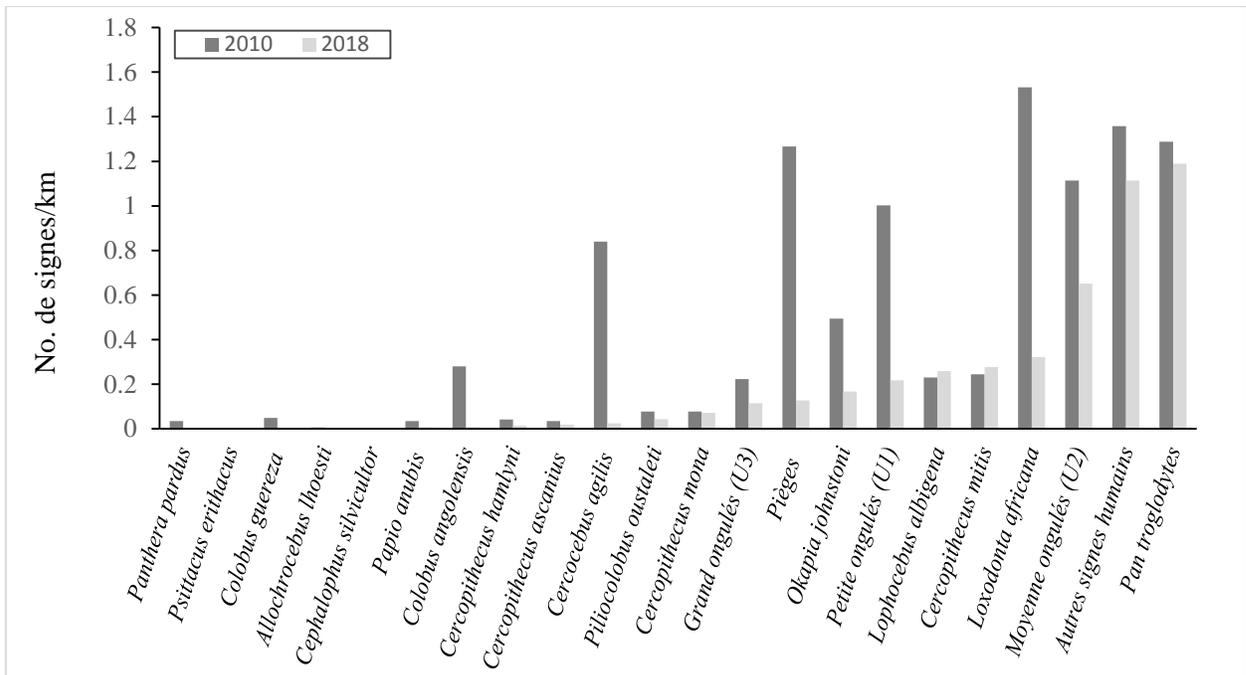


Figure 21: Comparaison des taux de rencontre sur les transects durant les deux périodes 2011 et 2018

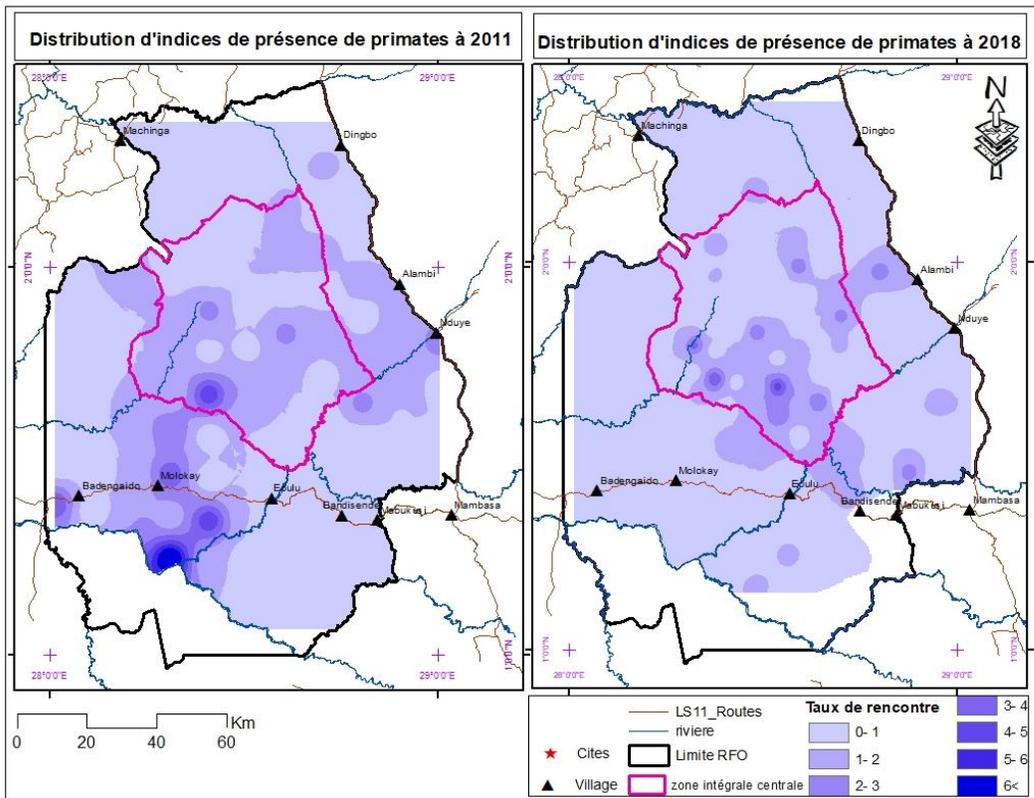


Figure 22: Cartes de distribution des taux de rencontre des singes sur les transects, 2011 et 2018.

