



STATUT DU GORILLE DE GRAUER ET DES CHIMPANZES A L'EST DE LA REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

Distribution et Abondance
Historique et Actuelle

Andrew J. Plumptre, Stuart Nixon, Robert
Critchlow, Ghislain Vieilledent, Radar Nishuli,
Andrew Kirkby, Elizabeth A. Williamson,
Jefferson S. Hall et Deo Kujirakwinja



STATUT DU GORILLE DE GRAUER ET DES CHIMPANZES A L'EST DE LA REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

Distribution et Abondance
Historique et Actuelle

Andrew J. Plumptre¹

Stuart Nixon^{2*}

Robert Critchlow³

Ghislain Vieilledent⁴

Radar Nishuli⁵

Andrew Kirkby¹

Elizabeth A. Williamson⁶

Jefferson S. Hall⁷

Deo Kujirakwinja¹

1. Wildlife Conservation Society, 2300 Southern Boulevard, Bronx, New York 10460, USA

2. North of England Zoological Society, Chester Zoo, Upton by Chester, CH2 1LH, Royaume-Uni

3. Département de Biologie, Université de York, York, Royaume-Uni

4. CIRAD, UPR BSEF, F-34398 Montpellier, France

5. Institut Congolais pour la Conservation de la Nature (ICCN), Bukavu, République Démocratique du Congo

6. Faculté de Sciences Naturelles, Université de Stirling, Ecosse, Royaume-Uni

7. Institut Smithsonian de Recherche Tropicale, Av. Roosevelt 401, Balboa, Ancon, Panama

*Anciennement Fauna & Flora International, David Attenborough Building, Pembroke Street, Cambridge, CB2 3Q

ISBN 10: 0-9792418-5-5
ISBN 13: 978-0-9792418-5-7

SOMMAIRE

Résumé Analytique.....	5
Les Grands Singes dans l'Est de la République Démocratique du Congo.....	6
Plan d'action pour la conservation des grands singes.....	7
Distribution Historique du Gorille de Grauer	8
Distribution.....	9
Statut de conservation 1959–1996 : perspectives historiques	10
Statut de conservation 1996–2010 : conflit et menaces grandissantes	12
Statut de conservation 2012 : meilleure estimation actuelle d'abondance.....	14
Menaces pour les grands singes à l'Est de la RDC.....	16
Méthodes.....	18
Analyse d'occupation	20
Plan original pour les inventaires	20
Méthode finale utilisée.....	21
Comparaison des tendances estimées des nids de grands singes et des populations de grands singes.....	22
Ré-analyse des données de l'étude par transects de 1994	23
Etudes par transects de WCS 2011–2015	23
Comparaison des taux de rencontre	23
Résultats.....	24
Analyse d'occupation	25
Gorilles de Grauer.....	26
Chimpanzés	27
Comparaison des estimations de densité	28
Effort d'inventaire et courbes de détection	28
Densités de gorilles	30
Densités de chimpanzés.....	32
Comparaison des taux de rencontre pour différents sites	33
Corrélations des taux de rencontre et de la densité.....	36
Prédiction des nombres de gorilles à partir de l'analyse d'occupation.....	37
Nombres de gorilles estimés	37
Nombres de chimpanzés estimés.....	37
Discussion	38
Changements des populations.....	38
Statut du gorille de Grauer sur la Liste Rouge de l'UICN	38
Implications pour la conservation et interventions requises	39
Interventions clés nécessaires pour arrêter le déclin des populations	40
Références	41
Appendice 1. Détails de la méthode et des résultats de l'analyse d'occupation	44
Remerciements.....	46

RESUME ANALYTIQUE

Ce rapport résume l'état actuel des connaissances sur la distribution, les densités, et les tendances d'abondance du gorille de Grauer (*Gorilla beringei graueri*) et du chimpanzé de l'Est (*Pan troglodytes schweinfurthii*) à l'Est de la République Démocratique du Congo (RDC). Il résume les connaissances historiques sur la distribution du gorille de Grauer au sein de son aire de répartition et décrit le développement d'un Plan d'Action pour la Conservation (PAC) de ces deux espèces de grands singes. L'un des résultats de ce PAC a été le financement fourni par la Fondation Arcus, KfW, USAID, UNESCO, et US Fish and Wildlife Service, pour entreprendre une évaluation du statut actuel de ces grands singes à travers l'aire de répartition du gorille de Grauer. La Wildlife Conservation Society (WCS) et Fauna & Flora International (FFI) ont travaillé avec l'Institut Congolais pour la Conservation de la Nature (ICCN), les gestionnaires de la Réserve des Gorilles de Punia (RGPU) et les communautés locales pour conduire des inventaires dans toute la région, en utilisant diverses méthodes : des transects linéaires, des marches de reconnaissance le long des sentiers, et des données collectées par les éco-gardes pendant leurs patrouilles et saisies dans le logiciel SMART.

Cette région d'étude a été caractérisée par l'insécurité et l'anarchie depuis le début de la guerre civile congolaise en 1996. Beaucoup de groupes de milices ont contrôlé différentes zones et établi des camps d'exploitation minière artisanale pour financer leurs opérations. La plupart des mineurs dans ces camps miniers dépendent de l'accès à la viande de brousse pour leur survie, et les grands singes figurent parmi les espèces les plus prisées, à cause de leur taille relativement importante.

Les résultats montrent un déclin majeur des deux espèces de grands singes à travers cette région, avec une baisse estimée à 77-93% pour le gorille de Grauer au sein de son aire de répartition, et une baisse estimée à 22-45% pour les populations de chimpanzés. Dans le cas du gorille de Grauer, un déclin de 80% en 20 ans justifierait la classification de cette sous-espèce dans la catégorie de Danger Critique d'extinction selon la Liste Rouge des Espèces Menacées de l'UICN (IUCN 2015). Le chimpanzé de l'Est est plus répandu, se trouvant au Nord et à l'Est de la RDC, ainsi qu'en République Centrafricaine, en Ouganda, au Rwanda, au Burundi, à l'Ouest de la Tanzanie et à l'Ouest du Soudan du Sud, et pourrait ne pas être menacé au sein de son aire de répartition. Mais étant donné le déclin dans cette partie de la RDC, il devrait être suivi de plus près. En recourant à une analyse de l'occupation et de la *True Skills Statistic* (TSS) pour identifier un seuil de probabilité d'occupation, nous estimons l'aire où chaque grand singe est susceptible de se trouver dans le paysage. En utilisant des mesures de densité moyenne récoltées à travers le paysage, nous estimons qu'il ne reste que 3 800 gorilles de Grauer à l'état sauvage au sein de leur aire de répartition (intervalle de confiance à 95% : 1 280–9 050), et environ 37 740 chimpanzés dans ce paysage (intervalle de confiance à 95% : 14 019–67 196).

La *Wildlife Conservation Society* (WCS) sauvegarde les espèces et les espaces sauvages du monde entier par une démarche scientifique, des mesures de conservation, l'éducation du public ainsi que l'encouragement au respect de la nature. La WCS imagine un monde où les espèces sauvages prospèrent dans un environnement sain, tant sur terre que dans les mers ; un monde dans lequel les peuples valorisent et bénéficient de la diversité des espèces et de l'intégrité de la vie sur terre. Notre but est de conserver les plus vastes espaces sauvages du monde dans 15 régions prioritaires, abritant plus de 50% de la biodiversité du monde. Dans la région du Rift Albertin en Afrique, WCS a appuyé la conservation depuis 1957, et est la plus vieille ONG Internationale de Conservation qui y travaille. Nous avons concentré nos efforts sur le renforcement des capacités des autorités des aires protégées dans la région, pour qu'elles soient capables de mieux gérer leurs aires protégées et rendre disponible les des résultats de recherche scientifique, pour mieux comprendre l'importance du Rift Albertin et comment conserver au mieux la biodiversité incroyablement riche qui s'y trouve. Pour en savoir plus : www.albertinerift.org, www.wcsuganda.org, et www.wcs.org

Etablie il y a plus d'un siècle, *Fauna and Flora International* (FFI) fut la première organisation internationale de conservation au monde. Elle est connue pour ses programmes innovants et uniques, lesquels sont devenus pour la plupart des exemples classiques pour la pratique de la conservation. En Afrique, le travail pionnier de ses fondateurs a mené à la création de nombreuses aires protégées, y compris les Parcs Nationaux de Kruger et du Serengeti. Aujourd'hui, le travail de Fauna & Flora International couvre le monde entier, avec plus de 140 projets dans plus de 40 pays, la plupart étant dans les pays en développement. FFI défend fièrement la biodiversité et vise à montrer à quel point elle est importante pour tous ceux qui partagent la planète. FFI a soutenu la conservation des Grands Singes en RDC depuis 1991, avec la création du Programme collaboratif International de Conservation du Gorille, qui aide à protéger les gorilles des montagnes de la RDC, du Rwanda et d'Ouganda qui sont en danger critique d'extinction. En 2009, FFI a initié des programmes de conservation communautaire autour des Parcs Nationaux de la Maiko et de Kahuzi-Biega en appui à l'ICCN, et, depuis, a travaillé avec les communautés rurales pour réduire l'exploitation des forêts, a conduit des inventaires de biodiversité participatifs dans tout le paysage, a subventionné des programmes de développement des capacités sur les techniques de suivi des grands singes pour les Congolais, et a développé des programmes communautaires de suivi des grands singes autour du Parc National de la Maiko. Pour en savoir plus : www.fauna-flora.org

L'*Institut Congolais pour la Conservation de la Nature* (ICCN) a la mission d'assurer la protection de la faune et de la flore dans le réseau d'aires protégées de la République Démocratique du Congo, pour encourager la recherche et le tourisme et pour gérer les stations pour la capture et la domestication d'animaux sauvages. L'ICCN gère cinq sites du Patrimoine Mondial, y compris le Parc National des Virungas, qui est le plus vieux parc d'Afrique, et le Parc National de Kahuzi-Biega qui conserve une grande proportion de la population du gorille de Grauer, menacé d'extinction. Pour plus d'informations : www.iccn.cd

Citation : Plumptre, A.J., Nixon, S., Critchlow, R., Vieilledent, G., Nishuli, R., Kirkby, A., Williamson, E.A., Hall, J.S. & Kujirakwinja, D. (2015). *Statut du gorille de Grauer et des chimpanzés à l'Est de la République Démocratique du Congo : Distribution et abondance historique et actuelle. Rapport non publié à la Fondation Arcus, l'USAID, et l'US Fish and Wildlife Service.*



LES GRANDS SINGES A L'EST DE LA REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

Bébé gorille de Grauer, Parc National de Kahuzi-Biega.
Crédit A. Plumptre/WCS

Ce rapport résume les connaissances actuelles sur le statut du gorille de Grauer (*Gorilla beringei graueri*) à travers son aire de répartition, et du chimpanzé de l'Est (*Pan troglodytes schweinfurthii*) à l'Est de la République Démocratique du Congo (RDC). La zone d'intérêt est telle que définie dans le Plan d'Action pour la Conservation des Grands Singes de l'Est de la RDC (Maldonado *et al.* 2012), qui comprend le Parc National du la Maïko au nord, jusqu'au massif de Kabobo dans le sud, et la frontière de la RDC à l'est jusqu'à la rivière Lualaba à l'ouest. Les forêts de l'Est de la RDC figurent parmi les régions les plus importantes du monde pour la biodiversité. C'est dans cette région que se trouve l'aire de répartition entière de l'endémique gorille de Grauer (Fig. 1). Le gorille de Grauer est actuellement classifié comme espèce en Danger d'extinction (A4abcd) sur la Liste Rouge de l'UICN (Robbins & Williamson, 2008), il est listé sur l'Appendice I de CITES, et fait l'objet d'une protection légale complète selon la loi de la RDC. Le chimpanzé de l'Est (chimpanzé dans la suite du document) est aussi classifié comme espèce Danger d'extinction (A4cd) sur la Liste Rouge de l'UICN (Wilson *et al.* 2008) et se trouve dans toute la zone d'intérêt dans les habitats forestiers et boisés. Ce rapport résume les informations historiques connues sur ces grands singes à l'Est de la RDC, et donne des mesures de probabilité d'occupation et de changements d'abondance dans certaines zones où ces paramètres ont été mesurés, pour donner la meilleure estimation, jusqu'à présent, de leur statut.

Le gorille de Grauer fait face à une crise majeure. L'expansion agricole et pastorale, de hauts niveaux de chasse de subsistance et d'extraction de viande de brousse, commerce exotique des animaux, l'exploitation minière très répandue, et la dépression socio-économique depuis plus d'une décennie de guerre civile, exercent une pression gigantesque sur les ressources et sur la faune des forêts de la RDC. Depuis 1996, toute l'aire de répartition du gorille de Grauer a été consumée par le conflit. Ceci a engendré l'effondrement presque total du contrôle du gouvernement, y compris au niveau des activités de protection de la faune sauvage. D'importantes populations de cette sous-espèce de gorille et de leurs cousins les chimpanzés n'ont bénéficié d'aucun suivi pendant plusieurs années et, par conséquent, le statut actuel du gorille de Grauer a été très peu documenté depuis les inventaires conduits par la Wildlife Conservation Society (WCS) entre 1992 et 1995 (Hall *et al.* 1998a). Les défis de conservation sont susceptibles de s'accroître, étant donné que la RDC continue de se stabiliser. La sécurité entraînera de plus en plus le développement d'industries extractives, d'infrastructures, et de l'agriculture à grande échelle. Bien que cela améliorera la capacité de la RDC à pouvoir subvenir à ses besoins et à participer à l'économie mondiale, il est

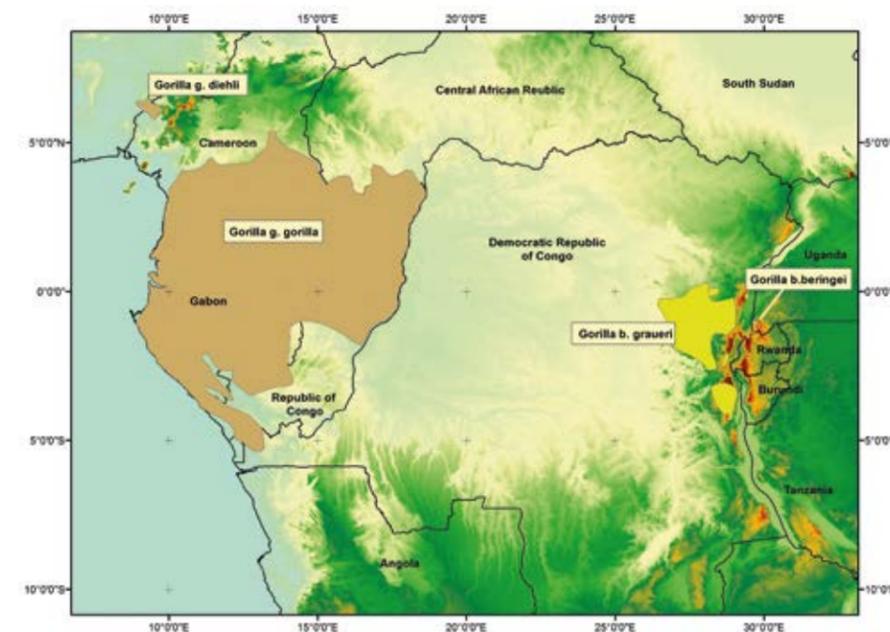


Figure 1. Distribution du gorille de Grauer par rapport aux autres sous-espèces de gorilles. La carte en fond montre altitude, du vert clair (basse) au marron foncé (haute).

probable que cela résulte en l'intensification du peuplement dans les forêts autour des aires protégées, y compris celles qui sont critiques pour les gorilles. Une action ciblée ainsi qu'une priorisation des zones spécifiques de conservation seront vitales pour ralentir le déclin des espèces comme les gorilles et les chimpanzés. Un échec pourrait mener à l'extinction du gorille de Grauer et d'autres espèces importantes et menacées dans les quelques décennies à venir. De plus, l'absence d'une population ex situ viable implique que tous les efforts de conservation doivent se concentrer sur les populations sauvages.

PLAN D'ACTION POUR LA CONSERVATION DES GRANDS SINGES

En 2011, l'Institut Jane Goodall (JGI) a pris le leadership dans un effort sollicité par l'ICCN et le Ministère de l'Environnement pour développer, de manière participative, un Plan d'Action pour la Conservation (PAC). Le PAC, facilité par JGI avec l'appui des Fondations Arcus et The World We Want, a réuni 104 représentants de 11 organisations, y compris des scientifiques, des agences gouvernementales locales, régionales, et nationales, et des ONG locales et internationales dont le Groupe de Spécialistes des Primates de la SSC de l'UICN. Les experts ayant participé au PAC, après l'examen des données et des faits anecdotiques, ont provisoirement estimé que la population totale de gorilles de Grauer pourrait avoir chuté à 2 000-10 000 individus (Nixon *et al.* 2012). Ils ont aussi identifié une limite du paysage (Fig. 2).

Une recommandation majeure qui a émergé du processus du PAC était le besoin urgent de travail de terrain pour déterminer le statut réel du gorille de Grauer et des chimpanzés de l'Est au sein de la zone d'intérêt (Fig. 3), et pour identifier les populations prioritaires sur lesquelles cibler les mesures de conservation. Un engagement plus prononcé avec les communautés a également été priorisé, bien qu'il ait été convenu que ces activités devraient cibler les populations de grands singes de plus haute priorité. Ainsi,



Forêt de bambou dans le Parc National de Kahuzi-Biega, secteur de haute altitude.
Crédit A. Plumptre/WCS

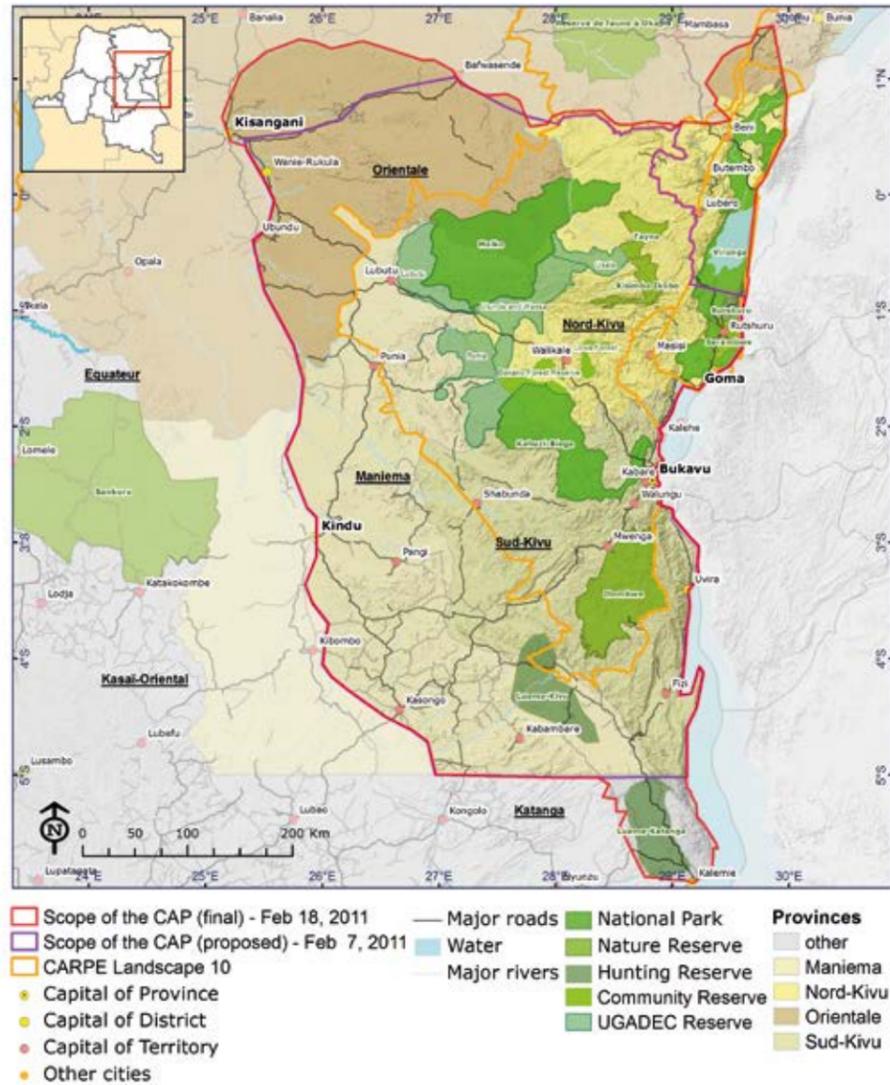


Figure 2. Zone d'intérêt du Plan d'Action pour la Conservation : le Paysage du PAC



Toiletage de jeunes chimpanzés de l'Est. Crédit A. Plumptre/WCS

une évaluation de terrain minutieuse des populations de gorilles et de chimpanzés et des conditions socio-économiques dans les zones clés de leur aire de répartition a été la priorité en termes de recherche pour la planification de la conservation à l'échelle du paysage, et pour les projets de conservation localisés. Le processus et le développement du PAC ont permis d'avoir une plateforme précieuse pour les agences de conservation et du gouvernement dans la région, sur laquelle elles pouvaient baser leurs activités et leurs stratégies. Cela a permis la compilation des données existantes sur la distribution des grands singes dans la région et le partage de données qui s'est poursuivi jusqu'au jour d'aujourd'hui.

DISTRIBUTION HISTORIQUE DU GORILLE DE GRAUER

Les données utilisées dans cette évaluation préliminaire ont été mises à la disposition de l'Institut Jane Goodall pour le processus du PAC par la Wildlife Conservation Society, Fauna & Flora International, Conservation International, Dian Fossey Gorilla Fund International, The Gorilla Organization, UGADEC et les réserves affiliées, et l'ICCN. Des données supplémentaires ont été généreusement fournies par la Réserve des Gorilles de Walikale et par le Dr George Schaller. Un rapport multi-auteurs complet de l'état des grands singes est en préparation. Cependant, un article intitulé "The Forgotten Gorilla: Historic perspectives and future challenges for conserving Grauer's gorilla" (Nixon *et al.* 2012) a été présenté au Congrès

de la Société Internationale de Primatologie à Cancun, au Mexique, en Août 2012. Un résumé des quatre résultats est présenté ci-dessous.

