

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
REPUBLIC OF CAMROON
Peace - Work - Fatherland

UNIVERSITE DE DSCHANG
UNIVERSITY OF DSCHANG
Scholar Thesaurus Dschangensis Ibi Cordum

B.P. 96,Dschang(Cameroun)-Tel./Fax: 233 43 13 81
Website: [http:// www.univ-dschang.org](http://www.univ-dschang.org)
Email: udsrectorat@univ-dschang.org



Faculté d'Agronomie et des
Sciences Agricoles
FACULTY OF AGRONOMY AND
AGRICULTURAL SCIENCES

Décanat
The Deans' Office

BP 222, Dschang (Cameroon)
Tel. /Fax (237)33 45 15 66
Email: Fasa@univ-dschang.org

DEPARTEMENT DE FORESTERIE

DEPARTMENT OF FORESTRY

DISTRIBUTION DES GENRES FRUITIERS CONSOMMES PAR LES GORILLES DES PLAINES DE L'OUEST (*GORILLA GORILLA GORILLA SAVAGE ET WYMAN, 1847*) DANS LEUR AIRE DE REPARTITION GEOGRAPHIQUE

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur de conception des Eaux,
Forêts et Chasses/ Master professionnel, Spécialité Forêt et Agroforesterie

Par :

EVOUNA ALIMA Carine Nathalie Rébecca

Matricule : CM-UDs- 14ASA0387

Ingénieur des travaux des Eaux, Forêts et Chasses

21^{ème} promotion

Juin 2018

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
REPUBLIC OF CAMROON
Peace - Work - Fatherland

UNIVERSITE DE DSCHANG
UNIVERSITY OF DSCHANG
Scholar Thesaurus Dschangensis Ibi Cordum

B.P. 96,Dschang(Cameroun)-Tel./Fax: 233 43 13 81
Website: [http:// www.univ-dschang.org](http://www.univ-dschang.org)
Email: udsrectorat@univ-dschang.org



Faculté d'Agronomie et des
Sciences Agricoles
FACULTY OF AGRONOMY AND
AGRICULTURAL SCIENCES

Décanat
The Deans' Office

BP 222, Dschang (Cameroon)
Tel. /Fax (237)33 45 15 66
Email: Fasa@univ-dschang.org

DEPARTEMENT DE FORESTERIE

DEPARTMENT OF FORESTRY

DISTRIBUTION DES GENRES FRUITIERS CONSOMMES PAR LES GORILLES DES PLAINES DE L'OUEST (*GORILLA GORILLA GORILLA SAVAGE ET WYMAN, 1847*) DANS LEUR AIRE DE REPARTITION GEOGRAPHIQUE

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur de conception des Eaux,
Forêts et Chasses/ Master professionnel, Spécialité Forêt et Agroforesterie

Par :

EVOUNA ALIMA Carine Nathalie Rébecca

Matricule : CM-UDs- 14ASA0387

Ingénieur des travaux des Eaux, Forêts et Chasses

21^{ième} promotion

Encadreur :

M. TEDONZONG DONGMO Luc Roscelin

Chercheur à l'Association pour la Protection des
Grands Singes – Yaoundé

Superviseur :

Pr Martin TCHAMBA

Chef du Département de Foresterie
FASA – Université de Dschang

Juin 2018

FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITE DU TRAVAIL

Je soussignée, **EVOUNA ALIMA Carine Nathalie Rébecca**, atteste que le présent mémoire est le fruit de mes travaux effectués dans les bureaux de l'Association pour la Protection des Grands Singes (APGS) et dans la périphérie nord de la Réserve de Biosphère du DJA, dans la région de l'Est, Cameroun.

Ce travail s'est fait sous l'encadrement de Monsieur **TEDONZONG DONGMO Luc Roscelin**, Chercheur à l'Association pour la Protection des Grands Singes (APGS) ; sous la supervision de **Pr TCHAMBA Martin**, Chef du Département de Foresterie à la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles (FASA).

Ce mémoire est authentique et n'a jamais fait l'objet d'une présentation pour l'acquisition d'un quelconque grade universitaire que ce soit.

Nom et signature de l'auteur

EVOUNA ALIMA Carine Nathalie Rébecca

Visa de l'encadreur

TEDONZONG DONGMO Luc Roscelin

Date :/...../.....

Date :/...../.....

Visa du Superviseur

Visa du Chef de Département

Date :/...../.....

Date :/...../.....

FICHE DE CERTIFICATION DES CORRECTIONS APRES SOUTENANCE

Le présent mémoire a été revu et corrigé conformément aux observations du jury.

Visa du Président du jury

Visa du Superviseur

Date :/...../.....