Petits singes

Lorsque nous comparons le taux de rencontre de singes diurnes sur les transects de 2011 et 2018, il n'y avait pas de différence statistiquement significative ($t = -1,8275$; $P = 0,0688$), au niveau de 5%, mais il était significatif au niveau de 10%.

La zone utilisée le plus intensément par les singes a fortement diminué entre 2011 et 2018, le sud de la zone principale hébergeant désormais la plupart des animaux restants (Figure 22).

Grands ongulés (U3)

Il y avait trop peu des crottes en 2018 (seulement 29 ; un taux de rencontre de 0,1 crotte / km) pour pouvoir estimer la densité des crottes des grands ongulés (U3). En 2011, le taux de rencontre était de 0,19 crottes/ km ; l'abondance a donc diminué de moitié 2011-2018, : - une baisse statistiquement significative ($t = 1,9913$; $P = 0,0238$).

Potamochères

Comme pour la classe U3, il y avait trop peu de tas d'excréments en 2018 pour estimer la densité des crottes. Cependant, le taux de rencontre était de 0,06 (95% c.l.). Il y a eu une baisse statistiquement significative du taux de rencontre des crottes de cette espèce entre 2011-2018 ($t = 2,73794$; $P = 0,0033$).

Signes humains

Les signes humains avaient tendance à être moins fréquents en 2018 qu'en 2011 (Figure 20, Figure 21). Néanmoins, il n'y avait pas de changement significatif pour les taux de rencontre des signes humains (tous les signes confondus) entre 2011 et 2018 ($t = 0,9453$; $P = 0,3454$) ; mais lorsque nous comparons les pièges seuls, il y a eu un net déclin ($t = 9,9132$; $P < 0,00001$).

Si on met en comparaison la distribution des quelques signes saillants d'activités humains ayant une forte incidence sur l'intégrité de la Réserve (Figure 23), on trouve une forte augmentation par rapport aux derniers inventaires de 2011 d'activités minières (surtout une forte concentration à l'ouest, et sud-ouest). De nombreux autres signes de chasse sont associés à ces sites miniers : douilles de cartouches, camps de chasse. La zone centrale de conservation semble être moins sous pression en 2018 qu'en 2011 ; au moins (malgré l'enquête plus intensive menée en 2018), moins de signes de chasse y ont été trouvés en 2018. Ceci est mis en évidence par l'interpolation des taux de rencontre du signe humain (Figure 24) ; la zone centrale est clairement soumise à la pression humaine la plus faible en 2018. Lors des enquêtes précédentes de 2011, la zone de moindre pression humaine était plus centrée sur Epulu et la zone située au sud-est d'Epulu.

En 2011, cinq carcasses d'éléphants ont été enregistrées lors du sondage (Figure 23). En 2018 on a enregistré un okapi récemment braconné (piège en fil métallique), et deux carcasses d'éléphant ; un tué assez récemment et une autre très ancienne. Au cours des deux périodes il y avait aussi une petite poignée de carcasses de singes, de rongeurs et / ou d'ongulés moyens.