DISTRIBUTION

L'aire de répartition historique du gorille de Grauer est comprise dans une zone d'approximativement 52 000 km² (Mehlman 2008), de l'escarpement du Rift Albertin à l'est jusqu'à Punia à l'ouest, et de la rivière de Lindi dans le nord jusqu'au massif d'Itombwe dans le sud. Actuellement, quatre noyaux de populations définis de manière générale sont reconnus : Maiko (y compris le Parc National de la Maiko et les forêts adjacentes), Tayna-Usala (y compris la Réserve Naturelle de Tayna, la Réserve Naturelle de Kisimba-Ikobo, et la forêt d'Usala), Kahuzi-Kasese (y compris le secteur de basse altitude du Parc National de Kahuzi-Biega (PNKB) et la forêt adjacente à l'ouest dans la Réserve des Gorilles de Punia), et le Massif d'Itombwe (y compris la Réserve Naturelle d'Itombwe).

Des populations isolées supplémentaires sont présentes à Masisi et dans le secteur de haute altitude du Parc National de Kahuzi-Biega, et sur le Mont Tshiaberimu dans le Parc National des Virunga (Fig. 4). Les gorilles étaient aussi présents au sud d'Itombwe dans les forêts de bambou de l'escarpement ouest du rift, et un inventaire de la WCS a permis d'observer quelques signes de gorilles subsistant dans la région en 2014, mais qui étaient la cible d'activités de chasse. Toutes les aires protégées dans lesquelles on trouve des gorilles de Grauer ont été créées spécifiquement, ou en partie, pour protéger cette sous-espèce, les Parcs Nationaux de Kahuzi-Biega et de la Maiko étant considérés comme les sites abritant les populations les plus importantes.

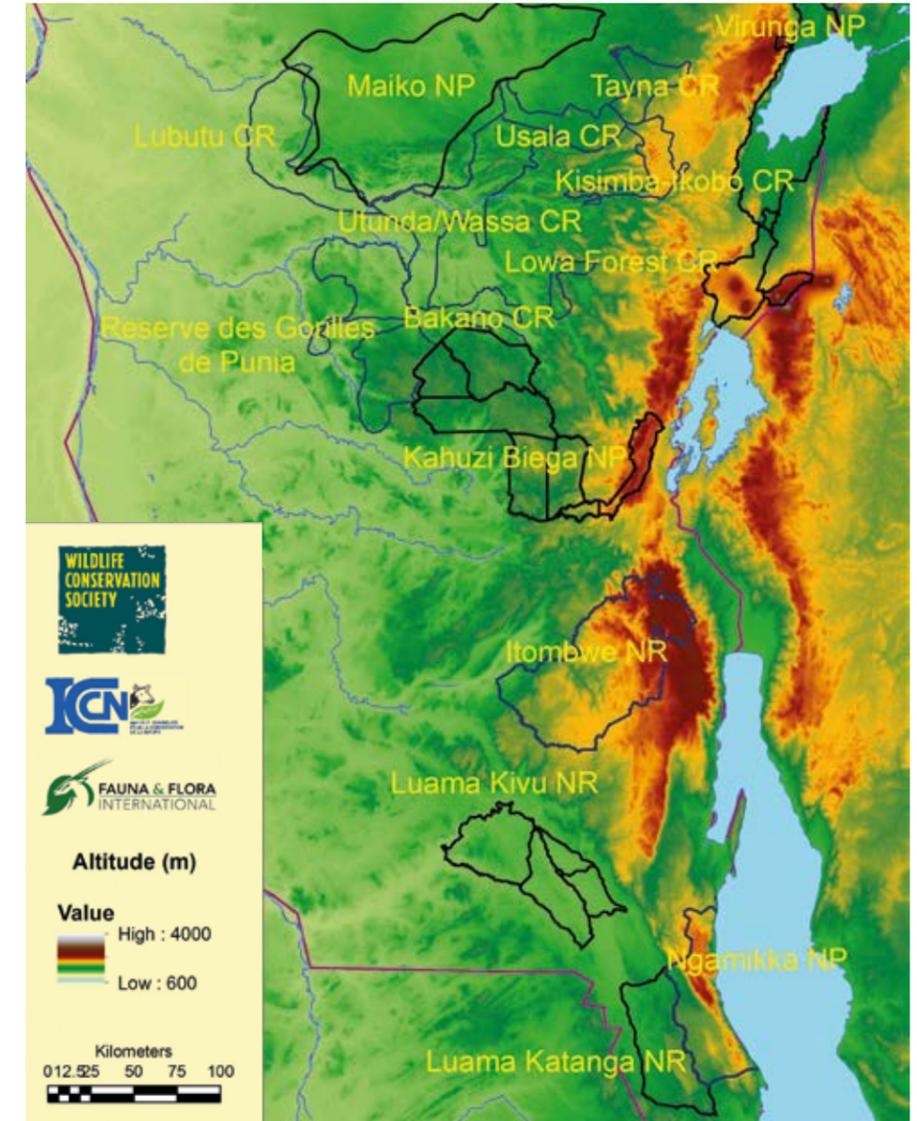
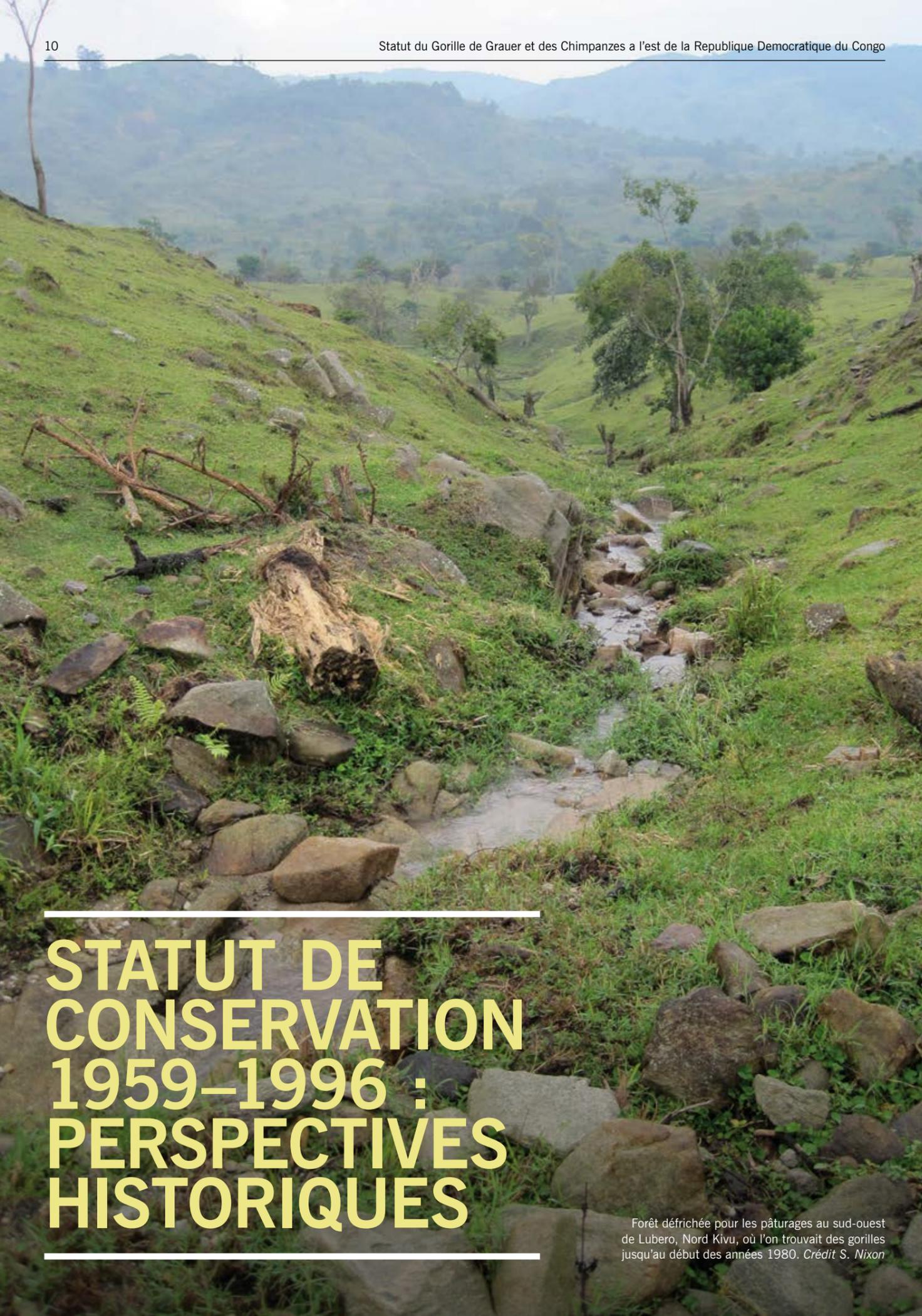


Figure 3. Localisation des aires protégées citées dans ce rapport. Celles signalées par une limite noire sont des aires légalement protégées. Celles signalées par une limite bleue sont des réserves communautaires ou des aires protégées proposées. Beaucoup de ces réserves communautaires sont en cours d'établissement et il est possible que leurs limites changent au cours du processus.



Forêt inondée de basse altitude, Parc National de la Maiko. Crédit S. Nixon



STATUT DE CONSERVATION 1959–1996 : PERSPECTIVES HISTORIQUES

Forêt défrichée pour les pâturages au sud-ouest de Lubero, Nord Kivu, où l'on trouvait des gorilles jusqu'au début des années 1980. *Crédit S. Nixon*

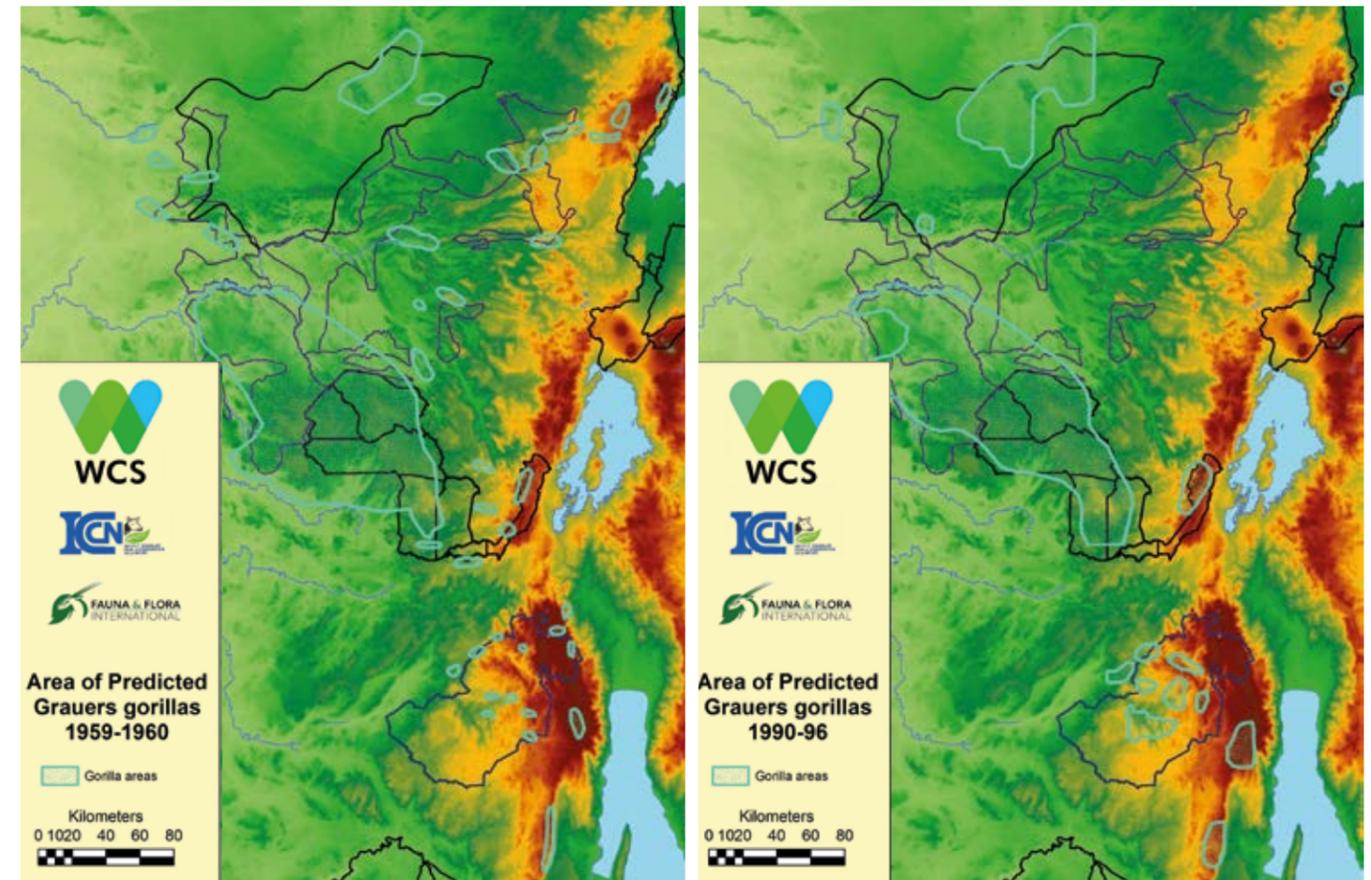


Figure 4. Distribution du gorille de Grauer à partir d'inventaires conduits par Emlen et Schaller (gauche) et d'inventaires menés par Hall *et al.* (droite). *Couche de distribution par S. Nixon et L. Pintea (Institut Jane Goodall)*

Les premières études de cette sous-espèce (alors groupées avec les populations de gorilles des montagnes des Virungas et de Bwindi) par Emlen et Schaller en 1959 ont documenté qu'à l'ouest du Rift Albertin, les gorilles étaient globalement présents à de faibles densités, avec une distribution très fragmentée et disparate (Fig. 4). De fortes densités ont été trouvées seulement dans de petites sous-populations localisées, avec de vastes zones d'habitats contigus, à priori propices, inoccupés (Emlen & Schaller 1960). Ils ont conclu que les gorilles étaient rares et que leurs populations subissaient probablement une chute rapide à cause de la conversion de l'habitat dans les régions de haute altitude et de la chasse répandue, en représailles à la destruction des cultures, et, de façon opportuniste, pour la viande. En se basant sur des données limitées, ils ont estimé l'existence de 5 000 à 15 000 individus (Emlen & Schaller 1960; Schaller 1963).

Pendant les années 1960 et 1970, un pourcentage considérable de l'habitat Afro-montagnard des gorilles dans les Kivus a été converti en pâturages et en terres agricoles. En parallèle, une prolifération de fusils de calibre 12, promue par le gouvernement Zaïrois de l'époque, a facilité la chasse des grands mammifères comme les gorilles, résultant en leur extinction locale dans de nombreuses zones (P. Anderson, comm. pers. 2010).



Billet de 50000 zaires en circulation jusqu'au milieu des années 1990 montrant Maheshe, un gorille habitué dans le Parc National de Kahuzi-Biega. *Crédit S. Nixon*

Les inventaires ultérieurs n'ont eu lieu qu'à partir des années 1990 et se sont concentrés sur le PNKB et la forêt de Kasese adjacente (Hall *et al.* 1998b; Yamagiwa *et al.* 1993), sur Itombwe (Omari *et al.* 1999), et sur le Parc National de la Maiko (Hart & Sikubwabo 1994). Ces inventaires ont montré que les gorilles demeuraient hautement menacés, principalement par la chasse et par l'expansion des installations humaines. La perte de plusieurs sous-populations à Itombwe a été documentée, ainsi qu'une réduction de l'aire de répartition dans la région de Kahuzi-Kasese. A partir de ces inventaires, Hall *et al.* (1998a) ont estimé la population totale de gorilles à 16 900 individus (8 660–25 500). Cependant, la région du Nord Kivu (Tayna, Usala, Kisimba-Ikobo, etc.) a été omise de l'évaluation à cause du manque de données. Cette estimation globale d'abondance se

chevauche et augmente considérablement celle estimée précédemment par Emlen et Schaller, malgré une importante perte d'habitat et plusieurs extinctions locales constatées depuis 1959. Les estimations très larges calculées à partir de ces deux études illustrent les difficultés associées au calcul précis des estimations d'abondance pour les gorilles de Grauer à partir d'inventaires ponctuels. Avant les inventaires des années 1990, nous en savions encore moins sur le statut des chimpanzés dans la région, les inventaires du PNKB de 1994-95 représentant le premier effort systématique pour recenser cette espèce. Ces inventaires ont également permis d'estimer le nombre de chimpanzés dans le PNKB et dans la région de Kasese à l'ouest du parc à 2 600 individus sevrés, 2 000 dans le parc et 600 dans la région de Kasese.



Collecte de bois de chauffe dans la forêt. *Crédit E. Williamson*

Crânes de gorilles braconnés dans le Parc National de Kahuzi-Biega vers les années 2000.
Crédit A. Plumtre/WCS



STATUT DE CONSERVATION 1996–2010 : CONFLIT ET MENACES GRANDISSANTES

Les menaces pour les gorilles identifiées entre 1959 et 1996 se sont énormément exacerbées pendant la fin des années 1990 et le début des années 2000 avec le début du violent conflit dans la région des Grands Lacs. En 1994, des centaines de milliers de réfugiés ont fui en RDC après la guerre civile et le génocide rwandais, s'installant dans les régions forestières de l'est du pays, y compris le PNKB. Ceci a déstabilisé le gouvernement zaïrois qui était déjà fragile, plongeant le pays dans une guerre civile et une crise humanitaire. Les réfugiés, les déplacés à l'intérieur du territoire, et de nombreux groupes armés ont placé une énorme pression sur les forêts de la RDC à travers la chasse non contrôlée, la collecte de bois de chauffe, la conversion de l'habitat en terres agricoles, l'extraction du bois, et l'exploitation minière. Depuis 1996, deux guerres civiles ont fait rage dans l'Est de la RDC, et bien que la guerre se soit officiellement terminée en 2003, l'extraction non réglementée d'or, d'étain (cassitérite), de tungstène, de diamants, et de coltan (un métal de haute valeur utilisé dans la manufacture des téléphones mobiles et de l'équipement informatique) continue d'alimenter le conflit civil (United Nations 2010). De hauts niveaux d'insécurité et une faible accessibilité aux régions reculées pendant les années 1990 et 2000 ont empêché la mise en œuvre d'un effort coordonné à l'échelle de l'aire de répartition des gorilles de Grauer pour évaluer leur statut, bien qu'un travail préliminaire ait été possible dans quelques zones. Les résultats de ces inventaires ont montré que la sous-espèce était susceptible de subir un sévère déclin à travers la plupart de son aire de répartition.

En 2008, on a estimé qu'environ 25% de l'habitat des gorilles de Grauer identifié par Schaller avait disparu dans les régions de haute altitude du Rift Albertin, réduisant son étendue à 21 600 km² (Mehlman 2008). Dans le PNKB, la population de haute altitude a baissé de 50% entre 1996 et 2000 (Wildlife Conservation Society 2000). Bien que la plupart du secteur de basse altitude du PNKB demeure fragile d'un point de vue sécuritaire, des inventaires ont indiqué un déclin alarmant au niveau des taux de rencontre des nids, atteignant les 75-85% depuis le milieu des années 1990. Cependant, il n'a pas été possible d'étudier les mêmes secteurs que ceux parcourus par Hall *et al.* (1998) à cause de l'insécurité, rendant les comparaisons difficiles. De même, des inventaires dans le massif d'Ikombwe ont permis de documenter une réduction de 50% dans la taille des groupes de gorilles depuis 1996, l'extinction localisée de deux sous-populations, et la rapide augmentation de la fragmentation de l'habitat à cause de l'exploitation minière et du peuplement (WCS, données non publiées).

Le statut des populations du Parc National de la Maïko est précaire : les populations du Sud se trouvent dans une région occupée par les



Un réseau routier dégradé entrave l'accessibilité à la plupart des zones rurales de l'Est de la RDC.
Crédit S. Nixon



S. Nixon et un fermier local inspectent les dommages de destruction de cultures causés par des gorilles, Byakili, Tayna

rebelles Simba, et le statut de la population du Nord, concentrée à Ogombu, demeure totalement inconnu depuis 1994 à cause du manque d'infrastructure du parc et de la présence de milices de rebelles. La chasse des gorilles dans le secteur Sud du Parc National de la Maïko a été documentée (Nixon, 2006), et au moins une sous-population sur le banc Nord de la rivière Lowa, près du Parc National de la Maïko, a été exterminée depuis sa découverte en 2005 (Nixon 2010).

Dans le Nord Kivu, l'extermination d'au moins une population restante à Masisi a été rapportée (C. Aveling, comm. pers. 2011), il existe des rapports sur les militaires, les rebelles, et les civils chassant des gorilles dans le Territoire de Walikale, et plusieurs gorilles ont été tués (et un bébé capturé) dans la Réserve Naturelle de Tayna entre 2004 et 2007 (Nixon, non publié). La population restante trouvée dans le Mont Tshiaberimu dans le Parc National des Virunga se trouve dans une situation périlleuse. Au nombre de six individus seulement et isolée

des autres populations de gorilles sur un îlot de forêt montagnarde de 60 km², elle demeure hautement menacée par la déforestation et une faible viabilité génétique (Sikubwabo 2015). La population de Kisimba-Ikobo reste encore à être étudiée. Cependant, la chasse des gorilles et la capture illégale de bébés ont été documentées dans la région de Pinga (S. Nixon, obs. pers. 2005). Un jeune gorille a été confisqué à Pinga en 2005 par l'ICCN.

Depuis 2003, l'ICCN et ses partenaires ont confisqué 15 bébés gorilles de Grauer aux militaires et à la société civile. En tant que victimes de la chasse illégale, ces individus sont gardés au Centre de Réhabilitation des Gorilles et d'Education en Conservation (GRACE) près de Kasugho, dans le Nord Kivu. Une possible réintroduction future de ces individus confisqués dans des sites comme le Mont Tshiaberimu permet d'espérer que de petites sous-populations, bien qu'isolées, s'établissent dans des aires adéquatement protégées.



Chimpanzé orphelin, Lubutu, 2005.
Crédit S. Nixon

STATUT DE CONSERVATION 2012 : MEILLEURE ESTIMATION ACTUELLE D'ABONDANCE

A partir des données compilées par les partenaires lors du PAC, nous avons identifié 14 sous-populations "connues" dans quatre régions prioritaires sur une aire géographique d'environ 33 200 km² (Fig. 4 et Tableau 1). Au sein de cette aire de répartition, l'étendue de la présence est actuellement estimée à environ 19 000 km². Cependant, même dans cette aire, les populations sont hautement fragmentées. Il est donc probable que l'étendue de présence "réelle" soit encore plus petite que celle calculée dans le Tableau 1.