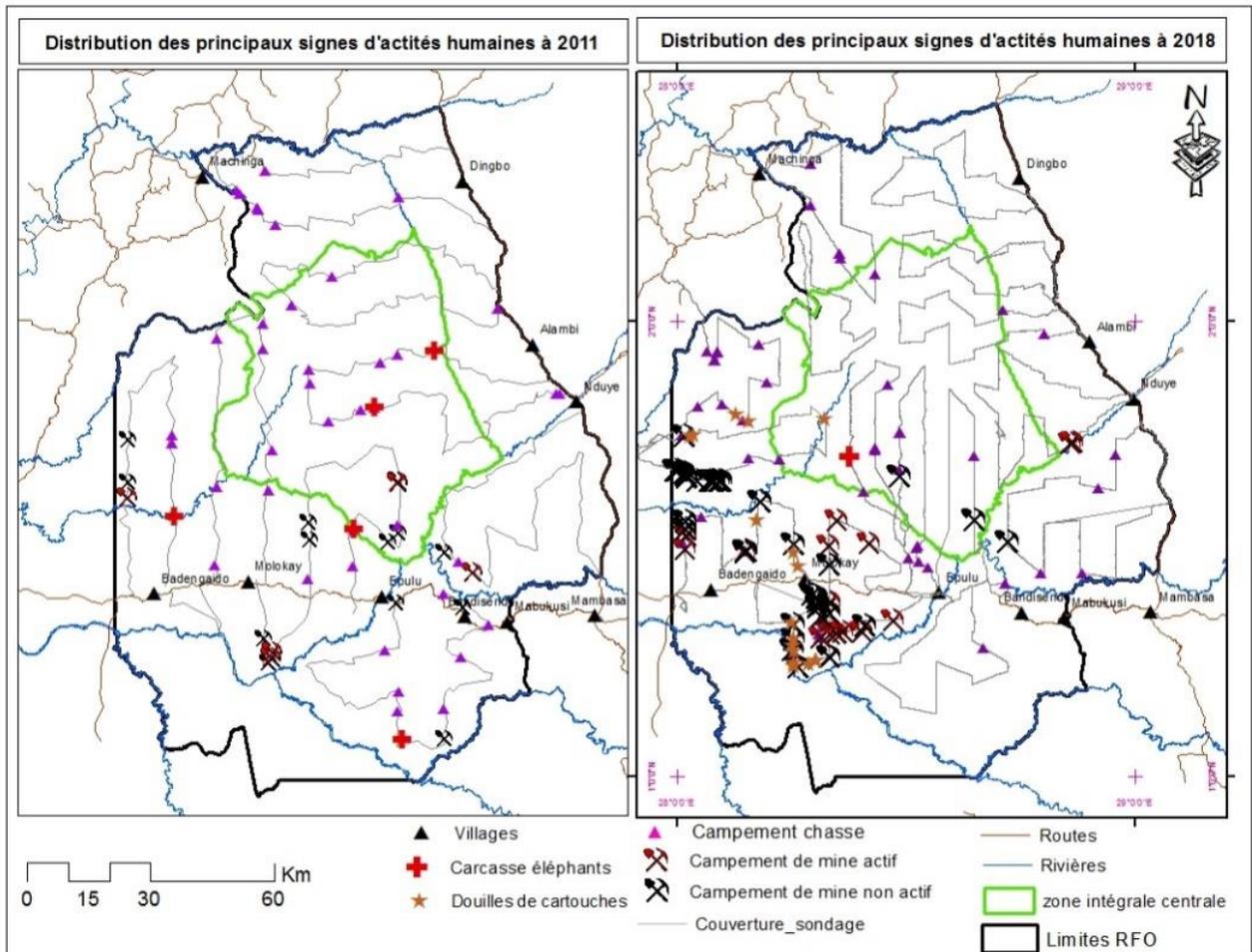


Figure 23: Cartes de distribution des indices des activités illégales, 2011 et 2018.

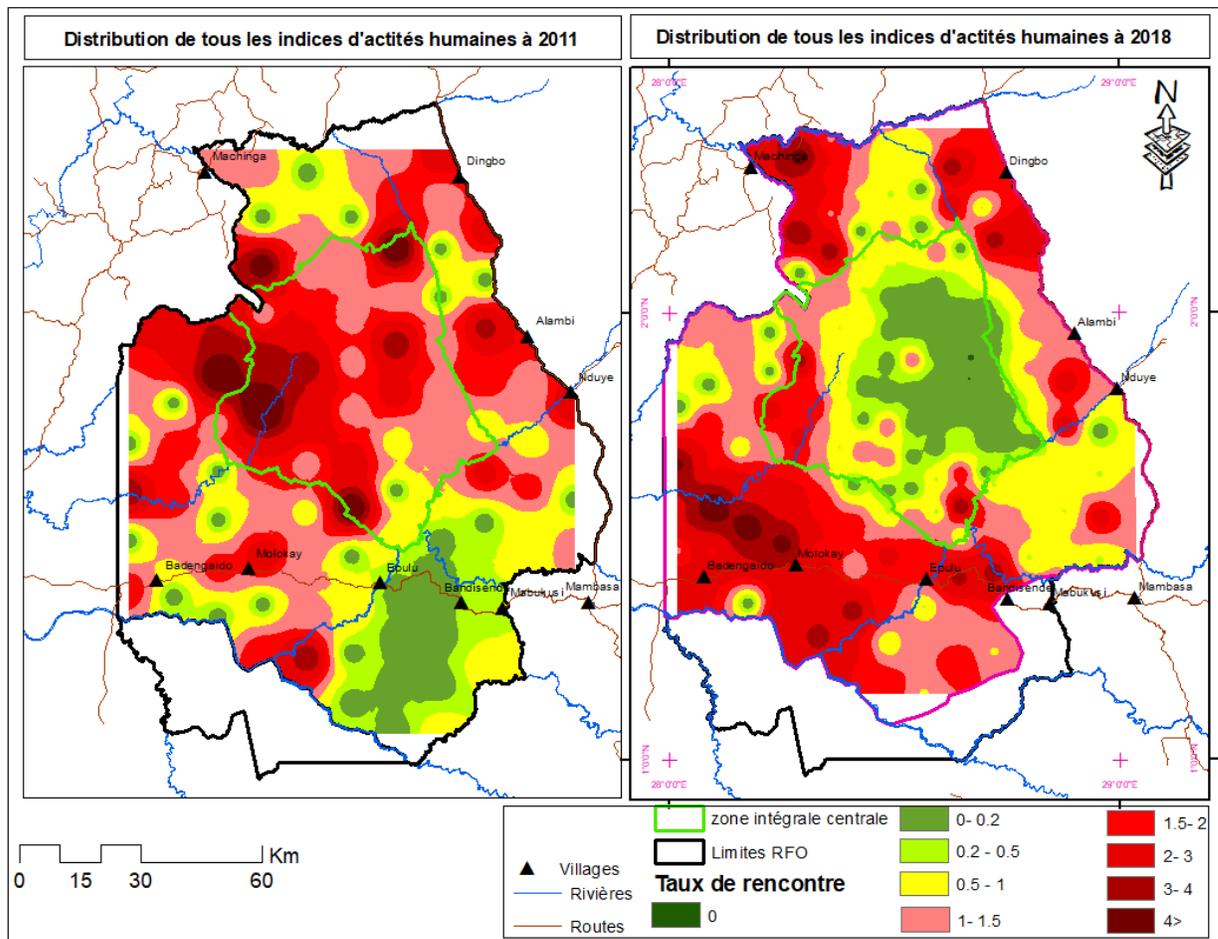


Figure 24: Cartes de distribution des indices de présence humaine, 2011 et 2018.

Discussion

Changements 2011-2018 dans la RFO

Quand on considère la RFO dans son ensemble, nous avons pu comparer les densités des crottes/nids ou, si elles n'étaient pas disponibles, les taux de rencontre des signes entre 2011 et 2018 pour les éléphants, les chimpanzés, les okapis, les potamochères, les trois classes des ongulés producteurs de crottes en petits boules (U1, U2, U3) et les petits singes (Tableau 16). Dans la plupart des cas, il y a eu un déclin statistiquement significatif pour les éléphants, okapis, ongulés lorsque toutes les classes U1, U2 et U3 ont été regroupées, ainsi que la petite classe des ongulés U1 et la classe des grands ongulés U3. On a également observé une tendance de la diminution pour les singes, qui n'était significative qu'au niveau de 10 %. Cependant, en même temps, bien que les signes humains autres que les pièges soient demeurés plus ou moins au même niveau, le taux de rencontre des pièges a diminué.

Tableau 16: Sommaire des métriques des animaux et signes humains entre 2011 et 2018, RFO, tous strates ensemble.

	2011 : densité des signes	2018 : densité des signes	Test Z	P	Résultat
Nids de chimpanzé	43	39	0.2382	0.4059	Pas de changement
Eléphant (crottes)	237	84	1.9439	0.0259	Déclin significatif
Okapi (crottes)	142	42	2.0262	0.0214	Déclin significatif
U1U2U3 (crottes)	827	350	2.6703	0.0036	Déclin significatif
U1 (crottes)	427	100	2.4474	0.0072	Déclin significatif
U2 (crottes)	203	205	-0.0951	0.4261	Pas de changement
	2011 : taux de rencontre	2018 : taux de rencontre	Test t	P	
U3 (crottes)	0.19	0.10	1.9913	0.0238	Déclin significatif
Potamochère		0.06	2.7379	0.0033	Déclin significatif
Petits singes	0.97	0.73	-1.8275	0.0688	Déclin significatif, mais seulement au niveau de 10%
Autres signes humains	1.34	1.11	0.9453	0.3454	Pas de changement
Pièges	1.27	0.13	9.9132	0.00001	Déclin significatif

Efficacité de la zone centrale de conservation intégrale centrale

L'analyse des données a considéré les populations par zone afin d'évaluer l'efficacité de la zone de conservation intégrale dans la préservation de la faune.

Pour les *chimpanzés*, il n'y a pas eu une différence de densité entre la zone centrale de conservation et le reste de la RFO en 2018 (tableau 4), ni de tendance significative d'une année à l'autre (tableau 10).

Cependant, les *éléphants* étaient six fois plus denses dans la zone centrale qu'à l'extérieur de celle-ci en 2018 (Tableau 5). Les éléphants étaient moins denses dans la zone centrale en 2018 qu'en 2011, mais ce n'était pas une différence statistiquement significative. Cependant, la densité à l'extérieur du noyau du Reserve a diminué par 80 % en 2011-2018 (Tableau 11).

Les crottes de l'*okapi*, l'animal qui a donné son nom à l'RFO, étaient deux fois plus denses dans le noyau central que dans le reste de la RFO, et cette différence était significative au niveau des 10% (Tableau 6). Entre 2011 et 2018, la densité des crottes a diminué par deux tiers dans la RFO, mais cette réduction était moins grave dans le noyau central, statistiquement significative au niveau de 10 % mais pas au niveau de 5 % ; hors de ce noyau, la densité a diminué au niveau statistiquement significatif de 5 % (Tableau 12).

Les *ongulés* qui produisent les crottes en petites boules (U1U2U3) étaient deux fois plus denses dans le noyau que dans les autres éléments en 2018 (tableau 7) ; il y a eu un déclin constant d'environ 60 % dans l'ensemble, ce qui ne diffère pas entre le noyau et les autres éléments en 2011-2018 (tableau 13)

Les crottes de la plus *petite classe d'ongulés* (U1) étaient 40 % plus dense dans le noyau, mais cette différence n'était pas statistiquement significative (tableau 8) ; il y a eu une baisse de 75 % de la densité globale d'excréments, ainsi que dans le noyau et dans les autres classes 2011-2018 (Tableau 14)

Les crottes des *ongulés de taille moyenne* (U2) étaient environ deux fois plus denses dans le noyau que dans le reste de la RFO en 2018 (tableau 9). Il est intéressant de noter qu'il n'y a eu aucun changement entre 2011 et 2018, ni dans l'ensemble ni par strate (Tableau 15).