Etant données les lacunes dans nos connaissances, il a été difficile de produire une estimation fiable de la population globale de gorilles de Grauer. En utilisant les estimations d'abondance des années 1990 comme référence (quand applicable), les inventaires de reconnaissance transformés, dans des zones qui n'avaient pas été couvertes dans

Tableau 1. Meilleures estimations d'abondance pour le gorille de Grauer, 2011-2012

Site	Aire (km ²)	Occupation estimée 2011 (km ²)	Estimation de population 2012 (individus sevrés)	Source et mesure
Forêt d'Usala	1 160	344	240-412	Marches de reconnaissance, Nixon et al. 2007
Itombwe	10 000	1 400	100-415 (meilleure estimation)	Marches de reconnaissance, données WCS
Kasese	7 723	7 723	433-844 (meilleure estimation)	Données non publiées d'UGADEC, Mehlman 2008
Kisimba-Ikobo	963	550	100-350 (meilleure estimation)	Présence confirmée, mais pas de données d'inventaires
Lowa Nord	?	?	Présence confirmée en 1994 ; présumé éteint en 2012	UGADEC, S. Nixon, comm. pers., 2012
Lowa-Oso	?	N/A	~40 en 2005 ; présumé éteint en 2010	Marches de reconnaissance, Nixon/FFI 2010
Masisi	N/A	N/A	Présumé éteint (habitat détruit)	Kasuku, comm. pers., 2012
Mont Tshiaberimu, PN des Virunga	40	40	6-14	Comptage total, ICCN données non publiées 2012
PN de Kahuzi-Biega basse altitude	5 400	5 400	1 272-2 518	Marches de reconnaissance, données WCS, Amsini et al. 2008
PN de Kahuzi-Biega haute altitude	600	260	170	Comptage total, Amsini et al. 2008
PN de la Maiko Nord	3 200	2 100	111-417 (meilleure estimation)	Données non publiées de l'ICCN ; informateurs locaux, mais pas de données d'inventaires
PN de la Maiko Sud	1 600	875	306-866	Marches de reconnaissance, Nixon et al. 2005, Nixon 2010
Réserve des Gorilles de Tayna	906	210	185-210	Données de suivi, transects, comptage partiel, Nixon & Buckley 2006, Nixon données non publiées
Walikale Est (Bakano)	987	Présence confirmée	25-50	UGADEC données non publiées
Walikale Nord (Bukonde, Hunde, Utunda)	700	?	150-780	Données de suivi, marches de reconnaissance, UGADEC données non publiées
Total	33 289	18 912	3 098-7 017	

l'évaluation précédente à l'échelle de l'aire de répartition, et les rapports locaux sur les populations qui n'avaient pas été étudiées, une estimation provisoire d'environ 3 000–7 000 gorilles de Grauer sevrés a été faite en 2012. Cette estimation était basée sur les limites supérieures et inférieures qui reflètent un déclin global calculé à 50-75% depuis 1996 (Nixon *et al.* 2012).

Le PAC a souligné le besoin d'étudier les gorilles de Grauer et les chimpanzès à travers l'aire de répartition d'intérêt, bien que la

priorité ait été donnée au gorille de Grauer, qui est plus menacé et que l'on ne trouve qu'à l'Est de la RDC. La Fondation Arcus a exprimé son intérêt à soutenir des études dans la région, et pendant le PAC il a été convenu que plusieurs ONG prendraient les devants pour mener des études dans différentes parties de l'aire de répartition de ces grands singes. Au cours des trois dernières années, ces ONG ont conduit des études dans les régions qui leur ont respectivement été attribuées. WCS a également appuyé un système de Suivi du

Renforcement de la Mise en Application des Lois dans les parcs nationaux, les réserves faunistiques, et les réserves communautaires qui existent dans le paysage. Ceci a fourni des données supplémentaires sur les sites d'observations de chimpanzès et de gorilles, qui ont été saisies dans SMART (Spatial Monitoring and Reporting Tool). L'appui financier pour ce travail a été fourni par le Critical Ecosystem Partnership Fund, KFW, Rainforest Trust, UNESCO, USAID, USFWS, et la Banque Mondiale.



MENACES POUR LES GRANDS SINGES A L'EST DE LA RDC

Vendeuse de viande de brousse avec un singe à face de hibou (*Cercoptes hamlyni*), une espèce protégée, près de Lubutu, Maniema. Crédit S. Nixon



Chasseurs de viande de brousse locaux, Okoku, Maniema. Crédit S. Nixon

A l'Est de la RDC, les chimpanzés et les gorilles sont principalement menacés par les pratiques de chasse de viande de brousse. Bien qu'un commerce de bébés existe, il résulte en général en la capture d'un bébé après avoir tué sa mère (souvent de manière opportuniste) pour sa viande. La perte de l'habitat constitue également une menace majeure, l'agriculture s'étendant des limites de la forêt à l'est et le long des routes principales à travers la forêt. L'exploitation minière artisanale est une source importante de menaces pour les singes car les mineurs pénètrent jusqu'au cœur de la forêt pour accéder à de potentiels sites miniers, et une fois là, ils dépendent de la chasse de la viande de brousse pour se nourrir. Les primates sont également vulnérables à la transmission de maladies par les mineurs, due aux pauvres conditions d'hygiène qui sont typiques de ces sites. A cause de la richesse potentielle en minerais, beaucoup de mines sont contrôlées par des milices armées, facilitant la chasse de la faune sauvage. Afin de stopper le déclin des populations de grands singes, la Fondation Arcus et l'USAID ont appuyé la WCS pour conduire une étude des sites miniers autour des aires protégées en RDC et de leurs impacts sur les populations de grands singes (Kirkby et al. 2015). Des données venant de 40 sites miniers et de plus de 700 enquêtés ont montré la présence continue de l'exploitation minière dans la région (dans et autour des aires protégées), supportant un grand nombre de gens exploitant la cassitérite, l'or, le coltan, et le wolframite (du plus exploité au moins exploité). Aucune de ces mines n'est légalement enregistrée auprès du gouvernement. La plupart des mines étaient contrôlées par des groupes armés, avec des travailleurs principalement saisonniers venant de classes professionnelles et sociales variées. Les mineurs étaient attirés par la possibilité de

gagner de l'argent rapidement, et gagnaient en moyenne 116 USD par mois, ceux contrôlant les mines percevant des revenus atteignant 1 000 USD par mois. L'étude a montré que l'exploitation minière a des impacts négatifs sur le PNKB et sur la Réserve d'Itombwe, menaçant en particulier des espèces en danger d'extinction à travers le braconnage. La chasse de la viande de brousse avait lieu dans presque tous les sites, aussi bien en dehors que dans les aires protégées, tout au long de l'année, avec des individus des communautés minières déclarant ouvertement qu'ils consommaient de la viande de brousse. La plupart de la chasse était indiscriminée. Cependant, les groupes d'espèces les plus chassés comprenaient les porcs-épics, les rats de Gambie, les céphalophes, et les primates. De nombreux répondants ont indiqué que les chimpanzés, les gorilles, et les éléphants avaient disparu au cours des dernières années à cause de la chasse de la viande de brousse et de la destruction de l'habitat. Cependant, 27% des personnes interrogées savaient que des grands singes existaient encore près des sites miniers, ce qui souligne l'importance de protéger les grands singes près de ces zones.

Afin d'assurer la protection des grands singes et de la faune sauvage protégée, l'étude a fortement recommandé le désarmement des mineurs pour permettre aux éco-gardes de renforcer la mise en application des lois environnementales, ainsi que pour étendre la couverture de patrouille pour empêcher le développement de nouvelles mines. Aussi bien les mineurs que les non-mineurs étaient ouverts à l'idée d'arrêter de chasser si des viandes alternatives étaient disponibles. Par conséquent, améliorer l'approvisionnement en viandes alternatives autour des mines légales devrait être une priorité. Beaucoup de mineurs

étaient enclins à quitter le secteur minier pour des activités économiques alternatives, donc une autre option serait de rendre l'agriculture plus rentable et plus attractive à travers le développement de cultures à forte valeur ajoutée, comme le café, des mécanismes de micro-crédit, et l'amélioration des systèmes de culture et des connaissances afin d'augmenter la productivité et la valeur des cultures (Kirkby et al. 2015).

La perte de l'habitat est actuellement une menace moins importante dans la région, bien que l'expansion des systèmes routiers et l'amélioration des routes mènent au peuplement, résultant en la perte de connectivité entre les populations de primates.

La distance aux sites miniers et la distance aux routes et aux villages ont été utilisées pour modéliser l'occupation (ci-dessous) afin de prédire la probabilité de présence des grands singes dans la région.



Forêts récemment coupées pour l'agriculture, Usala. Crédit S. Nixon



Assistant de terrain FFI, Magloire Vyalengerera, avec des mineurs artisanaux à l'ouest du Parc National de la Maiko. Crédit M. Vyalengerera



METHODES

Deo Kujirakwinja, WCS, forme les équipes d'inventaires aux méthodes de comptage.
Crédit A. Plumptre/WCS

Dans le cadre de la coordination des études et afin de résoudre les problèmes associés aux techniques d'inventaires actuellement disponibles pour les grands singes, un objectif majeur de ce projet était de coordonner le développement d'une approche standardisée pour inventorier et suivre les grands singes, qui soit scientifiquement valable et adaptée au contexte local de l'Est de la RDC. Plusieurs techniques sont actuellement utilisées pour évaluer la distribution des gorilles, leur abondance, et leurs menaces (Kühl *et al.* 2008). Pour les grands blocs de forêt, des marches de reconnaissance sont utilisées pour évaluer la distribution et calculer l'abondance relative (signe/km parcouru) des gorilles et des menaces. Les "recces" sont une méthode de comptage relativement peu coûteuse pour augmenter la couverture de comptage dans les forêts reculées. Cependant, les résultats ne permettent qu'une comparaison grossière entre les sites au cours du temps ; ils ne génèrent pas d'estimations d'abondance des populations, qui sont nécessaires pour déterminer les niveaux de référence pour un suivi rapproché des populations de gorilles. La méthode recce peut facilement être incorporée dans les patrouilles de suivi standard menées par les autorités de gestion de la faune sauvage ou par les communautés pour évaluer les tendances de l'abondance relative, mais n'est pas la méthode la plus efficace pour les comptages.

Les transects linéaires utilisent les méthodes d'échantillonnage à distance pour calculer la densité d'animaux et, par la suite, les estimations d'abondance. Les comptages des nids sont effectués et ceux-ci sont convertis en densité d'animaux en utilisant des facteurs de correction qui prennent en compte le taux de production des nids (en général supposé être de 1 nid par jour) et le taux de décomposition des nids. Si les ressources le permettent, des comptages de nids marqués sont effectués, impliquant un échantillonnage répété de transects pour éviter d'avoir à déterminer les taux de décomposition des nids spécifiques à chaque site.

Ces estimations de densité (individus/km²) sont ensuite extrapolées aux régions d'études pour calculer les estimations d'abondance pour les espèces cibles. Bien que les transects produisent des données plus précises et moins biaisées que les recces, ils requièrent plus de temps à effectuer, un haut niveau de formation et de supervision, et beaucoup de travail. Les études par transect sont aussi extrêmement difficiles à mener en terrain escarpé. Dans les cas extrêmes, la progression dans les types d'habitat difficiles peut ne pas dépasser les 1-2 km par jour.

Pour les petites populations isolées de gorilles des montagnes, une méthodologie de comptage total a été développée. Les équipes de terrain effectuent des marches de reconnaissance linéaires jusqu'à ce qu'une piste de gorilles ou des nids soient détectés. Les équipes relèvent

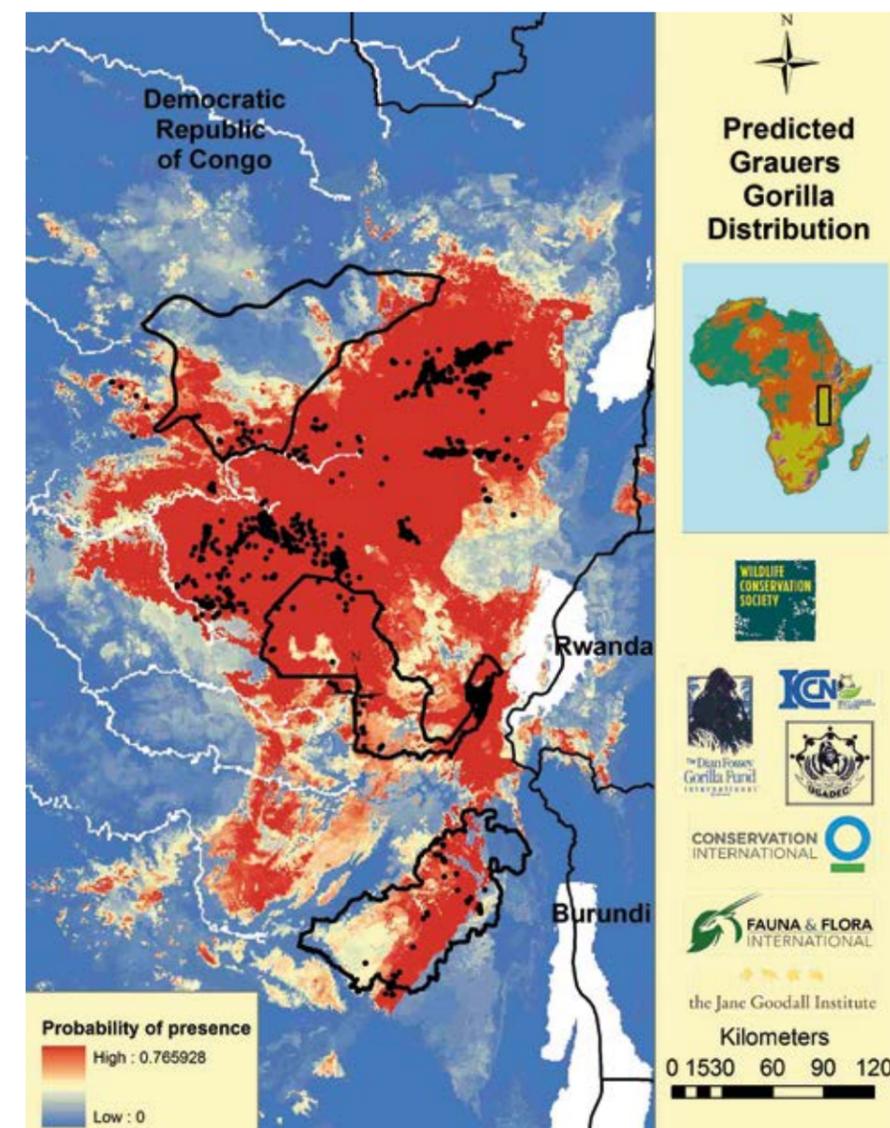


Figure 5. Modèle prédictif de la distribution du gorille de Grauer à partir d'une analyse MAXENT. Les points noirs sont les localisations de gorilles utilisées dans le modèle.

le nombre de nids et la composition du groupe pour identifier le nombre de gorilles dans chaque groupe de nids localisé. Les équipes tentent ensuite de suivre la piste de gorilles entre trois sites de nids consécutifs pour confirmer le nombre de gorilles dans chaque groupe dans une zone donnée. Si les sites de nids de tous les groupes de gorilles sont localisés, une estimation de la population totale peut ensuite être calculée.

Le gorille de Grauer constitue un cas spécifique et difficile. Cette sous-espèce est présente en populations distinctes et isolées réparties dans une aire géographique relativement vaste. Les habitats de gorilles dans l'Est de la RDC sont aussi extrêmement abrupts, reculés, et souvent difficiles d'accès. La sécurité et la présence de groupes rebelles variés sont aussi une contrainte considérable, limitant l'accès aux zones reculées.

Face aux énormes défis associés à l'Est de la RDC, le processus du PAC a recommandé que les études intensives centrées sur les populations de gorilles d'importance historique

devraient être menées dans un futur proche et que les statuts de référence soient établis en 2014. Comme beaucoup de zones dans l'aire de répartition du gorille de Grauer demeuraient instables d'un point de vue sécuritaire et que les coûts opérationnels dans l'Est de la RDC étaient élevés, il était peu probable que des études puissent couvrir toute l'aire de répartition en question. Etant donnée la distribution inégale du gorille de Grauer et du coût élevé de production d'estimations d'abondance de haute résolution à partir d'études ponctuelles par transect et recce, l'utilisation d'inventaires par transect ou recce au sein de l'aire de répartition du gorille de Grauer a été jugée impossible.

Une méthode a été développée pour permettre d'effectuer une analyse d'occupation des deux grands singes dans l'Est de la RDC. Cette approche en deux étapes permettrait initialement de prédire où les singes étaient les plus susceptibles de se trouver, et, si confirmée, le plan était d'entreprendre des études plus détaillées pour estimer la taille des populations en ces endroits :



Des éco-gardes de l'ICCN s'entraînent aux techniques d'utilisation de GPS. Crédit A. Plumptre/WCS

Étape 1 : Mener des études d'occupation des gorilles et d'autres espèces clés dans les sites où l'on sait que des gorilles de Grauer sont présents.

Étape 2 : Mener des études détaillées des gorilles de Grauer dans les sites où des pistes fraîches ont été trouvées, en utilisant des comptages de nids et la collecte d'échantillons d'ADN pour permettre d'estimer avec précision la taille de la population.

Afin de développer cette méthode, des données de présence des gorilles collectées à travers le PAC ont été préparées par S. Nixon et mises à la disposition de A. Plumptre en Juillet 2012. Le Dr Plumptre a commencé l'analyse spatiale en utilisant le logiciel MAXENT, et plusieurs modèles prédictifs d'occupation ont été développés. Enfin, un modèle seuil soulignant l'occupation des gorilles la plus probable dans l'Est de la RDC a été produit (Fig. 5).

Un protocole d'étude basé sur les résultats de la modélisation a été développé (Plumptre *et al.* 2013) et est résumé ici.

ANALYSE D'OCCUPATION

Plan original pour les inventaires

En utilisant les données sur les localisations connues de gorilles de Grauer, collectées à travers des inventaires et un suivi menés par DFGFI, FFI, UGADEC, et WCS au cours des 10 dernières années, un modèle de distribution de l'espèce a été produit en utilisant MAXENT (Fig. 5). Une grille de 5x5 km a été établie le long des lignes de coordonnées UTM à travers toute l'aire d'étude (Fig. 6). Cette taille de cellule a été choisie parce que le domaine

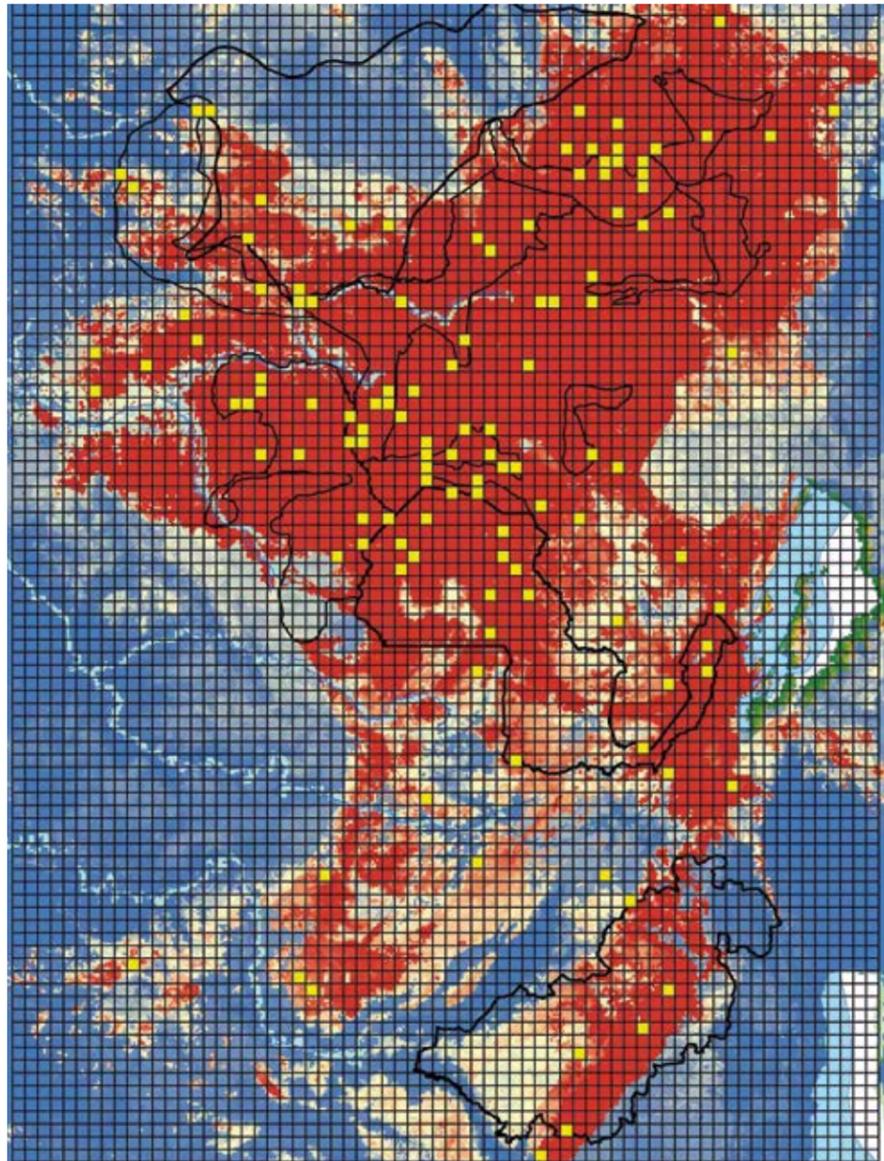


Figure 6. 120 cellules sélectionnées (jaune) dans le paysage du gorille de Grauer en utilisant la méthode décrite ci-dessus. Les cellules sont superposées à la carte de probabilité de présence (Fig. 5).

vital d'un gorille de Grauer est d'environ 25–35 km². Idéalement, les sites où la probabilité de présence de gorilles était la plus élevée étaient visités pour confirmer l'occupation, mais ceci laissait quand même un nombre infaisable de cellules à visiter. La sélection de seulement celles où la viabilité MAXENT était supérieure à 0,1 a résulté en 3 115 cellules à étudier. A la place, 120 cellules sélectionnées aléatoirement, pondérées par une probabilité de 25% d'échantillonnage dans des zones connues de présence de gorilles de Grauer, ont été identifiées afin d'être parcourues à pieds, du coin de chaque cellule jusqu'au coin opposé.

Chaque segment d'1 km de transect dans une cellule devait être effectué séparément pour les répliques d'occupation, et les observations relevées de signes de chimpanzés et de gorilles, ainsi que ceux d'autres espèces clés (comme les éléphants, les buffles, les okapis, et les bongos) étaient notées sur des fiches de données. Les 7-8 segments de 1 km le long de la diagonale

de la cellule de 5x5 km ont ensuite été analysés comme répliques spatiales pour l'analyse d'occupation.

Les observations d'animaux, d'excréments, de nids, et d'empreintes ont été utilisées pour valider l'occupation, dans la mesure où elles étaient clairement distinguables.

Méthode finale utilisée

L'insécurité dans la région a rendu très difficile l'accès aux 120 cellules comme il avait été planifié, particulièrement dans le nord autour du Parc National de la Maiko, des Réserves Naturelles de Tayna et de Kisimba-Ikobo, et de la région d'Usala (y compris la Réserve Communautaire d'Usala en cours de développement). Par conséquent, nous avons examiné d'autres sources de données que nous avons pu utiliser pour l'analyse d'occupation. WCS a instauré l'utilisation du logiciel SMART pour le stockage et l'analyse des données collectées pour le suivi du renforcement de la mise en application des lois, habituellement effectués par les éco-gardes en patrouille dans les aires protégées. WCS a établi des bases de données SMART dans les aires protégées gérées par l'ICCN, mais aussi dans les régions gérées par les communautés de la RGPU et de la Réserve d'Itombwe. Par conséquent, les données disponibles ont couvert une portion considérable du paysage, après avoir été combinées avec d'autres études de WCS ainsi que les données d'occupation issues des cellules que WCS et FFI avaient pu atteindre (Fig. 7).

Nous avons utilisé ces données pour calculer des estimations d'occupation pour chacune des cellules de 5x5 km à travers le paysage de la façon suivante. Chaque jeu de données consistait en points de données avec des coordonnées GPS. Les points ont été liés par des lignes pour que chaque patrouille/étude produise une trace de là où les équipes étaient passées. Ensuite, ces lignes ont été divisées en segments dans chaque cellule de 5x5 km à travers le paysage pour obtenir la longueur de la trace dans chaque cellule. Dans chaque cellule, ces segments ont ensuite été divisés en unités de 1 km, et la présence de signes de gorille ou de chimpanzé notée pour chaque unité de 1 km dans chaque cellule. Seules des longueurs de traces de 1 km ont été utilisées (les sections plus courtes ont été exclues). Ces unités de 1 km ont été utilisées comme répliques pour l'analyse d'occupation pour estimer la probabilité de détection dans les cellules où les études comprenaient plus d'une unité. Le nombre d'unités variait de deux à 50 par cellule.

L'analyse d'occupation a été effectuée en utilisant le package hSDM du logiciel R (Vieilledent *et al.* 2014). Ce package utilise une approche hiérarchique Bayésienne qui peut incorporer une dépendance spatiale dans l'analyse lors de l'estimation de l'occupation. Lorsqu'on essaye d'estimer l'occupation dans les cellules de 5x5

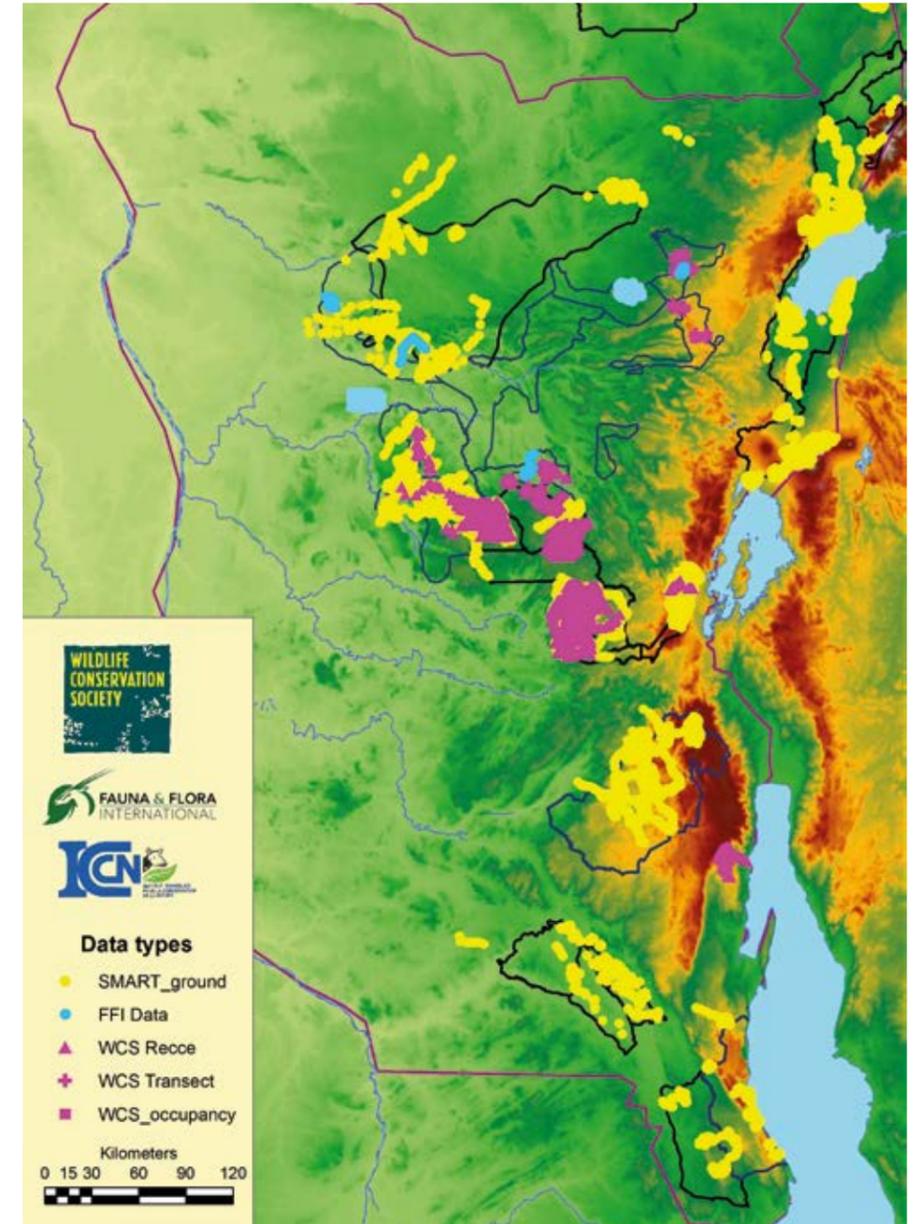


Figure 7. Zones étudiées avec différentes méthodes utilisées pour l'analyse d'occupation. Les données issues de SMART ont couvert le plus grand nombre de cellules. La carte de fond montre altitude, du vert (basse) au marron (haute)

km dans le paysage, deux problèmes doivent être considérés : 1) la détection imparfaite, et 2) la corrélation spatiale. Quand une équipe visite une cellule et la parcourt, elle peut soit détecter des signes de gorilles, soit ne pas en détecter. Si elle n'en détecte pas, cela peut être parce que les gorilles n'étaient réellement pas présents (absence réelle), soit parce qu'ils ont été manqués (fausse absence). L'analyse d'occupation permet de faire une estimation de la probabilité de détection, qui est en général inférieure à 1 parce que dans la plupart des études, des animaux ne sont pas détectés. Une approche hiérarchique ou de modèle mixte est utilisée pour estimer la détectabilité, et les méthodes statistiques Bayésiennes sont des outils très utiles lorsqu'il s'agit d'estimer les paramètres de modèles aussi complexes. La corrélation spatiale est importante car la plupart des espèces présentent une certaine forme

d'inégalité dans leur distribution géographique. Par exemple, si l'espèce est présente dans un site, il est plus probable que l'espèce soit aussi présente dans des sites voisins, quelles que soient les conditions environnementales. Aussi, étant donnée la nature non aléatoire de l'échantillonnage effectué ici, il était important de prendre en compte la fragmentation géographique dans nos analyses.

Nous avons utilisé des covariables pour prédire, à partir des cellules échantillonnées, où nous pouvions calculer l'occupation pour estimer les probabilités d'occupation à travers le Paysage du PAC. Nous avons utilisé une combinaison de variables climatiques, topographiques, et d'impacts humains (Tableau 2). Initialement, nous avons corrélé ces variables et retiré celles qui avaient un coefficient de corrélation de Pearson supérieur à 0,7. Les variables finales

sélectionnées sont données dans le Tableau 2 avec les sources des données. Les covariables ont été standardisées en soustrayant les valeurs à la moyenne et en divisant par l'écart-type.

Nous avons effectué les analyses en utilisant le modèle Zero Inflated Binomial (ZIB) de hSDM qui présume qu'il n'y a aucune différence de détectabilité entre les répliques. Dans notre cas, nous échantillonnons des lignes de répliques de 1 km vers la même heure dans chaque cellule, donc il était peu probable qu'il y ait une différence de détectabilité majeure.

La fonction hSDM.ZIB() utilise un modèle mixte qui combine un processus Binomial pour l'observation et un processus de Bernoulli pour l'adéquation de l'habitat. Effectivement, le modèle ajustait une courbe logistique aux couches de covariables pour prédire l'occupation dans le paysage. Nous avons exécuté le modèle avec et sans analyse de corrélation spatiale. L'analyse de corrélation spatiale incluait un modèle d'Autorégression Conditionnelle intrinsèque (iCAR pour intrinsic Conditional Autoregressive model) qui évalue la configuration spatiale des huit cellules voisines les plus proches de chaque cellule pour mesurer l'autocorrélation spatiale. Nous avons exécuté les modèles hSDM.ZIB et hSDM.ZIB.iCAR de la manière suivante :

1. Exécuter un modèle hSDM.ZIB avec les covariables climatiques et topographiques
2. Sélectionner les variables significatives à partir de l'étape 1 et ré-exécuter hSDM.ZIB
3. Garder les variables significatives de l'étape 2 et exécuter hSDM.ZIB avec également les covariables d'impacts humains
4. Exécuter hSDM.ZIB avec les variables de l'étape 2 et les covariables significatives d'impacts humains
5. Exécuter hSDM.ZIB.iCAR avec les covariables significatives climatiques/topographiques et d'impacts humains

Ceci nous a permis d'évaluer l'importance des variables climatiques, topographiques, et d'impacts humains sur l'occupation des grands singes dans le Paysage du PAC. La signification était déterminée où le coefficient lié à la covariable ne chevauchait pas zéro dans la distribution postérieure.

COMPARAISON DES TENDANCES ESTIMÉES DES NIDS DE GRANDS SINGES ET DES POPULATIONS DE GRANDS SINGES

Nous voulions estimer comment les nombres de gorilles de Grauer et de chimpanzés avaient changé depuis les études précédentes menées

Tableau 2. Covariables utilisées pour l'analyse d'occupation des grands singes à travers le paysage

Nom de la covariable	Mesures	Source
Variables climatiques		
Bio2	Gamme de températures diurnes moyennes	Surfaces climatiques interpolées de WordClim http://www.worldclim.org/
Bio12	Précipitations annuelles moyennes	
Bio17	Précipitations du trimestre le plus sec	
Variables topographiques et forestières		
dem	Altitude au-dessus du niveau de la mer	Données SRTM de l'Université du Maryland http://glcf.umd.edu/data/srtm
rugged	Escarpement de la topographie	Disponible sur http://diegopuga.org/data/rugged/#grid
slope	Pente – calculée à partir de la couche DEM	Données SRTM de l'Université du Maryland http://glcf.umd.edu/data/srtm
ststlopd	Distance aux pentes raides	Calculée par Lilian Pintea de l'Institut Jane Goodall à partir des données SRTM
Treecov	Pourcentage du couvert végétal	Calculé par Lilian Pintea de l'Institut Jane Goodall à partir de Hansen et al. (2013)
Variables d'impact humain		
disforlos	Distance aux forêts récemment perdues	Calculée par Lilian Pintea de l'Institut Jane Goodall à partir de Hanson et al. (2013)
minedist	Distance aux mines artisanales	Données de l'International Peace Information Service et données de localisations des mines issues de SMART
rivdis	Distance aux rivières	Calculées à partir de données d'UNOCHA à l'Est de la RDC
roaddis	Distance aux routes	
villdis	Distance aux villages	



Communautés à Usala effectuant un transect. Crédit S. Nixon

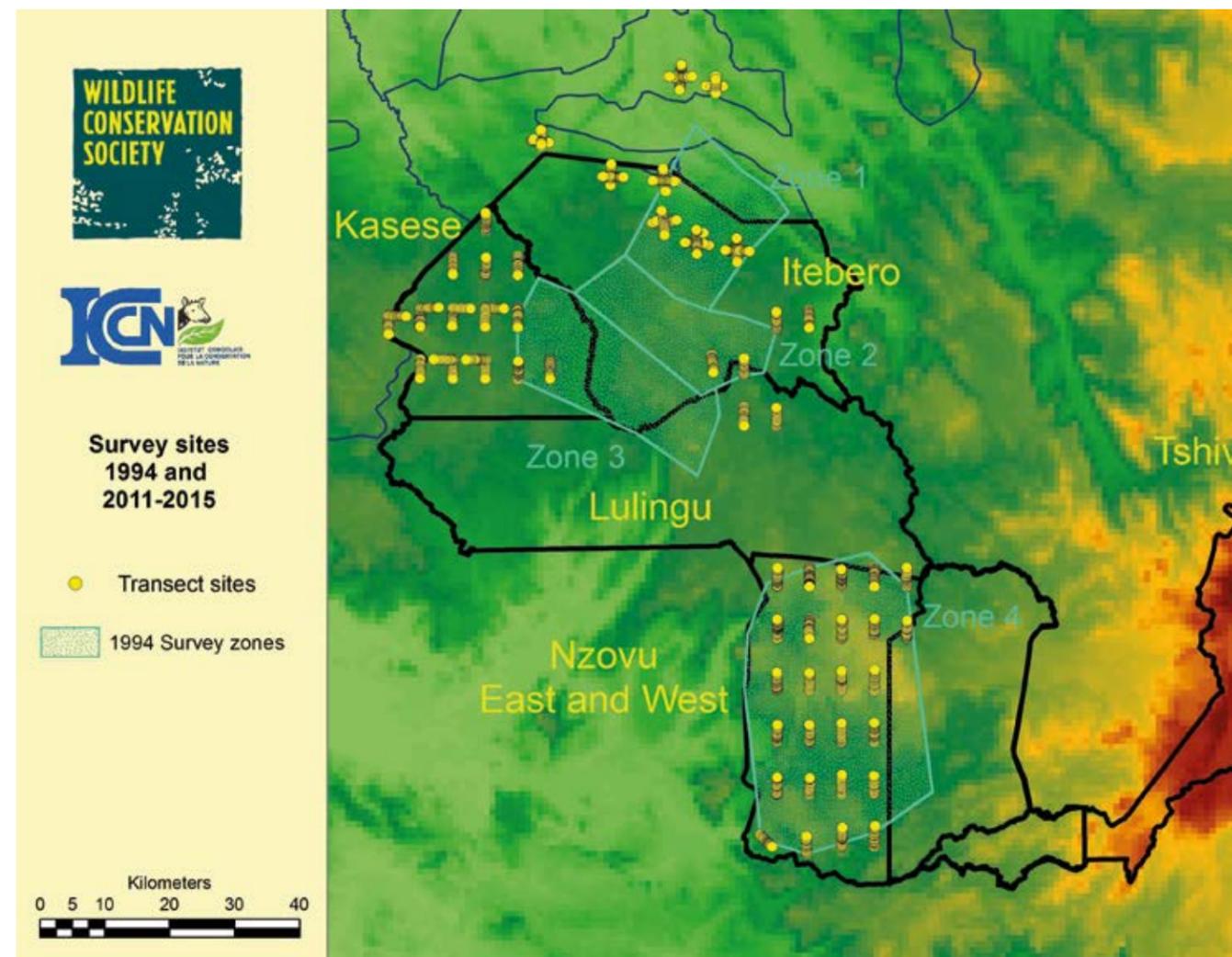


Figure 8. Carte du Parc National de Kahuzi-Biega montrant les quatre zones étudiées en 1994, avec la localisation des transects (cercles jaunes pour les observations) des études de WCS

dans cette région, et comparer les taux de rencontre historiques et les données de densité quand nous pouvions les avoir. En particulier, nous souhaitions comparer les estimations de densité de 1994-95 pour le PNKB (Hall *et al.* 1998b) avec les études plus récentes menées dans les mêmes secteurs du parc, car le PNKB a été identifié comme bastion important pour cette sous-espèce. Plusieurs prédictions de déclin majeurs des gorilles de Grauer ont été faites (Mehlman *et al.* 2008; Maldonado *et al.* 2012; Nixon *et al.* 2012), mais peu de données quantitatives étaient disponibles pour justifier ces affirmations. Pour faciliter la comparaison entre les jeux de données, JSH et EAW ont retranscrit les données de carnets de notes et de fiches de données de l'étude de 1994 menée dans le PNKB, que nous avons ré-analysées en utilisant des approches actuelles et le logiciel DISTANCE 6 (Thomas *et al.* 2010).

Ré-analyse des données de l'étude par transects de 1994

Les données de l'étude de 1994 du PNKB consistaient en des données de distances perpendiculaires aux sites, en notant quels

nids avaient été observés à partir du transect, et lesquels avaient été observés après que l'équipe ait quitté le transect pour mesurer les distances perpendiculaires et relever la taille du groupe de nids. Dans notre nouvelle analyse, nous avons répliqué l'analyse publiée (Hall *et al.* 1998b) dans laquelle les auteurs ont calculé la densité des groupes de nids, qu'ils ont multipliée par la taille des groupes de nids pour obtenir une estimation de la densité de nids. Ceci a ensuite été converti en nombre d'individus sevrés en présumant que le taux de production de nids chaque jour était d'un nid par individu construisant des nids, et en divisant la densité des nids par le taux de décomposition des nids de 106 jours obtenu à Lopé au Gabon (Hall *et al.* 1998b; Tutin *et al.* 1995).

$$\text{Densité des grands singes} = \frac{(\text{Taille moyenne du groupe} \times \text{Densité du groupe de nids})}{(1 \text{ groupe de nids par jour} \times 106 \text{ jours})}$$

Études par transects de WCS 2011–2015
WCS a voulu répéter les études faites en 1994

dans le secteur de basse altitude du PNKB depuis plusieurs années, mais l'insécurité dans cette région a rendu cela difficile. Quatre zones ont été étudiées en 1994 (Fig. 9), trois dans les secteurs nord d'Itebero et de Lulingu (Zones 1–3) et une dans le secteur sud de Nzovu du parc (Zone 4). WCS a pu conduire une étude intensive du secteur de Nzovu en 2013 et en 2014, avec 26 transects de 3 km de long effectués. Les équipes ont également pu brièvement accéder aux secteurs d'Itebero-Lulingu en deux sites en 2011 et 2013, et visiter la région ouest de Kasese en 2013 et 2015 (Fig. 8).

Comparaison des taux de rencontre

Afin de comparer les tendances obtenues à Kahuzi-Biega avec d'autres sites, nous avons également compilé les taux de rencontre des nids de grands singes par kilomètre de transect ou de marche de reconnaissance (recce) à partir d'études antérieures menées dans tous les sites où des gorilles de Grauer et des chimpanzés avaient été observés, soit à partir de données non publiées, soit à partir de la littérature publiée.



RESULTATS

Eco-garde de l'ICCN mesurant un excrément de gorille dans un nid nocturne frais. Crédit A. Plumtre/WCS

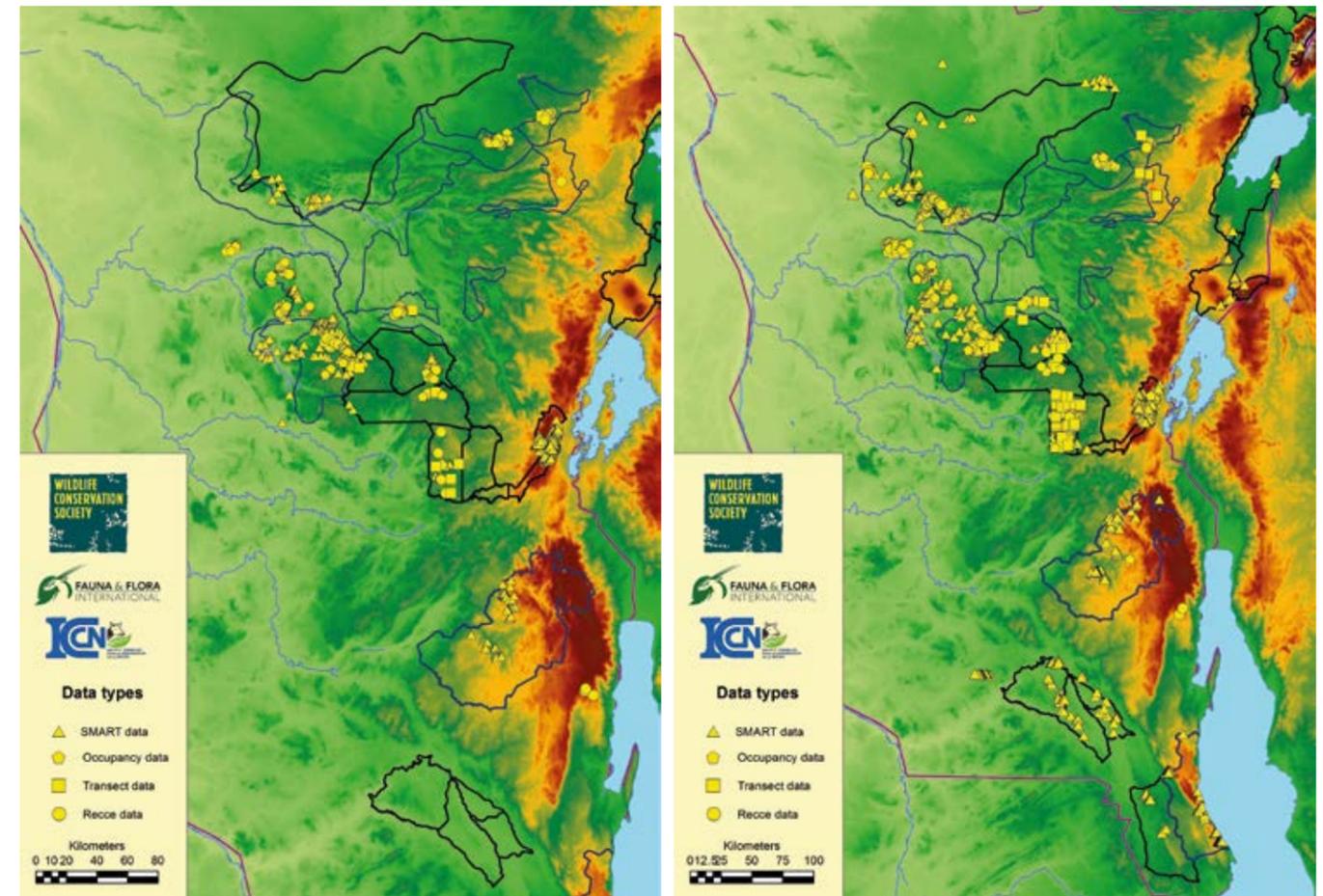


Figure 9. Localisations des observations des signes de gorilles de Grauer (gauche) et de chimpanzès (droite) à partir de : données SMART collectées par l'ICCN et les communautés locales, d'études d'occupation menées par WCS et FFI, de données de transects effectués par WCS et FFI, et de données de recce menés par WCS

ANALYSE D'OCCUPATION

Les signes de gorilles et de chimpanzès ont été relevés dans une grande partie de l'aire étudiée entre 2011 et 2015 (Fig. 9). Ces cartes montrent l'évaluation la plus détaillée de la distribution des gorilles et des chimpanzès qui ait été faite dans cette région, et montrent que la distribution générale des gorilles est similaire à celle renseignée par les études de 1959/1960 et de 1994 (Fig. 4).