Nous examinons ensuite en plus de détail les deux espèces "phares" qui sont en déclin : les éléphants et les okapis, et de la pression humaine.

Eléphants

En 1995, il y avait environ 6500 éléphants dans la RFO ; cette population était tombée à environ 3 000 en 2007, puis à environ 2 000 animaux en 2011 (Beyers et al. 2011; Vosper et al. 2012). L'enquête la plus récente de 2018 (cette étude) montre qu'il n'en reste qu'environ 500, la plupart d'entre eux maintenant dans la zone centrale de la réserve. Cela représente une baisse de plus de 90% en un peu plus de 20 ans (**Tableau 17**).

Tableau 17: La population des éléphants de forêt au sein de la RFO, 1995-2018.

Année	Densité de crottes /km ²)	Densité d'animaux /km ²)	Estimation de la population dans la RFO			Déclin depuis 1995
	Moyenne	Moyenne	Moyenne	i.c. 95% inférieur	i.c. 95% supérieur	% Moyenne
1995 ^a	409	0,47	6439	4455	9336	
2006 ^a	213	0,24	3288	1883	5712	- 49%
2011 ^b	237	0,16	2165	1127	4157	- 66%
2018 ^b	84	0,05	566	304	1052	- 91%

à : (Beyers et al. 2011) ; b : cette analyse.

Okapis

La distribution d'Okapis couvrait une grande partie de la RFO en 2007 et 2011, y compris dans l'ouest. Leur répartition a diminué et il semble maintenant que la plupart des animaux se trouvent au centre et au sud de la réserve. Les changements dans la densité de leurs crottes sont plus difficiles à interpréter - bien qu'il y ait clairement une densité des crottes beaucoup plus faible en 2018 qu'en 2011, les estimations pour 1995 et 2006 varient. Peu des crottes ont été enregistrés en 2006 et 2018 (respectivement 37 et 54) (Tableau 18) et l'exactitude risque donc d'être pas très fiable pour ces années, mais il y a certainement eu une baisse de l'abondance de l'okapi et une réduction dans les zones où ils sont trouvés.

Tableau 18: La densité des crottes d'okapi au sein de la RFO, 1995-2018.

Année	N crottes	Densité de crottes /km ² (95% i.c.)	% CV	Changement depuis 1995
1995 ^a	91	106 (74-152)	18.73	
2006 ^b	37	89 (46- 171)	34.17	- 16%
2011 ^b	72	142 (72-279)	34.92	+34%
2018 ^c	54	42 (28-65)	21.49	-60%

a : (Beyers 2008) ; b : (Vosper et al. 2012); c : cette analyse.

Pression humaine

La légère réduction (non significative) des signes humains entre 2011 et 2018, ainsi que la réduction significative du nombre des pièges au cours de la même période pourraient être dues à la diminution de la "disponibilité" d'animaux sauvages pour chasser et / ou à l'efficacité accrue de la stratégie d'anti-braconnage menée par la direction. Après la réduction d'une population d'animaux, il leur faudra plusieurs années pour reconstituer leur nombre. Les animaux ayant un taux de reproduction plus faible (éléphants, autres grands mammifères) mettront beaucoup plus de temps à se remettre de la pression de la chasse que les animaux qui se reproduisent plus rapidement (rongeurs et autres petits herbivores) - une maxime bien connue de l'écologie de la faune sauvage dans le monde entier (Abernethy et al. 2013; Robinson and Bennett 2000).

Ainsi, bien que la pression de chasse dans la zone centrale de la RFO soit maintenant plus faible qu'auparavant, la faune aura encore besoin de temps pour se rétablir aux densités des années précédentes et un niveau élevé de protection est nécessaire dans le noyau comme toujours.

Conclusions et recommandations

Les différents chiffres relatifs à la situation de la faune dans la réserve sont vraiment alarmants, mais comme nous l'avons souligné à l'introduction, ce rapport avait pour principales objectifs de faire l'état de lieu de la Réserve aux différents bailleurs, à l'ICCN et autres partenaires et parties prenantes soucieuses de l'avenir de la RFO, afin d'arriver à mobiliser les efforts pour préserver son intégrité face à la prolifération des activités illégales exacerbée par le flux migratoire qui pour le moment ne vient plus seulement du sud et de l'Est comme par le passé mais aussi de l'Ouest en générale et de Kisangani en particulier. Environ 90% des éléphants de la RFO et 60% des okapis ont disparu depuis 1995. Entre la dernière étude de 2011 et la présente, 75% des éléphants ont été perdus : proportionnellement, ce déclin des éléphants est le plus important enregistré depuis le début du monitoring il y a plus de vingt ans. Il semble qu'en général, le secteur ouest de la réserve a perdu une grande partie de sa faune, même pour les chimpanzés et les ongulés de taille moyenne - les deux taxa qui n'ont pas subi de baisse globale de densité à travers la RFO.