Cependant, certaines populations peuvent avoir disparu ou avoir été réduites en des effectifs si bas qu'elles n'aient pas été détectées dans nos récentes études. Il est important de noter que les gorilles documentés en 2005 (Nixon *et al.* 2005) à l'ouest du Parc National de la Maiko près de Mundo et d'Okungu n'ont pas pu être localisés au cours des études de FFI en 2010 (Nixon 2010) et en 2013/2014 (cette étude). La population du nord de Lowa décrite par Hall *et al.* (1994) avait disparu du voisinage du village de Penedjali, cependant nous avons documenté la présence de trois petites familles à environ 20 km au nord de Penedjali. De même, une petite population documentée en 2005 (Nixon *et al.* 2005) sur le banc nord de la rivière Lowa, à la confluence

des rivières Oso et Lowa, n'a pas été retrouvée au cours de nos inventaires menés en 2010 et en 2014. Cependant, des recherches non systématiques et plus intensives menées dans cette zone par FFI et par les communautés ont localisé deux petites familles dans cette région (5-7 individus) en 2015.

Les données des patrouilles saisies dans SMART, des recces, des transects, et des études d'occupation ont été utilisées dans l'analyse d'occupation spatiale pour les deux espèces. Les résultats sont présentés ici pour les covariables significatives des étapes 2, 4, et 5 (voir page 22) dans l'analyse d'occupation (Tableau 3). Pour les gorilles ainsi que pour les chimpanzès, seule une variable d'impact humain était significative : la distance aux forêts récemment perdues et la distance aux routes, respectivement. Les probabilités d'occupation des chimpanzès étaient plus élevées près des routes, et, en tant que telles, ne prédisent probablement pas l'occupation des grands singes qui, plutôt, se trouvent dans des zones où l'occupation est élevée. Cette variable n'a donc pas été incluse dans les modèles finaux. Seule la distance aux forêts récemment perdues a été retenue pour le modèle des gorilles. Les détails des résultats de l'occupation sont donnés en Appendice 1.



Site de nids arboricoles de gorilles. Crédit S. Nixon

Tableau 3. Covariables significatives dans le modèle 2 (variables climatiques et physiques) et dans le modèle 3 (variables d'impacts humains) pour chaque espèce de grand singe

Type de modèle	Gorille de Grauer	Chimpanzé
Variables climatiques et physiques	dem (+ve), disforlos (+ve), treecov (+ve)	bio2 (-ve), dem (-ve), treecov (+ve), slope (+ve)
Variables d'impacts humains	Minedist (-ve)	Roaddis (-ve)
Variables climatiques et physiques – composante spatiale incluse	dem (+ve), disforlos (+ve), treecov (+ve)	bio2 (-ve), dem (-ve), treecov (+ve), slope (+ve)
Probabilité de détection avec le modèle iCAR	0,111	0,092
Probabilité moyenne d'occupation avec le modèle iCAR	0,073	0,431

L'inclusion de la corrélation spatiale a significativement changé les résultats obtenus et a produit des cartes de probabilité d'occupation qui étaient plus réalistes au vu des résultats d'inventaires, l'exclusion de la corrélation spatiale ayant mené à une surestimation de l'occupation dans des zones où l'on n'a jamais observé de gorilles (Fig. 10).

Gorilles de Grauer

L'occupation des gorilles de Grauer a été cartographiée (Fig. 11) en utilisant les cinq étapes décrites à la page 22 des méthodes. Cela a permis d'identifier trois covariables significatives qui ont été utilisées dans le modèle final hSDM.ZIB.iCAR : altitude, couvert végétal,

et distance aux zones de perte forestière récente. La distance aux mines était aussi significative, mais comme le coefficient était négatif (c'est-à-dire que plus on se rapprochait des mines, plus on trouvait de gorilles), nous avons interprété cela comme résultant de la tendance des mines à être localisées dans des zones reculées où les gorilles sont également présents dans ce paysage, et cette covariable ne constituait donc pas une variable explicative. Afin d'estimer la performance du modèle, nous avons calculé le pourcentage de déviance expliqué par chaque modèle en le comparant avec un modèle nul et un modèle complet. Le modèle nul est un modèle avec seulement une moyenne pour la probabilité de présence, et pas de variable explicative. Le

modèle complet (ou saturé) est un modèle avec autant de paramètres que d'observations pour le processus d'adéquation. Les trois covariables expliquaient 17% des scores de déviance. En



Cartouches de fusil de chasse collectées lors des inventaires à l'ouest de Walikale. *Crédit C. Kaghoma/FFI*

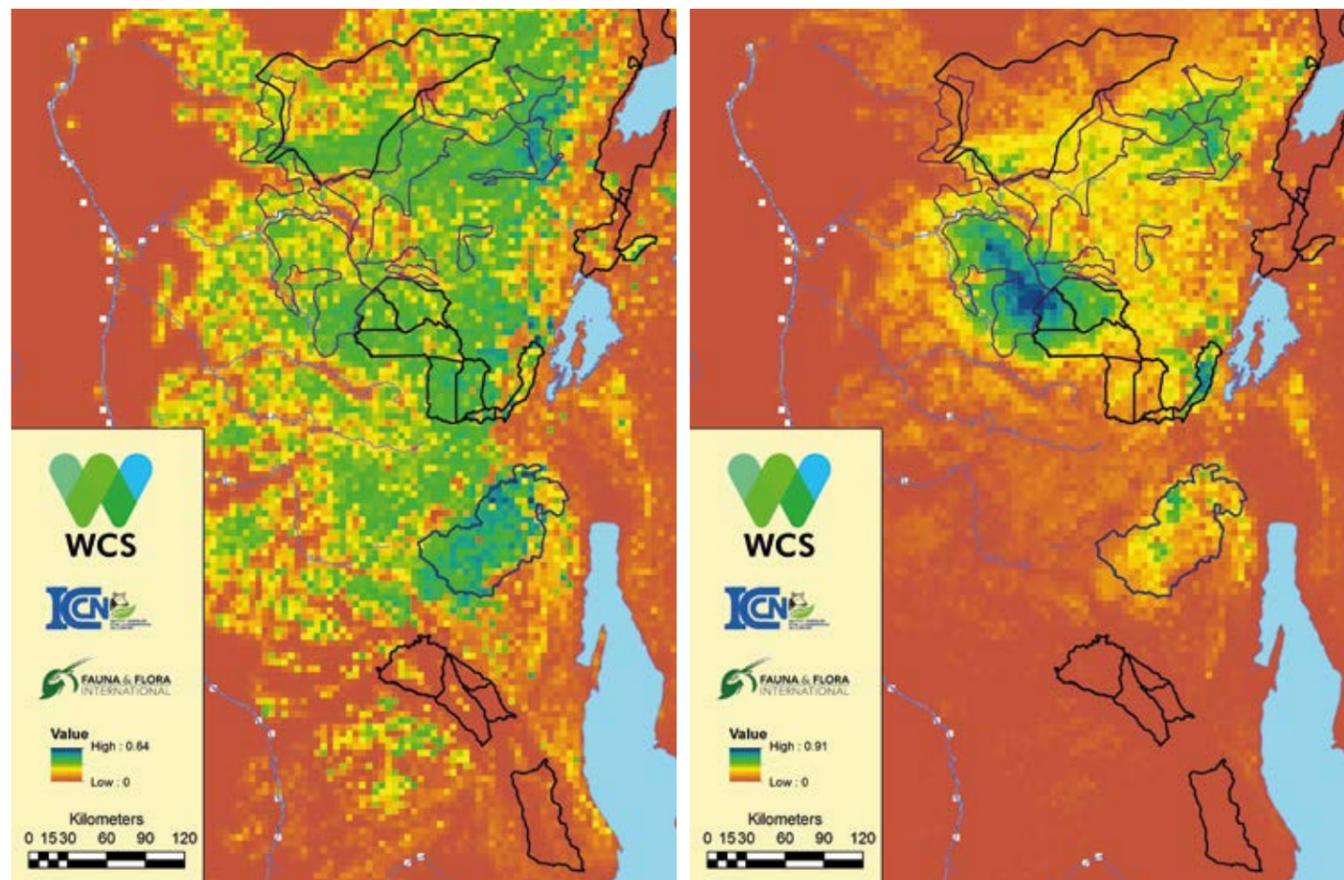


Figure 10. Carte d'occupation pour les gorilles de Grauer générée en utilisant les covariables climatiques et physiques significatives (gauche) et avec un modèle d'Autorégression Conditionnelle intrinsèque (iCAR) et les mêmes covariables (droite).

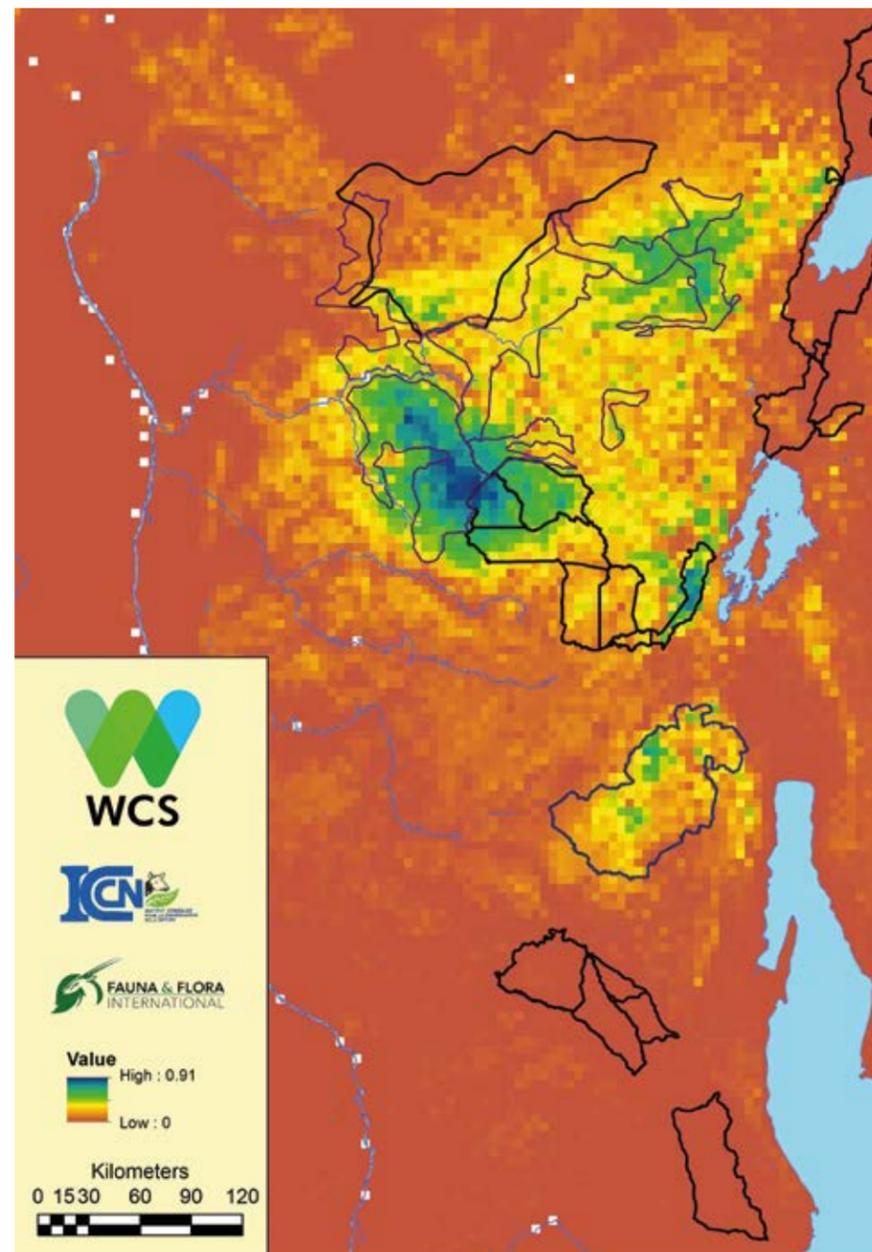


Figure 11. Carte de probabilité d'occupation pour les gorilles de Grauer générée en utilisant les covariables et les effets spatiaux significatifs



Excrément de gorille frais, Usala. *Crédit C. Kaghoma*



Mineurs d'or artisanaux, à l'ouest du Parc National de la Maïko. *Crédit S. Nixon*

incluant les effets spatiaux aléatoires, nous pouvions expliquer 56% de la déviance. La probabilité qu'un gorille se trouve dans une cellule de 5x5 km était 0,073 et la probabilité de le détecter était 0,111 (Tableau 3).

Chimpanzés

Les chimpanzés étaient plus répandus dans le paysage et avaient une probabilité d'occupation plus élevée (Fig. 12). Quatre covariables significatives qui ont été utilisées dans le modèle final hSDM.ZIB.iCAR ont été identifiées : gamme de températures diurnes moyennes, altitude, couvert végétal, et pente. Seule la distance aux routes était significative pour les variables d'impacts humains, mais comme le coefficient était négatif (c'est-à-dire que plus on se rapprochait des routes, plus on trouvait de chimpanzés), nous avons interprété cela comme résultant de la tendance qu'ont les routes à être localisées dans les zones reculées où les chimpanzés sont également présents dans ce paysage, et ne constitue donc pas une variable explicative. Afin d'estimer la performance du modèle, nous avons à nouveau exécuté un modèle nul et un modèle saturé. Les quatre covariables expliquaient 16% des scores de déviance. En incluant les effets spatiaux aléatoires, nous pouvions expliquer 38% de la déviance. La probabilité qu'un chimpanzé se trouve dans une cellule de 5x5 km était de 0,431 et la probabilité de le détecter était 0,092 (Tableau 3).

La probabilité de détection était très similaire à celle des gorilles de Grauer, mais la probabilité d'occupation était six fois plus élevée pour les chimpanzés que pour les gorilles. Ceci est probablement dû à deux facteurs : premièrement, les gorilles se déplacent en groupes unis au sein de leurs domaines vitaux, alors que les chimpanzés vivent en communautés où les individus se séparent et se réunissent à nouveau dans une société de «fission-fusion». Deuxièmement, les groupes de gorilles laissent souvent derrière eux une densité élevée de signes localisés au fur et à mesure qu'ils se déplacent

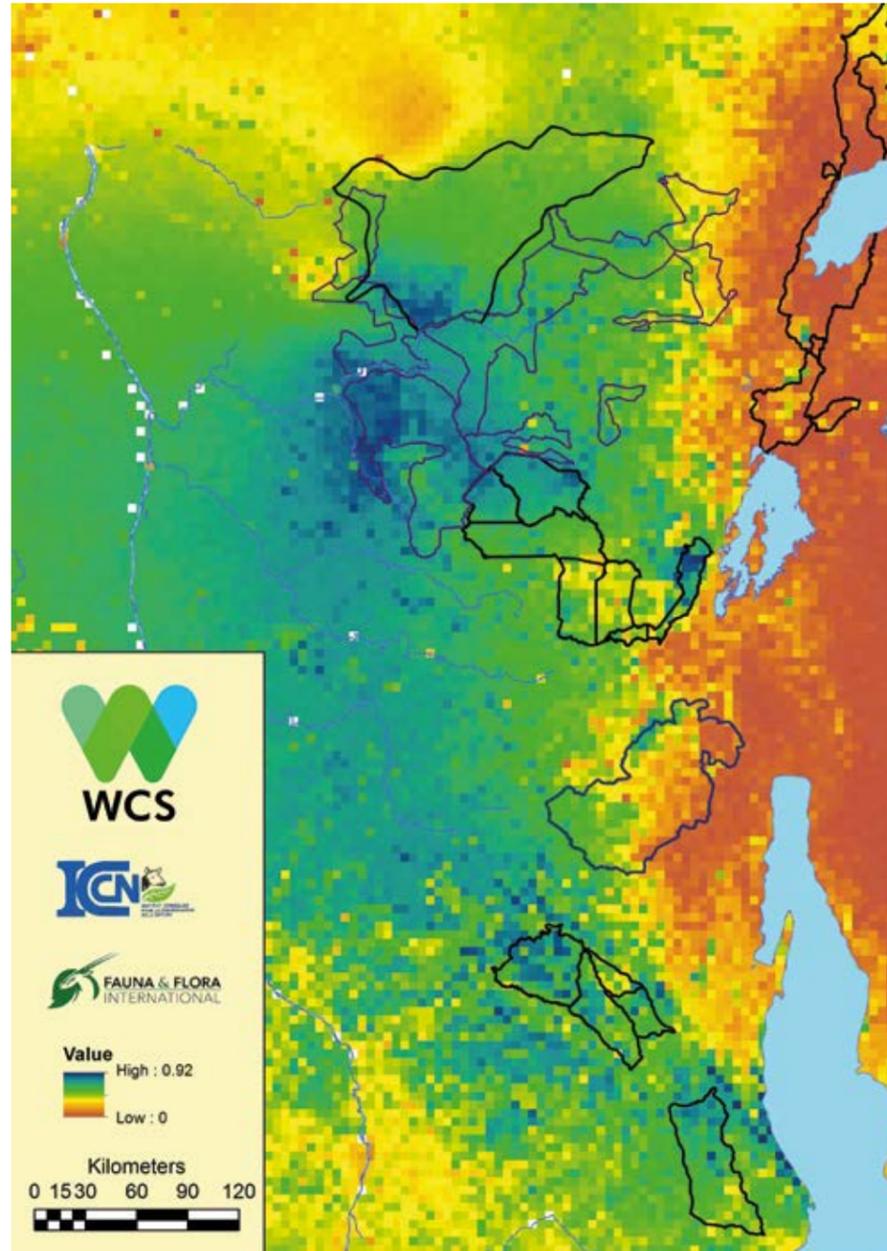


Figure 12. Carte de probabilité d'occupation pour les chimpanzès générée en utilisant les covariables et les effets spatiaux significatifs



Signe d'alimentation d'un chimpanzé (morceaux de bambou mâchés). Crédit S. Nixon

dans leurs domaines vitaux annuels relativement petits. Les gorilles ont également des journées plus courtes que celles des chimpanzès. Combinés, ces facteurs rendent les gorilles plus faciles à localiser et, là où ils se trouvent, à tuer. La structure sociale cohésive des gorilles (étant protégés par un seul mâle dominant adulte) les expose aussi considérablement au danger d'être chassés. Les chasseurs locaux dans la région de Maiko-Tayna rapportent qu'il est facile de tuer plusieurs gorilles à la fois. Les chimpanzès, d'un autre côté, peuvent se disperser plus rapidement et sont moins susceptibles que les gorilles de réagir brutalement face à leurs attaquants.

COMPARAISON DES ESTIMATIONS DE DENSITE

Effort d'inventaire et courbes de détection

Un total de 240,2 km de transects linéaires a été parcouru par les équipes de terrain de WCS entre 2011 et 2015 dans les secteurs de basse altitude du PNKB, au nord de Kahuzi et à l'ouest d'Itebero, dans les *Forêts pour le Développement Intégral* (Fodi), et dans les Réserves Communautaires de Tayna et de Kisimba-Ikobo. Des données de recce existent pour bien plus de zones, mais nous avons choisi d'analyser les données de transects seulement pour faire des comparaisons avec les estimations de densité de 1994. Seuls 27 groupes de nids de gorilles ont été observés sur les récents transects, donnant un taux de rencontre de 0,11 groupe de nids par km parcouru. Cela est vraiment trop faible pour pouvoir estimer avec fiabilité la densité des nids en utilisant les méthodes d'échantillonnage à distance. Nous avons donc combiné les données de 2011–2015 avec celles de 1994 et analysé les deux jeux de données en utilisant l'année d'inventaire comme covariable.

Nous aurions pu présumer que la courbe de détection aurait été la même en 1994 et en 2011–2015, mais comme les observateurs n'étaient pas les mêmes et que la structure de la végétation peut avoir changé au cours des 20 années qui ont séparé les études, les données ont été analysées avec l'option multivariée d'échantillonnage à distance (MCDS pour Multi-covariate distance sampling) dans DISTANCE, en utilisant la période d'étude comme facteur covariable. Ceci permet d'effectuer l'analyse avec différentes courbes de détection pour les deux périodes de temps (Fig. 13). Il y avait une différence notable dans la distance perpendiculaire aux observations de groupes de nids de gorilles (Fig. 13), mais pas de différence évidente pour les groupes de nids de chimpanzès, donc dans le cas des chimpanzès nous avons combiné les deux périodes de temps pour analyser les données avec une seule fonction de détection (Fig. 14).

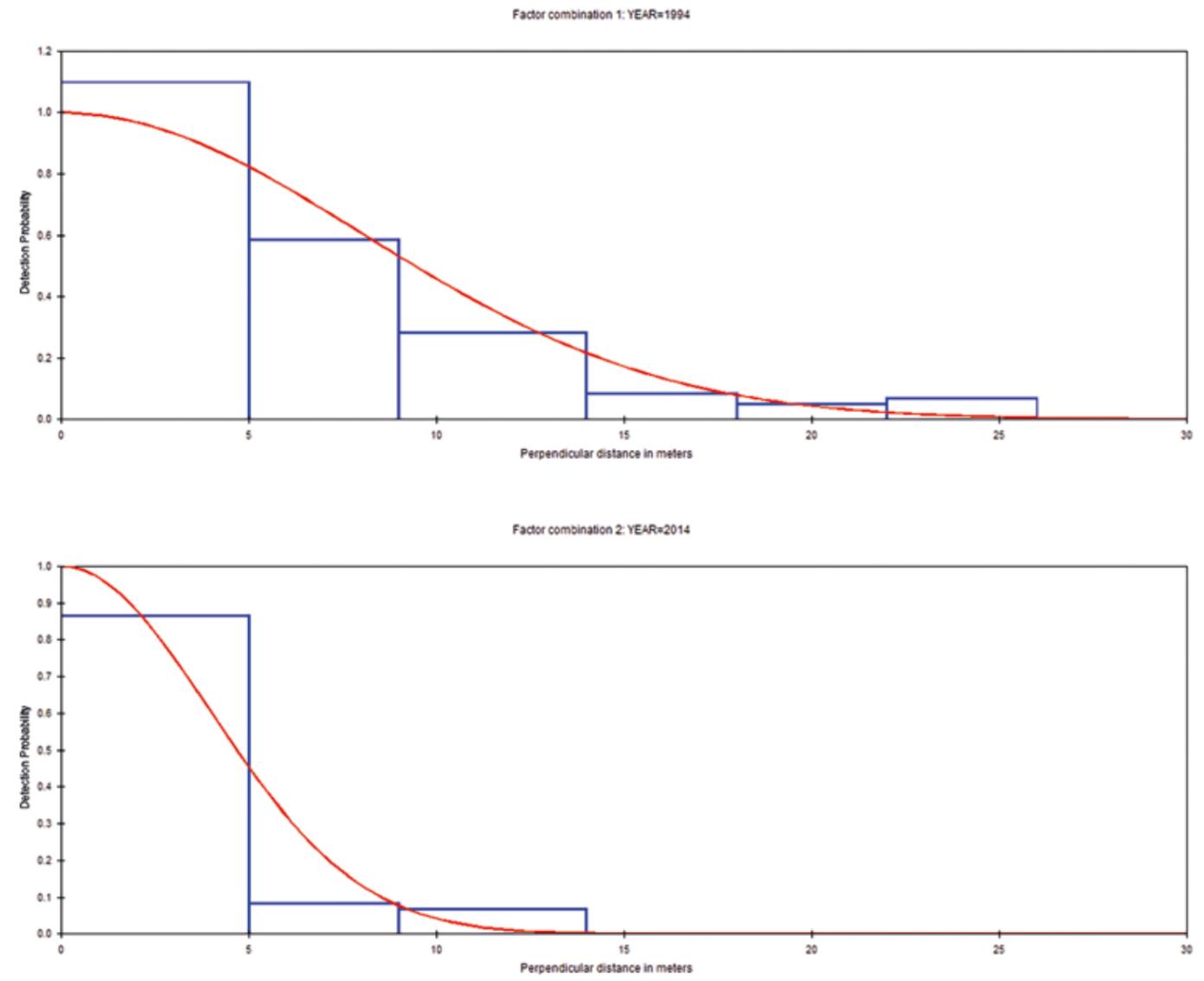


Figure 13. Courbes de détection traçant la probabilité de détecter un groupe de nids de gorilles (axe Y) avec la distance perpendiculaire au transect (axe X) ; données de 1994 (en haut) et données de 2011–2015 (en bas)

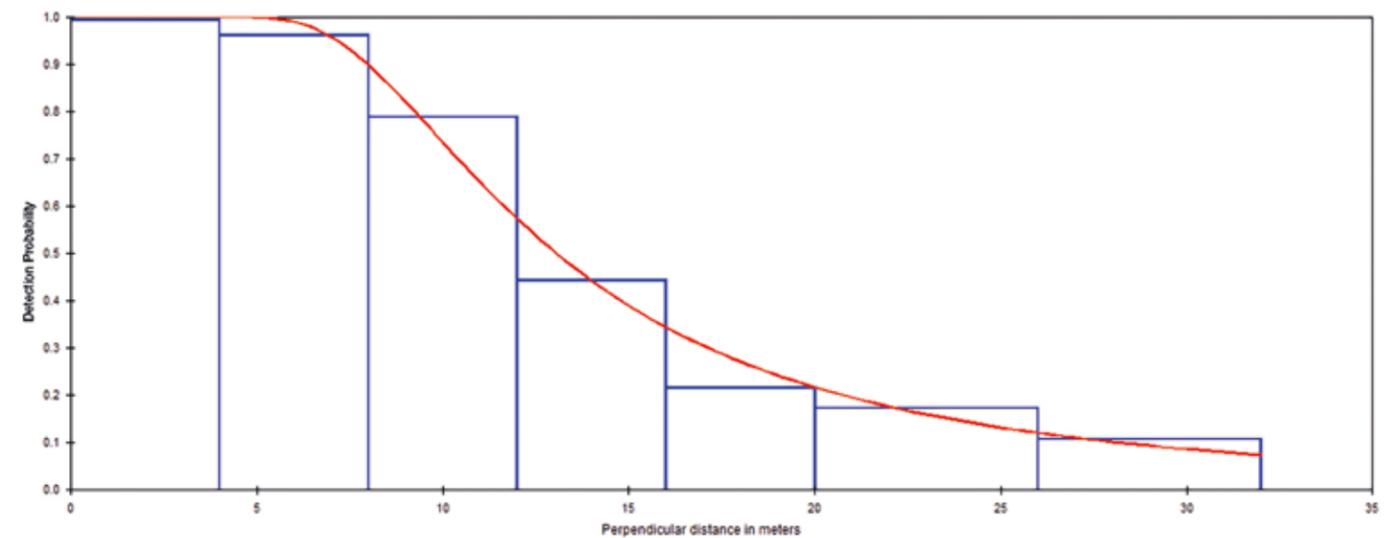


Figure 14. Courbes de détection traçant la probabilité de détecter un groupe de nids de chimpanzès (axe Y) avec la distance perpendiculaire au transect (axe X). Les données ont été combinées pour les deux périodes de temps car les deux courbes étaient très similaires



DENSITES DE GORILLES

Mère et bébé gorilles de Grauer, Parc National de Kahuzi-Biega. Crédit A. Plumptre/WCS

Les densités de groupes de nids de gorilles estimées pour 1994 et 2011–2015 sont données dans le Tableau 4. Nous avons multiplié la densité des groupes de nids par la taille moyenne des groupes de 6,4 nids par groupe (telle que dans Hall *et al.* 1998b) pour les données de 1994. Comme nous avons peu de nids frais pour les études récentes, nous avons comparé la taille moyenne des groupes de nids de tous les sites de nids du jeu de données de 1994 avec la taille des groupes de nids du jeu de données de 2011–2015. Nous avons trouvé que la taille moyenne des groupes était de 4,0 pour 1994 et de 4,25 pour 2011–2015, et avons donc utilisé la même taille de groupe qu'en 1994 qui était de 6,4 nids par groupe de nids frais. Nous avons multiplié cette valeur par la densité des groupes de nids pour obtenir une estimation de la densité des gorilles, puis multiplié la densité des gorilles par l'aire de la zone d'étude pour estimer la taille de la population dans chaque site. Ces résultats montrent un déclin de 87% dans la population de gorilles des secteurs d'Itebero et de Nzovu du PNKB.



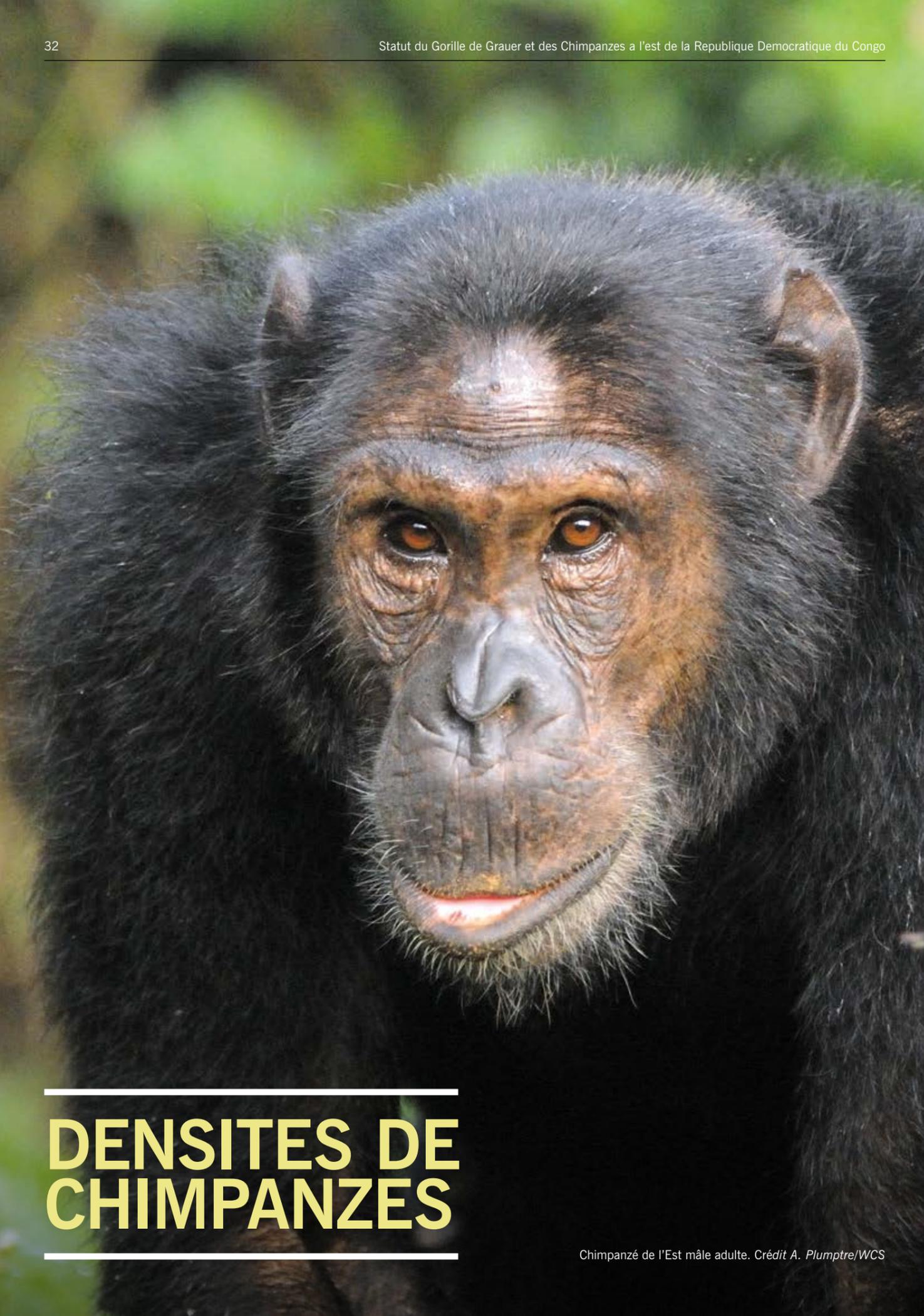
Gorille de Grauer mâle adulte, Parc National de Kahuzi-Biega. Crédit S. Nixon

Tableau 4. Densité estimée des nids de gorilles, densité des gorilles, et nombre total de gorilles sevrés dans différents sites étudiés en 1994 (jaune) et en 2011–2015.

Site	Année	Aire km ²	Densité de groupes de nids	Densité de gorilles	Estimation de la population	Intervalles de confiance à 95%
Kahuzi-Itebero-Lulingu	1994	2 925	0,301	1,926	5 635	2 995–10 633
Kahuzi-Nzovu	1994	1 921	0,108	0,691	1 188	605–2 343
Kahuzi-Itebero-Lulingu	2011–2015	2 925	0,035	0,224	655	206–2,134
Kahuzi-Nzovu	2011–2015	1 921	0,021	0,134	258	86–811
Kahuzi-Kasese	2011–2015	716	0,040	0,256	183	60–536
Fodi	2011–2015	200	0,019	0,122	24	4–147
Tayna-Kisimba-Ikobo	2011–2015	1 869	0,067	0,289	541	121–2 414

Tableau 5. Densité estimée des nids de chimpanzès, densité des chimpanzès, et nombre total de chimpanzès sevrés dans différents sites étudiés en 1994 (jaune) et en 2011–2015.

Site	Année	Aire km ²	Densité de groupes de nids	Densité de chimpanzès	Estimation de la population	Intervalles de confiance à 95%
Kahuzi-Itebero-Lulingu	1994	2 925	0,178	0,348	912	505–2 065
Kahuzi-Nzovu	1994	1 921	0,318	0,642	1 101	613–2 479
Kahuzi-Itebero-Lulingu	2011–2015	2 925	0,071	0,263	768	292–2 025
Kahuzi-Nzovu	2011–2015	1 921	0,180	0,512	982	451–2 137
Kahuzi-Kasese	2011–2015	716	0,033	0,047	34	13–88
Fodi	2011–2015	200	0,255	0,983	197	89–433
Mt Hoyo	2014	317	0,168	0,383	142	44–453
Tayna-Kisimba-Ikobo	2011–2015	1 869	0,228	0,684	1,277	409–3 990



DENSITES DE CHIMPANZES

Chimpanzé de l'Est mâle adulte. Crédit A. Plumtre/WCS

Une analyse similaire a été effectuée pour les densités de chimpanzès dans les sites pour lesquels nous avons des données de transects (Tableau 5). La taille des groupes de nids de chimpanzès différait entre 1994 et 2011–2015, moyennant 2,0 en 1994 pour les nids frais ainsi que pour tous les nids combinés, et 4,6 pour le secteur de basse altitude du PNKB en 2011–2015. Nous avons donc utilisé les tailles de groupes relevées sur le terrain pour calculer les densités de chimpanzès dans les études récentes. Ces résultats montrent un déclin de 22% du nombre de chimpanzès entre 1994 et 2011–2015 dans la basse altitude

du PNKB. Il est clair que les chimpanzès s'en soient mieux sortis dans les secteurs de basse altitude d'Itebero-Lulingu et de Nzovu du PNKB, déclinant d'environ 22% en densité comparé à la baisse de 87% des gorilles. Ceci est probablement dû au système social des chimpanzès, qui ne se déplacent pas en groupes unis mais qui ont un système social de fission-fusion et qui sont généralement présents en petits partis ou seuls. Il est ainsi plus difficile pour les braconniers de les pister et de les trouver, et les chimpanzès n'ont donc pas décliné aussi rapidement.

COMPARAISON DES TAUX DE RENCONTRE POUR DIFFERENTS SITES

Les données des taux de rencontre pour les nids de gorilles et de chimpanzès, obtenus dans différents sites (Tableau 6), montrent les tendances historiques des populations au cours du temps. Presque tous les sites montrent une diminution des taux de rencontre des gorilles (Fig. 16) et des chimpanzès (Fig. 17), indiquant que le déclin trouvé dans le PNKB au niveau des densités se reflète dans les tendances des taux de rencontre des nids dans tous les sites où les gorilles sont présents.

Tableau 6. Taux de rencontre (E-rate pour Encounter rate) des nids de gorilles et de chimpanzès par kilomètre parcouru

Site	Année	Recce ou transect	Distance parcourue (km)	E-rate des nids de gorilles/km	E-rate des nids de chimpanzès/km	Source
Réserve d'Itombwe						
Itombwe	1996	Recce principalement	541,2	0,61	1,79	Omari et al. 1999
Itombwe Kitopo-Makenda	2006	Transect	88,74	0,82	1,50	WCS
Itombwe Ulindi	2008	Transect	51,63	0,04	0,95	WCS
Itombwe West Mwana	2008	Transect	37,63	0	0,80	WCS
Itombwe – SMART	2013–2014	Recce	1 130 52	0,02	0,02	ICCN/WCS
Forêt de Balala Nord						
Balala	1996	Recce	53,4	0,17	N/A	Omari et al. 1999
Balala	2013	Recce		0,00	0,00	WCS
Parc National de Kahuzi-Biega						
Kahuzi-Biega Tshivanga	2000	Recce	307,35	0,89	2,61	WCS
Kahuzi-Biega Tshivanga – SMART	2014–2015	Recce	4 273,71	1,31	0,09	ICCN/WCS
Kahuzi-Biega Itebero Zone 1	1994	Transect	76,41	2,21	2,51	Hall et al. 1998
Kahuzi-Biega Itebero Zone 2	1994	Transect	69,02	3,82	0,68	Hall et al. 1998
Kahuzi-Biega Itebero Zone 3	1994	Transect	74,60	1,14	0,26	Hall et al. 1998
Kahuzi-Biega Itebero Zone 1	2006	Recce	85,17	0,06	0,25	WCS/ICCN
Kahuzi-Biega Itebero Zone 1	2011	Transect	22,0	0,09	0,27	WCS/ICCN
Kahuzi-Biega Itebero Zone 1	2013	Transect	15,50	0,00	0,19	WCS/ICCN
Kahuzi-Biega Itebero – SMART	2014–2015	Recce	172,38	0,08	0,3	ICCN/WCS
Kahuzi-Biega Nzovu Zone 4	1994	Transect	100,00	1,21	2,11	Hall et al. 1998
Kahuzi-Biega Nzovu	2007	Recce	355,22	0,51	0,39	WCS/ICCN
Kahuzi-Biega Nzovu	2007	Transect	56,03	0,00	0,30	WCS/ICCN
Kahuzi-Biega Nzovu	2013	Transect	20,59	0,05	0,24	WCS/ICCN
Kahuzi-Biega Nzovu	2014	Transect	53,06	0,11	1,91	WCS/ICCN

Site	Année	Recce ou transect	Distance parcourue (km)	E-rate des nids de gorilles/km	E-rate des nids de chimpanzés/km	Source
Kahuzi-Biega Nzovu – SMART	2014–2015	Recce	745,84	0,04	0,05	ICCN/WCS
Kahuzi-Biega Kasese	2010	Transect	158,55	0,01	0,17	WCS/ICCN
Kahuzi-Biega Kasese	2013	Transect	5,39	0,19	0,37	WCS/ICCN
Kahuzi-Biega Kasese	2015	Transect	59,46	0,18	0,16	WCS/ICCN
Kahuzi-Biega Kasese – SMART	2014–2015	Recce	332,73	0,10	0,06	ICCN/WCS
Réserve des gorilles de Punia/Kasese						
Kasese/RGPU Zone 1	1995	Transect	53,00	0,57		Hall et al. 1998
Kasese/RGPU Zone 2	1995	Transect	54,00	0,93		Hall et al. 1998
RGPU Zone1&2 – SMART	2014–2015	Recce	668,93	0,17	0,13	WCS/RGPU
Kasese/RGPU Zone 3	1995	Transect	54,00	0,72		Hall et al. 1998
Kasese/RGPU Zone 3	2010	Recce	141,17	0,00	0,00	WCS
RGPU Zone 3 – SMART	2014–2015	Recce	352,97	0,65	0,18	WCS/RGPU
Tayna Community Reserve						
Tayna	2004	Transect	68,90	2,35		Mehlman 2008
Tayna	2006	Recce/transect	89,00	4,48	2,52	S. Nixon/ DFGFI
Tayna	2013	Transect	11,96	0,25	0,42	WCS
Réserve Communautaire de Kisimba-Ikobo						
Kisimba-Ikobo	2013	Transect	11,06	0,00	1,08	WCS
Parc National de la Maiko						
Maiko-Sud-ouest	2005	Recce	170,00	0,42	0,42	S. Nixon/ DFGFI
Maiko - SMART	2014–2015	Recce	1 408,14	0,002	0,02	ICCN/WCS
Réserve Communautaire de Lubutu						
Lubutu	2010	Recce	230,30	0,00	0,22	S. Nixon/FFI
Réserve Communautaire d'Usala						
Usala	2007	Recce	204,00	1,47	0,23	S. Nixon/DFGFI
Usala	2010–2013	Recce	212,76	1,37	0,26	S. Nixon/FFI
Réserve Communautaire de REGOMUKI						
REGOMUKI	2013	Recce	113,60	0,22	0,52	S. Nixon/FFI

Sur les 11 sites avec plus d'une estimation du taux de rencontre des gorilles, seuls le secteur de Tshivanga (secteur de haute altitude) et le secteur de Kasese du PNKB, la région très reculée d'Usala, et la partie Est de la RGPU, montrent des signes de taux de rencontre des nids stables ou en augmentation (Fig. 15). La faible valeur récente pour la Réserve de Tayna pourrait être une sous-estimation car le personnel de terrain

n'a pas pu étudier toute la réserve à cause de l'insécurité. Le taux de réduction moyen par an dans les sept sites qui montrent un déclin était de 5,5% par an.

Les chimpanzés sont également en déclin dans la plupart des sites (Fig. 16), avec des populations stables ou en augmentation seulement à Usala et dans la Réserve des Gorilles de Punia (Secteur

3 qui borde le PNKB). Le secteur de Nzovu du PNKB est aussi potentiellement stable, mais la ligne de tendance est abaissée par un faible taux de rencontre au milieu des années 2000. Des données récentes montrent un taux de rencontre similaire à celui de 1994. Le taux de réduction moyen des taux de rencontre des chimpanzés dans les six sites étudiés est de 5,1% par an.