D'autres espèces ont également décliné au cours de la dernière période de surveillance. Cela comprend les potamochères, la plus petite classe d'ongulés (U1) qui comprend principalement des céphalopodes bleus, bien que les juvéniles des ongulés de taille moyenne soient inclus dans cette classe), et la plus grande classe d'ongulés U3 (surtout des céphalopodes à dos jaune) ; il existe également une tendance pour les singes à avoir une densité plus faible, avec le temps, mais le déclin n'est pas encore significatif statistiquement.

On peut trouver un certain réconfort dans le fait que la zone centrale de la réserve contribue à la conservation de la faune - de nombreuses espèces, y compris les éléphants, ont des densités beaucoup plus élevées dans cette zone centrale qu'ailleurs dans la réserve (certaines espèces des ongulés étaient deux fois plus denses dans la zone centrale qu'ailleurs, et les éléphants y étaient *six fois* plus denses que dans le reste de la réserve.). Ceci est à cause d'une combinaison d'inaccessibilité du zone centrale de conservation (elle est loin des établissements humains, et cette zone ne possède aucune route) et en plus des patrouilles régulières des écogardes de la réserve).

Il est ainsi clair qu'au regard de ces résultats, la viabilité des zones de chasse devient très hypothétique et doit faire objet d'une réflexion pour son mode de gestion.

Le déclin de l'abondance et de la distribution de la faune a été causé par la forte augmentation de la pression de chasse au cours des dernières années avec à l'installation des nombreuses activités minières, et à l'amélioration de la grande route qui traverse la réserve (la RN4), qui a entraîné des pressions beaucoup plus fortes sur la faune sauvage du site, car elle facilite les mouvements du trafic et des trafiquants de viande de brousse.

Comme d'habitude pour ce type d'enquêtes, il existe une "image miroir" entre la densité de la faune et l'abondance des signes humains. Cependant, il est important de se rappeler qu'à l'extérieur de la RFO, le paysage environnant a perdu presque tous ses éléphants, comme en témoignent les enquêtes récentes dans la région de ENRA en 2008 (Madidi et al. 2007),

Bakwanza (dans le bloc Samboko) en 2010 (Makana et al. 2010) et Mai Tatu en 2008 et 2014, (Makana et al. 2012).

Donc la réserve est le seul refuge des derniers éléphants dans la forêt de l'Ituri et demeure l'un des sites les plus importants de toute la RDC pour la conservation des éléphants.

En vue de faire face à cette situation et d'essayer de renverser les tendances, il est recommandé ce qui suit:

- Mettre en place un système de lutte anti-braconnage efficace et proactif susceptible d'appréhender les braconniers avant qu'ils n'atteignent le premier éléphant,
- Orienter les patrouilles en fonction des mouvements d'éléphants afin de les sécuriser,
- Intensifier le lobbying au niveau national et international pour faire pression sur toutes les personnes qui soutiennent, encouragent et participent d'une manière directe ou indirecte aux activités illégales dans la réserve,
- Mettre fin aux activités minières dans la RFO par l'évacuation des sites miniers et des agglomérations qu'ils ont créé dans la réserve,
- Impliquer les administrateurs des sites miniers qui sont proches de la réserve et les services étatiques de manière active dans la lutte anti-braconnage,
- Mettre en place un système de contrôle d'immigration beaucoup plus rigoureux et fonctionnel pour arrêter le flux migratoire dans la réserve,
- Réviser les DARN pour l'adapter à la situation réelle de la réserve et le rendre réellement utilisable par toutes les parties prenantes (communauté locales, RFO, services étatiques et société civile),
- Développer une stratégie de lutte anti-braconnage qui implique les communautés locales particulièrement dans le contrôle et sécurisation des zones de chasse et le renseignement.

References

- Abernethy K.A., Coad L., Taylor G., Lee M.E., Maisels F. (2013) Extent and ecological consequences of hunting in Central African rainforests in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **368**, 20130494.
- Acevedo P., Ferreres J., Jaroso R. *et al.* (2010) Estimating roe deer abundance from pellet group counts in Spain: An assessment of methods suitable for Mediterranean woodlands. *Ecological Indicators* **10**, 1226-1230.
- Aveling C., Curran B. (2009) Mission de monitoring de l'Etat de Conservation de la Réserve de Faune à Okapis, République démocratique du Congo (RDC). p. 44 in C.d.P.M.d. l'UNESCO editor. UNESCO & IUCN.
- Baraka O. (2009) Rapport de Recensement Humain Réserve de Faune à Okapis, République Démocratique du Congo, 2009. p. 21. WCS RDC, Kinshasa, DRC.
- Beyers R. (2008) Natural and anthropogenic influences on elephants and other ungulates in the Congo forest. p. 167. *Zoology*. University of British Columbia, Vancouver.
- Beyers R.L., Hart J.A., Sinclair A.R.E., Grossmann F., Klinkenberg B., Dino S. (2011) Resource Wars and Conflict Ivory: The Impact of Civil Conflict on Elephants in the Democratic Republic of Congo - The Case of the Okapi Reserve. *Plos One* **6**, e27129.
- Brown E., Mwinyihali R., Hart J., Ngungu B., Wells M., Makambo E. (2009) Ituri-Epulu-Aru Landscape. pp. 351-360 in C.B.F. Partnership editor. *The forests of the Congo Basin- State of the Forest 2008*.
- Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P., Laake J.L., Borchers D.L., Thomas L. (2001) *Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations*. Oxford University Press, New York, USA.
- Buckland S.T., Plumptre A.J., Thomas L., Rexstad E.A. (2010) Design and Analysis of Line Transect Surveys for Primates. *International Journal of Primatology* **31**, 833-847.
- D'Huart J.-P., Maziz L. (2014) Rapport de mission: Mission de suivi réactif de la Réserve de Faune à Okapis, République démocratique du Congo (RDC), 5-15 Mars 2014. p. 49 in C.d.P.M.d. l'UNESCO editor. UNESCO & IUCN.
- Emlen J.T.J., Schaller G.B. (1960) Distribution and status of the mountain gorilla (*Gorilla gorilla beringei*), 1959. *Zoologica* **45**, 41-52.
- ESRI. (2014) ArcGIS 10.3.1 for desktop. Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA.
- ESRI. (2015) ArcGIS 10.4.1 for desktop. Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA.
- Estrada A., Garber P.A., Mittermeier R.A. *et al.* (2018) Primates in peril: the significance of Brazil, Madagascar, Indonesia and the Democratic Republic of the Congo for global primate conservation. *PeerJ* **6**, e4869.
- Ewango C. (2010) The Liana assemblage of a Congolian rainforest : diversity, structure and dynamics. p. 161. Wageningen, Wageningen, Netherlands.
- Gérard P. (1960) Etude ecologique de la forêt dense a *Gilbertiodendron dewevrei* dans la région de l'Uele. *INEAC ser sci No 87*, 159.
- Hart J.A. (2001a) Diversity and abundance in and African forest ungulate community and implications for conservation. pp. 183-206 in W. Weber, L.J.T. White, A. Vedder, L. Naughton-Treves editors. *African rain forest ecology and conservation: An interdisciplinary perspective*. Yale University Press, New Haven, USA, and London, UK.
- Hart J.A., Carrick P. (1996) Climate and the reserve de faune a Okapis: rainfall and temperature in the Epulu sector 1986-1995. Wildlife Conservation Society, Epulu, Zaire.
- Hart T., Mwinyihali R. (2001) Armed Conflict and Biodiversity in Sub-Saharan Africa: The Case of the Democratic Republic of Congo (DRC). p. 35. Biodiversity Support Program, WWF, Washington, D.C.
- Hart T.B. (1985) The ecology of a single-species-dominant forest and of a mixed forest in Zaire, Africa. p. 215. Michigan State University, East Lansing.

- Hart T.B. (2001b) Forest dynamics in the Ituri Basin (DR Congo). pp. 154-164 in W. Weber, L.J.T. White, A. Vedder, L. Naughton-Treves editors. *African rain forest ecology and conservation: An interdisciplinary perspective*. Yale University Press, New Haven, USA, and London, UK.
- Hedges S. (2012) Estimating absolute elephant density from dung pile density: theoretical concepts. pp. 61-111 in S. Hedges editor. *Monitoring elephants and assessing threats: a manual for researchers, managers and conservationists*. Universities Press, Himayatnagar, Hyderabad, India.
- Hedges S., Maisels F., Blake S. (2012) Estimating absolute densities of elephant populations using dung counts along line transects: field methods pp. 172-213 in S. Hedges editor. *Monitoring elephants and assessing threats: a manual for researchers, managers and conservationists*. Universities Press, Himayatnagar, Hyderabad, India.
- ICCN. (2019) Rapport sur l'état de conservation des biens de la RDC inscrits sur la liste du patrimoine mondial en peril. Exercice 2018. p. 67. ICCN - Direction Generale, Kinshasa.
- IUCN. (2013) Suivi écologique des aires protégées en Afrique. Méthodologie pratique- fiches préparées par WCS. p. 30. IUCN-Papaco.
- IUCN. (2019) The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-2. <<https://www.iucnredlist.org>>.
- Jost Robinson C.A., Zollner P.A., Kpanou J.B. (2016) Night and day: evaluating transect methodologies to monitor duikers in the Dzanga-Sangha Protected Areas, Central African Republic. *African Journal of Ecology* **55**, 222–232.
- Kühl H., Maisels F., Ancrenaz M., Williamson E.A. (2008) *Best practice guidelines for the surveys and monitoring of great ape populations*. IUCN/SSC Primate Specialist Group, Gland, Switzerland.
- Madidi J., Shwa D., Masanga A., J-R M. (2007) Évaluation de l'état de la faune, de la flore et des activités humaines dans la concession forestière de l'ENRA, Paysage de l'Ituri-Aru, nord-est du Bassin du Congo. p. 25. WCS.
- Maisels F. (2016) Réserve de faune des Okapis: Large mammal and human impact: Survey design. p. 15. WCS.
- Maisels F., Herbingler I., Duvall C. (2008) Section 5: Field Issues: Logistics and data collection protocols in H. Kuehl editor. *Best Practice Guidelines for Surveys and Monitoring of Great Ape Populations* IUCN SSC Primate Specialist Group (PSG).
- Makana J.-R., Hart T.B., Hart J.A. (1998) Forest structure and diversity of lianas and understory treelets in monodominant and mixed stands in Ituri Forest, Democratic Republic of the Congo. pp. 429-446 in F. Dallmeier, J.A. Comiskey editors. *Forest biodiversity research, monitoring and modeling Conceptual background and Old World case studies*. The Parthenon Publishing Group, London.
- Makana J.-R., Hart T.B., Hibbs D.E., Condit R. (2004a) Stand structure and species diversity in the Ituri Forest Dynamics Plots: A comparison of monodominant and mixed forest stands. pp. 159-174 in E.C. Losos, E.G. Leigh, Jr. editors. *Tropical Forest Diversity and Dynamism: Findings from a Large-scale plot Network*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Makana J.-R., Hart T.B., Liengola I., Ewango C., Hart J.A., Condit R. (2004b) Ituri Forest Dynamics Plots, Democratic Republic of Congo. pp. 492-505 in E.C. Losos, E.G. Leigh, Jr. editors. *Tropical Forest Diversity and Dynamism: Findings from a Large-scale plot Network*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Makana J.R., Madidi J., Masselink J., Vyahavwa C., Mukinzi J. (2010) Rapport des explorations biologiques dans le Sud de la Zone CBNRM Bakwanza (Bloc Samboko). p. 31. WCS.
- Makana J.R., Madidi J., Vyahavwa C., Maisels F., Masselink J., Vosper A. (2012) Preliminary Surveys of Chimpanzees in Eastern Ituri Forest, DRC. Final Report: USFWS Agreement n° 98210-8-G642. p. 23. WCS.
- MEDD, WRI. (2019) Atlas forestier interactif de la République Démocratique du Congo. Ministère de l'Environnement et Développement Durable de la République Démocratique du Congo et World Resources Institute.
- Mittermeier R.A., Goettsch Mittermeier C. (2005) *Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations*. CEMEX and Conservation International, Washington, D.C.