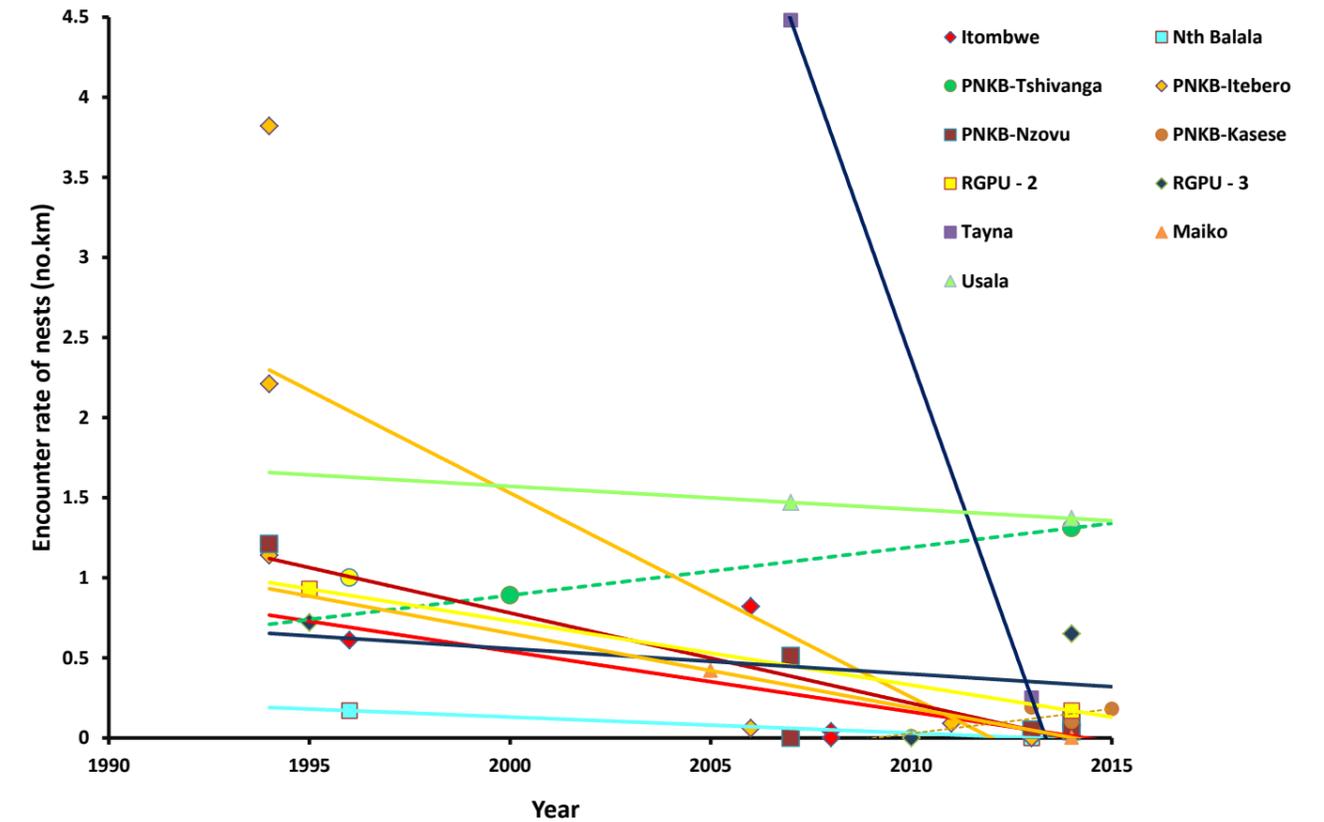


Figure 15. Taux de rencontre des nids de gorilles par kilomètre parcouru dans différents sites au sein de l'aire de répartition des gorilles de Grauer. Les lignes de régression pour chaque site sont tracées de la même couleur que les points

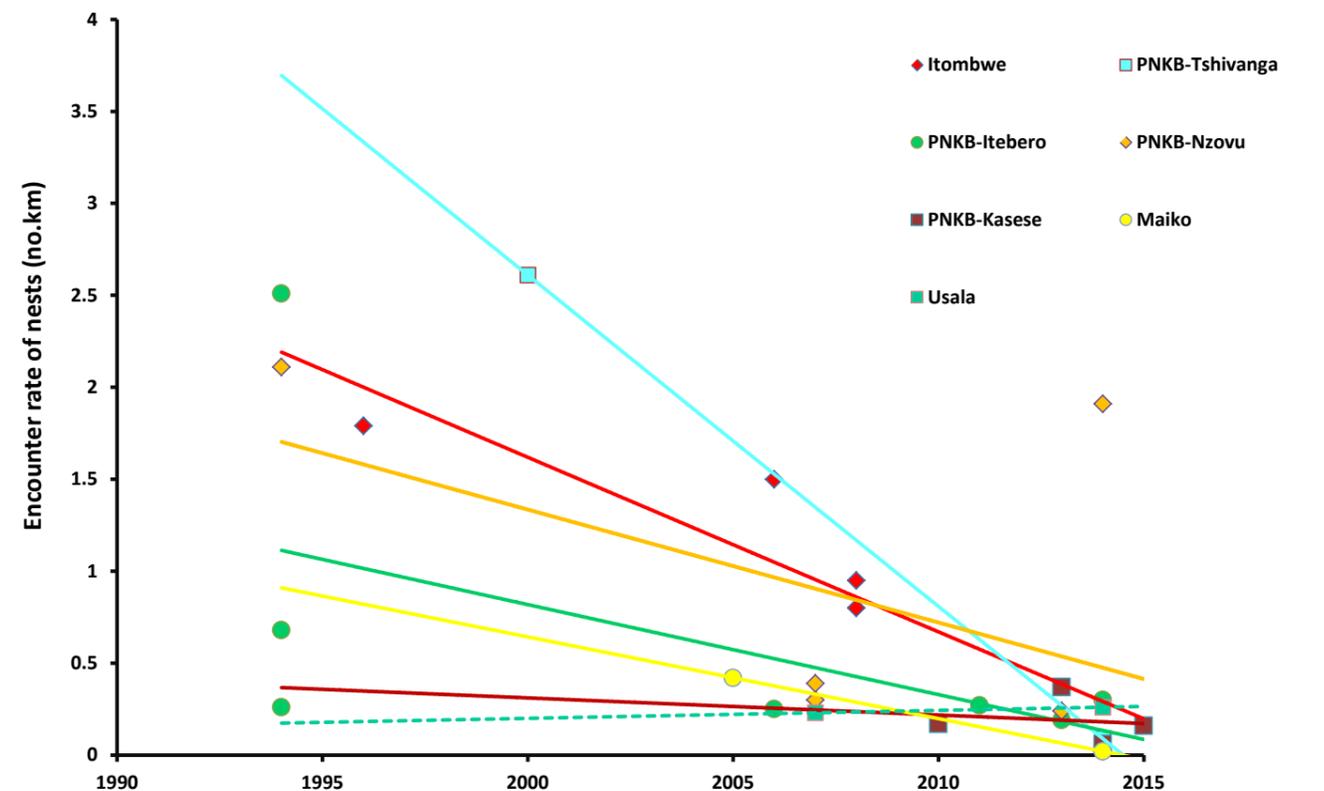


Figure 16. Taux de rencontre des nids de chimpanzés par kilomètre parcouru dans différents sites au sein de l'aire de répartition des gorilles de Grauer. Les lignes de régression pour chaque site sont tracées de la même couleur que les points

Tableau 7. Déclins estimés des populations de gorilles et de chimpanzées dans différents sites, comparés aux taux de rencontre (%) des études les plus anciennes aux plus récentes. Vert = taux de rencontre stable ou croissant (valeur -ve) ; rouge = taux de rencontre décroissant

Site	Dates entre les comparaisons	Pourcentage de déclin des gorilles	Pourcentage de déclin des chimpanzées
KBNP-Tshivanga	2000–2014	-47,19	96,55
KBNP-Kasese	2013–2015	5,26	5,88
Usala	2007–2014	6,88	-13
RGPU Zone 3	1995–2014	9,72	
RGPU Zone 2	1995–2014	81,72	
Tayna	2007–2013	89,36	
KBNP-Nzovu	1994–2014	90,9	9,5
KBNP-Itebero-Lulingu	1994–2014	96,23	80
Itombwe	1996–2014	96,72	98,88
Maiko	2005–2014	99,52	95,24
Balala	1996–2014	100	

Là où il y a eu des déclins, le pourcentage moyen de perte de la population est de 93,5% pour les gorilles et de 92,7% pour les chimpanzées, en calculant à partir des taux de rencontre des nids (Tableau 7). Là où nous avons comparé les taux de rencontre, nous avons comparé les estimations faites à partir des transects et des reces séparément car les taux de rencontre seront plus faibles sur les marches de recce. Cependant, les taux de rencontre ne sont pas une mesure de population aussi robuste que les mesures de densité parce qu'ils sont affectés par les problèmes de détectabilité des nids. Néanmoins pour les chimpanzées, comme le taux de rencontre est généralement bien corrélé à la densité, ces fortes baisses seront indicatives de réels déclins dans les populations de grands singes dans ces sites (Plumptre & Cox 2005).

CORRELATIONS DES TAUX DE RENCONTRE ET DE LA DENSITÉ

En utilisant les données des taux de rencontre issues des transects et les estimations de densité obtenues grâce aux analyses présentées ici et dans Hall *et al.* (1998b), nous avons obtenu des corrélations significatives entre le taux de rencontre des nids individuels le long des transects et la densité des deux grands singes (Fig. 17).

En utilisant ces équations et les valeurs du taux de rencontre dans le tableau 7, nous avons estimé une densité moyenne pondérée pour les chimpanzées et les gorilles, en pondérant

par l'aire de la région étudiée, et estimé les nombres de gorilles et de chimpanzées dans chaque site (Tableau 8).



Chimpanzées de l'Est se nourrissant de figues. Crédit A. Houle

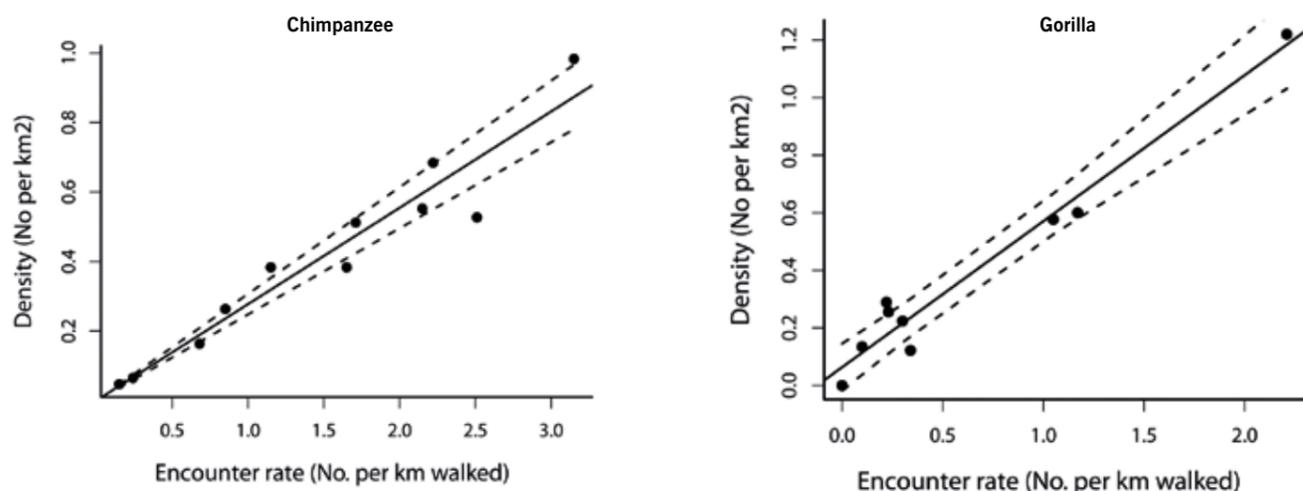


Figure 17. Corrélation du taux de rencontre des nids (Nombre par km parcouru) et des densités calculées (Nombre par km²) pour les gorilles (en haut) et les chimpanzées (en bas) avec les intervalles de confiance à 5% et à 95% (lignes en pointillés)

Tableau 8. Densités et nombres de gorilles et de chimpanzées estimés dans différents sites à partir des données des taux de rencontre (issues des transects, dans la mesure du possible)

Site	Aire (km ²)	Chimpanzee		Gorille	
		Densité	Nombre	Densité	Nombre
Itombwe	5 600	0,222	1,241	0,014	79
Balala	400	0,000	0	0,000	0
Kahuzi-Biega Tshivanga	600	0,025	15	0,668	200
Kahuzi-Biega Itebero-Lulingu	2 925	0,236	689	0,205	599
Kahuzi-Biega Nzovu	1 921	0,474	910	0,077	148
Kahuzi-Biega Kasese	716	0,042	30	0,159	114
FODI	200	0,873	175	0,231	46
RGPU Nord	2 400	0,233	209	0,282	254
RGPU Est	2 000	1,028	998	0,000	0
Tayna	900	0,036	86	0,118	284
Kisimba-Ikobo	971	0,050	100	0,422	845
Maiko	10 830	0,006	60	0,001	15
Lubutu	1 056	0,061	64	0,000	0
Usala	1 152	0,072	83	0,797	918
REGOMUKI	1 480	0,144	213	0,152	225
Mt Hoyo	317	0,457	145		
Total			5 019		3 727

PREDICTION DES NOMBRES DE GORILLES A PARTIR DE L'ANALYSE D'OCCUPATION

Afin de transformer la carte des probabilités de présence à partir de l'analyse d'occupation en une aire de distribution d'espèce, nous avons utilisé un seuil de probabilité. Nous avons calculé le seuil de probabilité qui maximise la True Skill Statistic (TSS; Liu *et al.* 2011). Cette méthode identifie le meilleur seuil de probabilité en minimisant l'erreur de prédiction pour les présences et les absences. Les cellules avec une probabilité d'occupation égale ou supérieure à la valeur du seuil peuvent ensuite être multipliées par la densité moyenne de l'espèce calculée à partir des taux de rencontre et des équations dans la section précédente.

Nombres de gorilles estimés

Nous avons obtenu un seuil de probabilité de 0,35 (Fig. 18) et une TSS maximale de 0,86. Cette valeur de TSS est relativement élevée,

indiquant une bonne correspondance entre notre aire de distribution d'espèce et les sites favorables et non favorables observés. L'aire de cellules de 5x5 km avec une valeur de 0,35 ou plus était 19 700 km², qui est l'aire prédite de présence des gorilles. La densité moyenne pondérée de gorilles dans la totalité des sites était de 0,193 par km², ce qui donne, en multipliant par cette aire, une estimation de 3 800 gorilles de Grauer dans leur aire de répartition. Le calcul des limites inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance autour de ce nombre doit prendre en compte l'erreur de la régression du taux de rencontre en fonction de la densité, ainsi que l'erreur dans le modèle hSDM.ZIB.iCAR et le calcul de la TSS. En combinant les deux sources d'erreurs, nous avons obtenu 1 280–9 050 comme limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance à 95%.

Nombres de chimpanzées estimés

Nous avons obtenu un seuil de probabilité de 0,5 (Fig. 19) et une TSS maximale de 0,67. Cette valeur de TSS est raisonnable, indiquant une correspondance raisonnable entre notre

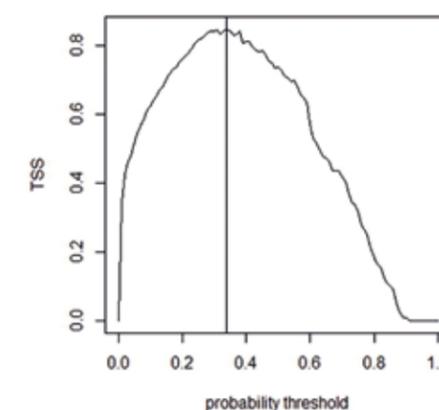


Figure 18. Graphique de la True Skill Statistic en fonction du seuil de probabilité identifiant $p=0,35$ comme seuil de probabilité pour une TSS maximale de 0,86

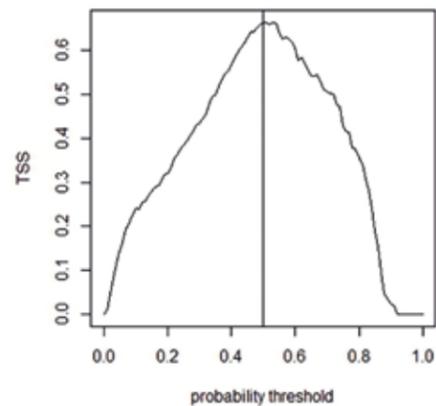


Figure 19. Graphe de la True Skill Statistic en fonction du seuil de probabilité identifiant $p=0,50$ comme seuil de probabilité pour une TSS maximale de 0,67

estimation de 37 740 chimpanzés dans ce paysage. En calculant l'intervalle de confiance à 95% de la même façon que pour les gorilles, nous avons obtenu 14 019–67 196 comme limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance à 95%.

DISCUSSION

Changements des populations

Ces résultats montrent un déclin majeur de la population de gorilles de Grauer dans son aire de répartition. En 1994, le PNKB, avec la région de Kasese à l'ouest, abritaient 86% de la population (Hall *et al.* 1998a). L'analyse d'occupation et les études de SMART, de recce et de transects menées en 2011–2015 indiquent que ces deux zones demeurent très importantes pour cette espèce. Notre estimation du déclin des gorilles de Grauer est de 87% à partir des estimations de densité du PNKB. Les preuves issues des analyses des taux de rencontre indiquent aussi une diminution moyenne du gorille de Grauer de 94% dans sept des onze sites pour lesquels nous avons des données. Quand nous comparons l'estimation de la population totale de 17 000 (Hall *et al.* 1998b) avec celle de 3 800 estimée dans le modèle d'occupation, cela montre également une diminution du nombre de gorilles de 77%.

Cette dévastation est due à la chasse illégale de cette espèce pour la viande de brousse, en particulier autour des concessions minières qui sont souvent localisées au plus profond des forêts. Seul le secteur de haute altitude du PNKB a été raisonnablement bien protégé au cours de cette période, et quand bien même les nombres y ont diminué de moitié, avec 258 gorilles en 1993 à 130 en 2000 à cause de la chasse de la viande de brousse, bien que cette population se soit rétablie à 181 individus en 2010 (Tableau 9). Les données des taux de rencontre indiquent des croissances continues dans cette zone.

Les données sur les nids des chimpanzés montrent aussi des déclins majeurs des

Tableau 9. Statistiques résumant les études des gorilles de Grauer dans le secteur de haute altitude du Parc National de Kahuzi-Biega, 1978–2010

Année	Groupes de gorilles	Nombres de gorilles	Taille de groupe moyenne	Pourcentage de bébés	Mâles solitaires
1978	14	223	15,6	17	5
1990	25	258	10,8	8,4	9
1996	25	245	9,8	12,7	2
2000	13	130	9,6	9,3	4
2004	15	168	10,7	15,9	2
2010	17	181	9,9	14,2	2

chimpanzés dans l'Est de la RDC. Les données des taux de rencontre indiquent une diminution moyenne de 81% là où des déclins ont été observés, mais cela varie considérablement entre régions. Les données de densité issues du PNKB, qui sont plus précises car elles incluent la détectabilité à partir de la ligne de transect, indiquent un déclin bien moins important, celui-ci étant estimé à 22% pour le secteur de basse altitude du parc. Les données des taux de rencontre pour la même zone indiquent une diminution de 45%.

Il est clair que là où la protection est bonne, comme dans la zone de haute altitude du PNKB, les nombres de gorilles peuvent se reconstruire, mais ailleurs où la protection a été minimale, c'est seulement dans les régions reculées que les gorilles se maintiennent.

Statut du gorille de Grauer sur la Liste Rouge de l'UICN

Les données que nous présentons plus haut justifient de classer le gorille de Grauer comme étant en Danger Critique d'extinction sur la Liste Rouge des Espèces Menacées de l'UICN, selon les critères suivants :

A2 (réduction de population observée, estimée ou déduite ou suspectée dans le passé, où les

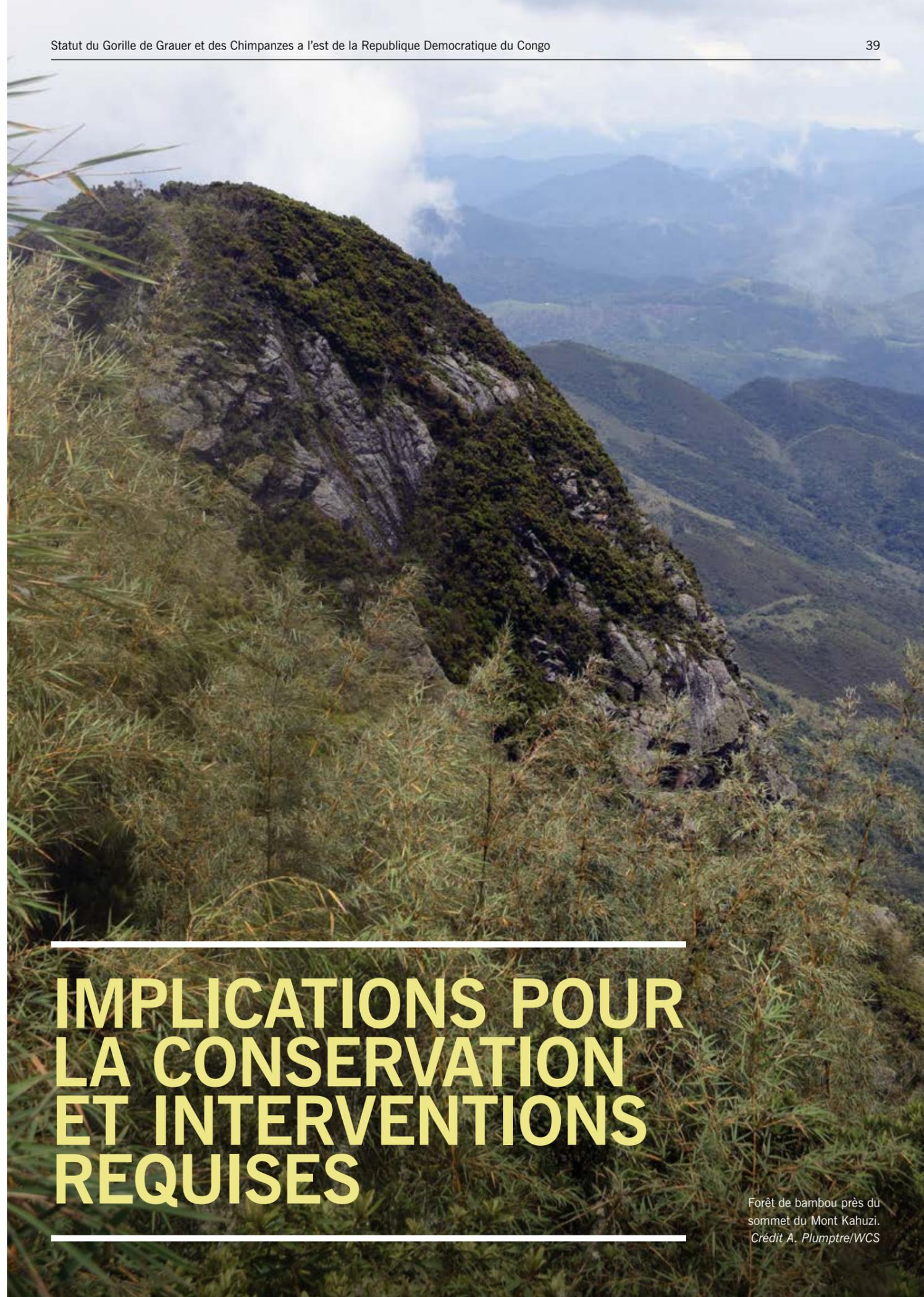
causes de la réduction peuvent ne pas avoir cessé OU peuvent être irréversibles) sur la base des éléments suivants:

- Observation directe
- Un indice d'abondance
- La réduction de la zone d'occupation (quelques populations ont disparu)

Une réduction des effectifs supérieure à 80% depuis trois générations mérite une classification en Danger Critique. Nous estimons une réduction de 87% à partir des données de densité, un déclin de 94% à partir des données des taux de rencontre, et une baisse de 77% à partir des données de modélisation dans plusieurs sites au sein de son aire de répartition. Des études menées par FFI n'ont pas pu trouver de gorilles dans des zones qu'ils fréquentaient à Lubutu à l'ouest du Parc National de la Maiko. Ces changements se sont déroulés au cours d'une période d'environ une génération (20 ans), et nous recommandons donc que le statut de cette sous-espèce de gorille de l'Est soit élevé à la catégorie de Danger Critique d'extinction dans la Liste Rouge. Nous estimons à partir de l'analyse d'occupation qu'il ne reste que 3 800 (1 280–9 050) gorilles de Grauer à l'état sauvage.