- Morgan D., Sanz C., Onononga J.R., Strindberg S. (2006) Ape abundance and habitat use in the Goulougo Triangle, Republic of Congo. *International Journal of Primatology* **27**, 147-179.
- Ntie S., Johnston A.R., Mickala P. *et al.* (2010) A molecular diagnostic for identifying central African forest artiodactyls from faecal pellets. *Animal Conservation* **13**, 80-93.
- Oates J.F. (1996) Habitat alteration, hunting and the conservation of folivorous primates in African forests. *Australian Journal of Ecology* **21**, 1-9.
- Peel M.C., Finlayson B.L., McMahon T.A. (2007) Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol Earth Syst Sci* **11**, 1633-1644.
- Potapov P.V., Turubanova S.A., Hansen M.C. *et al.* (2012) Quantifying forest cover loss in Democratic Republic of the Congo, 2000–2010, with Landsat ETM+ data. *Remote Sensing of Environment* **122**, 106–116.
- Robinson J.G., Bennett E.L. (2000) *Hunting for sustainability in tropical forests*. Columbia University Press, New York.
- Strindberg S. (2012) Distance sampling along line transects: Statistical concepts and analysis options. pp. 26-60 in S. Hedges editor. *Monitoring elephants and assessing threats: a manual for researchers, managers and conservationists*. Universities Press, Himayatnagar, Hyderabad.
- Strindberg S., Buckland S.T., Thomas L. (2004) Design of distance sampling surveys and Geographic Information Systems. . pp. 190–228 in S.T. Buckland, D.R. Anderson, K.P. Burnham, J.L. Laake, D.L. Borchers, L. Thomas editors. *Advanced distance sampling*. Oxford University Press, Oxford.
- Struhsaker T.T. (2010) *The red colobus monkeys: Variation in demography, behavior, and ecology of endangered species*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Tchamba M. (1992) Defaecation by the African forest elephant *Loxodonta africana cyclotis* in the Santchou Reserve, Cameroon. *Mammalia* **56**, 155-158.
- Thomas L., Buckland S.T., Rexstad E.A. *et al.* (2010) Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology* **47**, 5-14.
- Torres R.T., valente A.M., Marques T.A., Fonseca C. (2012) Estimating red deer abundance using the pellet-based distance sampling method. *Journal of Forest Science* **61**, 422–430.
- UNESCO. (1997) Item 4 of the provisional Agenda: Reports of the Rapporteurs of the session of the Bureau of the World Heritage Committee held in 1997; Report of the Rapporteur of the Extraordinary session of the Bureau of the World Heritage Committee (Naples, 28 – 29 November 1997). p. 38. UNESCO.
- UNESCO. (2013) State of conservation of the Okapi Wildlife Reserve. p. 5. UNESCO, Phnom Penh, Cambodia.
- UNESCO. (2019) Item 7A of the Provisional Agenda: State of conservation of the properties inscribed on the List of World Heritage in Danger. Forty-third session, 30 June - 10 July 2019. p. 88. UNESCO, Baku, Republic of Azerbaijan.
- Vosper A., Masselink J., Maisels F. (2012) WCS RFO Program: Great ape and human impact monitoring in Okapi Faunal Reserve, Democratic Republic of Congo. Final report to USFWS- GACF Agreement 96200-0-G100. p. 73. Wildlife Conservation Society, Kinshasa, DRC.