Gorille de Grauer mâle adulte, Parc National de Kahuzi-Biega. Crédit S. Nixon



IMPLICATIONS POUR LA CONSERVATION ET INTERVENTIONS REQUISES



Eco-gardes de l'ICCN effectuant une patrouille anti-braconnage, Parc National de Kahuzi-Biega. Crédit A. Plumtre/WCS

Il est clair que le gorille de Grauer est gravement menacé à travers son aire de répartition. Il bénéficie d'une protection efficace dans le secteur de haute altitude du PNKB, bien qu'il subisse une chute rapide dans presque tout le reste de son aire de répartition. Dans la RGPU, le gorille de Grauer est raisonnablement protégé simplement par l'isolement de cette région et l'absence de groupes de milices, mais ceci pourrait rapidement changer. Les résultats d'occupation soulignent que le PNKB et la RGPU sont primordiaux pour la survie du gorille de Grauer, avec d'importantes populations persistant dans la Forêt d'Usala, dans les Réserves Naturelles de Tayna et de Kisimba-lkobo, et dans la Réserve d'Itombwe. Les efforts de conservation devraient donc se concentrer sur ces régions comme sites prioritaires pour cette espèce. La protection de ces zones contribuerait également à la conservation du chimpanzé de l'Est (mises à part les zones de haute altitude où il est présent en faible densité ou absent), mais il semble que les forêts de basse altitude seront aussi importantes si elles sont éloignées des gens.

Le modèle d'occupation a produit une relation positive significative entre l'occupation des gorilles et des chimpanzés et les sites miniers, plutôt qu'une relation négative. Ceci s'explique par le fait que les sites miniers sont établis

profondément dans la forêt, dans ce qui reste comme habitat essentiel pour les gorilles, et, en tant que tels, constituent la menace la plus grave pour les gorilles à cause de la chasse de la viande de brousse associée. Ceci est probablement la menace la plus critique pour les deux sous-espèces.

INTERVENTIONS CLES NECESSAIRES POUR ARRETER LE DECLIN DES POPULATIONS

Pour que le reste des populations de gorilles de Grauer et de chimpanzés soient protégées et puissent se rétablir, plusieurs interventions clés sont urgemment requises :

- Les sites d'exploitation minière artisanale doivent être régulés, les mineurs désarmés, et les armes bannies. Les mines dans les parcs nationaux devraient être fermées. Les mines dans les réserves communautaires doivent être régulées et gérées d'une façon qui stoppe la consommation de viande de brousse et qui développe un mécanisme pour que les villageois puissent vendre des produits alimentaires alternatifs aux mineurs.
- Le Gouvernement de la RDC doit améliorer la sécurité dans la région à travers sa "brigade

verte" planifiée, en travaillant en étroite collaboration avec l'ICCN pour étendre la couverture de patrouille dans les réserves et les parcs, afin de permettre au personnel de l'ICCN et des Réserves Communautaires d'opérer sans risquer leurs vies. L'appui de patrouilles élargies nécessitera des fonds, mais constitue un moyen d'employer une partie des jeunes hommes qui, autrement, ont recours à l'exploitation minière ou à la chasse pour gagner leur vie.

- Il y a un besoin urgent de législation pour établir les réserves communautaires de la RGPU et d'Usala, et pour appuyer les efforts de protection. Il est également nécessaire de finaliser la classification légale de la Réserve d'Itombwe, qui n'attend plus que la signature du Gouverneur du Sud Kivu.
- Un appui est nécessaire pour la gestion des réserves communautaires, particulièrement celles de Tayna, d'Usala, de Kisimba-lkobo, et de la RGPU. Ceci devrait inclure des bénéfices pour les communautés afin qu'elles commencent à apprécier la valeur de la présence des réserves.
- Sensibiliser les communautés locales sur la crise que les gorilles, les chimpanzés, et les éléphants subissent, et travailler avec les Chefs Traditionnels pour instaurer un tabou sur la chasse et sur la consommation de ces espèces.
- Maintenir la connectivité de l'habitat entre les populations clés de grands singes pour que la migration soit possible dans le futur, au fur et à mesure que les populations se rétablissent.
- Identifier et développer des moyens alternatifs de générer des revenus dans les villages autour des zones clés pour les gorilles de Grauer, pour qu'il y ait d'autres options que l'exploitation minière artisanale.
- Le Gouvernement de la RDC doit assister l'ICCN pour relocaliser les gens volontairement en dehors des Parcs Nationaux de Kahuzi-Biega et de la Maiko, en donnant des mesures incitatives plus fortes pour qu'ils déménagent. Si les villageois ne souhaitent pas être relocalisés volontairement, au moins le zonage des parcs pourrait empêcher que les villages ne s'étendent davantage.
- Le besoin d'augmenter le financement est urgent afin de protéger cette espèce, le plus grand des grands singes du monde, pour qu'il survive en RDC. La décimation décrite ici montre que le niveau actuel de financement est insuffisant pour stopper le déclin.

Il ne reste pas beaucoup de temps pour mettre en œuvre ces recommandations. Au rythme de 5% de perte par an, estimé à partir des données des taux de rencontre dans les sites où les populations sont en train de chuter rapidement, nous perdrons le gorille de Grauer dans beaucoup de ces sites au cours des quelques prochaines (2-5) années.



Sensibilisation des communautés sur les problèmes de conservation des grands singes, Penedjali, Nord de Lova. Crédit M. Vyalengerera



REFERENCES

Amsini, F., Ilambu, O., Liengola, I., Kujirakwinja, D., Hart, J., Grossman F. & Plumptre, A.J. (2008). *The Impact of civil war on the Kahuzi-Biega National Park: Results of surveys between 2000–2008*. Rapport non publié par la Wildlife Conservation Society.

Casimir, M.J. & Butenandt, E. (1973). Migration and core area shifting in relation to some ecological factors in a mountain gorilla group (*Gorilla gorilla beringei*) in the Mt Kahuzi Region, République du Zaïre. *Zeitschrift Tierpsychologie* 33: 514–522.

Emlen, J.T. & Schaller, G.B. (1960). Distribution and status of the mountain gorilla (*Gorilla gorilla beringei*) 1959. *Zoologica* 45: 41–52.

Goodall, A.G. (1974). *Studies on the ecology of the mountain gorilla (G. gorilla beringei) of the Mt. Kahuzi-Biega region (Zaire) and comparisons with the mountain gorillas of the Virunga Volcanoes*. Unpublished PhD thesis, Liverpool University, Liverpool, UK.

Goodall, A.G. (1977). Feeding and ranging behaviour of a mountain gorilla group (*Gorilla gorilla beringei*) in the Tshibinda-Kahuzi region, Zaïre. In: Clutton-Brock, T.H. (ed.), *Primate Ecology*. Pp. 449–479. Academic Press, London.

Goodall, A.G. & Groves, C.P. (1977). The conservation of eastern gorillas. In Rainer & Bourne (eds.), *Primate Conservation*. Pp. 599–637. Academic Press, London.

GRASP (2005). *Strategy and Action Plan for the Survival of the Great Apes in the Democratic Republic of the Congo*. Great Ape Survival Partnership, UNEP/UNESCO & Ministry of Environment, Nature Conservation, Water & Forests, Kinshasa.

Hall, J.S., Saltonstall, K., Inogwabini, B.I. & Omari, I. (1998a). Distribution, abundance and conservation status of Grauer's gorilla. *Oryx* 32: 122–130.

Hall, J.S., White, L.J., Inogwabini, B.I., Omari, I., Morland, H.S., Williamson, E.A., Saltonstall, K., Walsh, P., Sikubwabo, C., Bonny, D., Kaleme, P.K., Vedder, A. & Freeman, K (1998b). Survey of Grauer's gorillas (*Gorilla gorilla graueri*) and eastern chimpanzees (*Pan troglodytes schweinfurthii*) in the Kahuzi-Biega National Park lowland sector and adjacent forest in eastern Democratic Republic of Congo. *International Journal of Primatology* 19: 207–235.

Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O. & Townshend, J.R.G. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* 342: 850–853. Données disponibles en ligne sur : <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>.

Hart, J.A. & Sikubwabo, C. (1994). *Exploration of the Maiko National Park of Zaïre 1989–1992*. New York: Wildlife Conservation Society.

Hart, J., Carbo, M., Amsini, F., Grossmann, F. & Kibambe, C. (2007). *Parc National de Kahuzi-Biega secteur de basse altitude inventaire préliminaire de la grande faune avec une évaluation de l'impact des activités humaines et la situation sécuritaire 2004–2007*. Inventory Monitoring Unit. New York: Wildlife Conservation Society.

Inogwabini, B.I., Hall, J.S., Vedder, A., Curran, B., Yamagiwa, J. & Basabose, A. (2000). Status of large mammals in the mountain sector of Kahuzi-Biega National Park, Democratic Republic of Congo, in 1996. *African Journal of Ecology* 38: 269–276.

IUCN (2015). *IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.4*. <<http://www.iucnredlist.org>>. Downloaded on 21 November 2015.

Kirkby, A., Spira, C., Bahati, B., Twendilonge, A., Kujirakwinja, D., Plumptre, A.J., Wieland, M. & Nishuli, R. (2015). *Investigating Artisanal Mining and Bushmeat around Protected Areas: Kahuzi-Biega National Park and Itombwe Reserve*. Rapport non publié à l'USAID et à la Fondation Arcus.

Liu, C., White, M. & Newell, G. (2011). Measuring and Comparing the Accuracy of Species Distribution Models with Presence-Absence Data. *Ecography* 34: 232–243.

Maldonado, O., Aveling, C., Cox, D., Nixon, S., Nishuli, R., Merlo, D., Pintea, L. & Williamson, E.A. (2012). *Grauer's Gorillas and Chimpanzees in Eastern Democratic Republic of Congo (Kahuzi-Biega, Maiko, Tayna and Itombwe Landscape): Conservation Action Plan 2012–2022*. IUCN/SSC Primate Specialist Group, Ministry of Environment, Nature Conservation & Tourism, Institut Congolais pour la Conservation de la Nature & Jane Goodall Institute, Gland, Switzerland.

Mehlman, P.T. (2008). Current status of wild gorilla populations and strategies for their conservation. In: Mehlman, P.T., Steklis, H.D. & Stoinski, T.S. (eds.), *Conservation in the 21st Century: Gorillas as a Case Study*. New York: Springer.

Mwanza, N., Maruhashi, T., Yumoto, T. & Yamagiwa, J. (1988). Conservation of eastern lowland gorillas in the Masisi region, Zaïre. *Primate Conservation* 9: 111–114.

Nixon, S. (2010). *Participatory assessment of Grauer's eastern gorilla and other wildlife in the Lubutu sector of Maiko National Park and adjacent forest*. Unpublished report submitted to FFI, Fauna and Flora International, Frankfurt Zoological Society, Institut Congolais pour la Conservation de la Nature, Zoological Society of London, Cambridge.

Nixon, S. & Buckley, B. (2006). *Partial Completion of a Biological survey of the Tayna Gorilla Reserve; A Preliminary assessment of the status of Great apes, elephants and human activities*. Unpublished report to Dian Fossey Gorilla Fund International, Goma, DRC.

Nixon, S., Mufabule, K., Bahati, A. & Patule, I. (2007). *A prospection survey of the Usala Forest and proposed Usala Community Reserve, Democratic Republic of Congo, March–April 2007*. Rapport non publié à Dian Fossey Gorilla Fund International, Goma, DRC.

Nixon, S., Emmanuel, E., Mufabule, K., Nixon, F., Bolamba, D. & Mehlman, P. (2005). *The post-conflict status of Grauer's eastern gorilla (Gorilla beringei graueri) and other wildlife in the Maiko National Park Southern Sector and adjacent forests, eastern Democratic Republic of Congo*. Rapport non publié à l'ICCN et à Dian Fossey Gorilla Fund International, Goma, DRC.

Nixon, S., Plumptre, A.J., Pintea, L., Hart, J.A., Amsini, F., Bahati, E., Delattre, E., Kaghoma, C.K., Kujirakwinja, D., Kyungu, J.C., Mufabule, K., Nishuli, R. & Ngobobo, P. (2012). The forgotten gorilla; historical perspectives and future challenges for conserving Grauer's gorilla. Abstract #641. XXIV Congress of the International Primatological Society, Cancun, Mexico.

Omari, I., Hart, J. A., Butynski, T. M., Birhashirwa, N. R., Upoki, A., M'Keyo, Y. *et al.* (1999). The Itombwe Massif, Democratic Republic of Congo: Biological surveys and conservation, with an emphasis on Grauer's gorilla and birds endemic to the Albertine Rift. *Oryx* 33: 301–319.

Plumptre, A.J. & Cox, D. (2005). Counting primates for conservation: primate surveys in Uganda. *Primates* 47: 65–73.

Plumptre, A.J., Nixon, S., Stokes, E., Strindberg, S., Pintea, L. & Kuehl, H. (2013). *Methods for Great Ape Surveys in the Maiko-Kahuzi-Itombwe Landscape*. Rapport non publié à la Fondation Arcus.

Robbins, M., Hart, J., Maisels, F., Mehlman, P., Nixon, S. & Williamson, L. (2008). *Gorilla beringei ssp. graueri*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.4. <www.iucnredlist.org>. Téléchargé le 21 novembre.

Schaller, G.B. (1963). *The Mountain Gorilla: Ecology and Behavior*. Chicago: University of Chicago Press.

Sikubwabo, C.K. (2015). Can the gorillas of Mt Tshiaberimu survive? *Gorilla Journal* 50: 3–4.

Thomas, L., Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Laake, J. L., Strindberg, S., Hedley, S.L., Bishop, J.R.B., Marques, T.A. & Burnham, K.P. (2010). Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology* 47: 5–14.

Tutin, C.E.G., Parnell, R.J., White, L.J.T. & Fernandez, M. (1995). Nest building by lowland gorillas in the Lope Reserve, Gabon: environmental influences and implications for censusing. *International Journal of Primatology* 16: 53–76.

United Nations (2010). *Final report of the Group of Experts on the Democratic Republic of the Congo*. New York: United Nations Security Council.

Vieilledent, G., Merow, C., Guélat, J., Latimer, A.J., Kéry, M., Gelfand, A.E., Wilson, A.M., Mortier, F. & Silander, J.A. (2014). *Hierarchical Bayesian species distribution models with hSDM R Package*. Vignette for hSDM package: <http://hsdm.sourceforge.net/>

Wildlife Conservation Society (2000). In Congo, endangered gorilla population cut in half by rebels. New York: www.wcs.org

Wildlife Conservation Society (14 April 2010). Recent Census in War-Torn DR Congo Finds Gorillas Have Survived, Even Increased. New York: www.wcs.org

Wilson, M.L., Balmforth, Z., Cox, D., Davenport, T., Hart, J., Hicks, C., Hunt, K.D., Kamenya, S., Mitani, J.C., Moore, J., Nakamura, M., Nixon, S., Plumptre, A.J. & Reynolds, V. (2008). *Pan troglodytes ssp. schweinfurthii*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.4. <www.iucnredlist.org>. Téléchargé le 21 novembre.

Yamagiwa, J., Basabose, A.K., Kaleme, K. & Yumoto, T. (2005). Diet of Grauer's gorillas in the montane forest of Kahuzi, Democratic Republic of Congo. *International Journal of Primatology* 26: 1345–1373.

Yamagiwa, J., Mwanza, N., Spangenberg, A., Maruhashi, T., Yumoto, T., Fischer, A. *et al.* (1993). A census of the eastern lowland gorillas *Gorilla gorilla graueri* in Kahuzi-Biega National Park with reference to mountain gorillas *G. g. beringei* in the Virunga Region, Zaïre. *Biological Conservation* 64: 83–89.

Mâle à dos argenté - Mpungwe, secteur de Tshivanga du Parc National de Kahuzi-Biega. Crédit A. Kirkby/WCS

APPENDICE 1. DETAILS DE LA METHODE ET DES RESULTATS DE L'ANALYSE D'OCCUPATION

L'analyse d'occupation que nous avons utilisée dans ce rapport était le modèle hSDM.ZIB.iCAR (un modèle Zero Inflated Binomial avec autocorrélation spatiale) du package hSDM de R (Vieilledent *et al.* 2014). Ce modèle est hiérarchique et est structuré comme suit :

Il y a un **processus écologique** – l'adéquation de l'habitat :

$$z_i \sim \text{Bernoulli}(\Theta_i)$$

$$\text{Logit}(\Theta_i) = X_i B + p_i$$

Où z_i = adéquation de l'habitat dans le site i ; Θ_i = probabilité que l'habitat soit favorable dans le site i . L'habitat dans le site i est décrit par des variables environnementales X_i avec coefficients B et effet spatial aléatoire p_i . p_i est l'effet spatial aléatoire pour la cellule i .

Deuxièmement, il y a une composante d'**autocorrélation spatiale** :

Un modèle d'Autorégression Conditionnelle intrinsèque (iCAR pour intrinsic conditional autoregressive) est supposé :

$$p_i = \text{Normal}(u_i, V_p/n_i)$$

Où u_i = moyenne de p_i dans le voisinage de la cellule i ; V_p = variance des effets spatiaux aléatoires ; n_i = nombre de voisins pour la cellule i .

Troisièmement, il y a un **processus d'observation** :

$$y_i = \text{Binomial}(z_i * d_i, t_i)$$

$$\text{Logit}(d_i) = W_i Y$$

Où y_i = présence d'une espèce dans le site i ; d_i = probabilité de détecter l'espèce dans le site i ; W_i = covariables expliquant le processus d'observation avec les paramètres Y . t_i est le nombre de visites (essais) dans le site i .

Normalement, l'analyse d'occupation utilise des visites répétées du même site pour pouvoir estimer une probabilité de détection et pour éviter les fausses absences. Cependant, il est possible de faire des observations répétées en répliquant les sites spatialement. La cellule entière de 5x5 km ne pouvait pas être explorée et par conséquent il y aura eu des fausses absences dans quelques sites. Pour prendre en compte ces fausses absences et estimer une probabilité de détection, des observations spatiales répétées étaient nécessaires.

MODELE DES GORILLES

Dans le modèle final hSDM.ZIB.iCAR pour les gorilles, les coefficients suivants, pour chaque covariable, qui étaient statistiquement significatifs et biologiquement pertinents ont été obtenus :

Covariable	Moyenne	Ecart-type	Signification
beta.(Intercept)	-4,074	0,449	P<0,05
beta.dem	1,237	0,313	P<0,05
beta.disforlos	1,233	0,419	P<0,05
beta.treecov	0,794	0,243	P<0,05
gamma. (Intercept)	-2,082	0,068	P<0,05
Vrho	9,391	0,563	
Deviance	798,779	15,572	

Les gorilles avaient tendance à être présents à des altitudes plus élevées, où le couvert végétal était élevé, et loin des zones de déforestation active. La probabilité moyenne de détection postérieure (d_i) était 0,111 et la probabilité moyenne d'occupation postérieure (Θ_i) était 0,073.

Comparaison de la déviance :

Une comparaison des valeurs de déviance pour les cinq modèles développés pour les gorilles est donnée ici :

Modèle	Déviance	Pourcentage	
1 NUL	1126,6	0	Pas de covariables
2 environnement	1048,1	13	Couvert végétal et élévation
3 env+impacts humains	1029,3	17	Ajout de la distance à la perte de forêt
4 env+hum+iCAR	798,8	56	Ajout de iCAR
5 SATURE	541,3	100	

MODELE DES CHIMPANZES

Dans le modèle final hSDM.ZIB.iCAR pour les chimpanzés, les coefficients suivants pour chaque covariable ont été obtenus :

	Moyenne	Ecart-type	Signification
beta.(Intercept)	-0,80933	0,346922	P<0,05
beta.bio2	-0,71862	0,301658	P<0,05
beta.dem	-0,77224	0,349159	P<0,05
beta.slope	0,476166	0,218128	P<0,05
beta.treecov	1,050568	0,258907	P<0,05
gamma.(Intercept)	-2,29037	0,058954	P<0,05
Vrho	9,389523	0,519067	
Deviance	1617,276	17,98489	

Les chimpanzés étaient présents là où les températures journalières ne fluctuaient pas trop, à des altitudes plus basses, loin des pentes abruptes, et où le couvert végétal était élevé. La probabilité moyenne de détection postérieure (d_i) était 0,092 et la probabilité moyenne d'occupation postérieure (Θ_i) était 0,431.

Comparaison de la déviance :

Une comparaison des valeurs de déviance pour les cinq modèles développés pour les chimpanzés est donnée ici :

Modèle	Déviance	Pourcentage
1 NUL	1887,011	0
2 env	1775,86	16
3 env+impacts humains	1775,86	16
4 env+hum+iCAR	1617,276	38
5 SATURE	1184,636	100

Chimpanzé cherchant des fruits.
Crédit A. Plumptre/WCS



REMERCIEMENTS

L'appui pour cette analyse a été principalement fourni par la Fondation Arcus à travers l'Institut Jane Goodall. Certaines des études auxquelles il est fait référence dans le rapport ont été financées par d'autres donateurs, notamment le Critical Ecosystem Partnership Fund, le Disney Worldwide Conservation Fund, FZS, KfW, Rainforest Trust, UNESCO, USAID/CARPE, USFWS, et la Banque Mondiale. Nous sommes également reconnaissants envers tous nos assistants de terrain, les directeurs des parcs et les éco-gardes de l'ICCN, les éco-gardes travaillant dans les Réserves Communautaires, et les habitants locaux de la région d'Usala qui ont été impliqués dans la collecte de données présentées dans ce rapport. Hjalmar Kuehl, Sam Strindberg, Fiona Maisels, et Lillian Pintea ont généreusement donné leurs conseils sur les méthodes ainsi que certaines des couches de covariables. Nous sommes aussi reconnaissants envers Chester Zoo qui a financé le temps de Stuart Nixon pendant la rédaction de ce rapport, l'Université de York qui a financé Rob Critchlow, et le CIRAD qui a financé Ghislain Vieilledent pour aider avec les analyses sous R. Ce rapport a été traduit de l'Anglais au Français par Charlotte Spira, WCS.