Date :/...../.....

Visa du Chef de Département

Date :/...../.....

DEDICACE

A ma mère.

REMERCIEMENTS

Le programme du cycle Ingénieur de Conception de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles (FASA) prévoit au terme de cinq années d'étude, un stage dit « d'insertion professionnelle » dans des structures et organismes dont les actions cadrent avec la formation reçue notamment dans le milieu rural. Avec comme principal objectif la mise en pratique des aspects théoriques accumulés au cours de la formation, ainsi qu'une imprégnation des contraintes du monde professionnel dans lequel l'ingénieur est amené à évoluer.

Le présent document est le fruit d'un travail mené au sein de l'Association pour la protection des grands Singes (APGS) sur le thème «Distribution des genres fruitiers consommés par les gorilles des plaines de l'ouest (*Gorilla gorilla gorilla* Savage et Wyman, 1847) dans leur aire de distribution géographique».

Au cours des quatre mois passés à travailler tant sur le terrain que dans les bureaux du projet, nous avons acquis une expérience certaine, des aptitudes pratiques et cognitives indispensables au métier d'ingénieur et capable de faciliter notre insertion dans le monde professionnel. Et pour cela, nous en sommes reconnaissants.

Ce mémoire issu d'un travail de recherche laborieux et méthodique est pour nous l'accomplissement d'un rêve, une étape cruciale dans notre parcours. Voilà pourquoi nous tenons à manifester notre inestimable gratitude à tous ceux qui ont contribué à le rendre possible. Par la grâce et l'amour de Dieu nous y sommes arrivés et je lui rends grâce. Je pense particulièrement :

- Au Pr TCHAMBA Martin, enseignant à la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles de l'Université de Dschang et Chef de Département de Foresterie, pour la supervision de ce travail ;
- Au Doyen de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, le Professeur BITOM OYONO et son staff administratif, ainsi qu'à tous enseignants, particulièrement ceux du Département de Foresterie dont Dr BOBO K. Serge, Dr AVANA Marie Louise épouse TIENTCHEU, Dr TEMGOUA Lucie, pour tout l'encadrement et les enseignements et les conseils reçus tout au long de notre parcours académique ;
- Au Dr Nikki TAGG, Coordinatrice de l'Association pour la Protection des Grands Singes, pour tous les moyens matériels et financiers mis à notre disposition pour la réalisation de cette étude ;
- A TEDONZONG DONGMO Luc Roscelin, Chercheur à l'Association pour la Protection des Grands Singes pour ses conseils, ses critiques constructives et le suivi permanent de notre travail ;

- A tout le personnel de l'Association pour la Protection des Grands Singes et plus particulièrement à : Dr Willie Jacob, MBOHLI Donald, KEUMO Jacques, NGO BANYIMBE Bernadette, FRU Thomas et Honorine NYANDA pour l'accueil chaleureux et la disponibilité dont ils ont fait montre ;
- A notre équipe de terrain pour tout le sérieux et la sympathie au cours des travaux de collecte de données. J'ai une pensée particulière pour Pieter NYSSSEN, Maxwell NDJU'U MFULA, Patrick NDZENGUE ATEBA, TONGO Jean Baptiste, ASSIMENTSEL Jean Baptiste, MANTAM Célestin, MABOM Anicet, DIHE Pierre, GWABOUR Casimir, BANE Michel, BISSAH Pascal, AKAM Innocent, AMPIALA Régine, BINKOUAM Idris, Vincent et tous les autres ;
- A la communauté religieuse des filles de Marie de Yaoundé, particulièrement feuée Marie-Bernard EKOUMOU OBE pour avoir su contribuer à mon éducation ;
- A mes enseignants de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts de Mbal Mayo, Prosper Magloire SEME ancien directeur de l'ENEF, Bernard TIECHE, et particulièrement Olivier William KAMGAING TOWA pour les conseils relatifs à mon cursus académique, leur soutien inconditionnel et leurs encouragements tout au long des années de formation passées à Dschang ;
- A Crescence ATANGANA MIMBOE, Roland Wilfried TITTI, Boris Léonel DJIKUSSI ALAMBA, Méryl Candice NKOUM, Landry ETEME et tous les autres, merci d'avoir été là ;
- A toute ma grande famille, mes chères tantes Marie et Berthe, mon cousin Béranger, ma grand-mère Pauline, merci pour votre soutien ;
- A mes camarades de la 21^{ème} promotion de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, en particulier NKEUMO Wilfried et LISSOM Junior avec qui j'ai acquis une nouvelle expérience de terrain.

A tous ceux que nous n'avons pas mentionnés ici et qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail, recevez notre sincère gratitude.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
TABLE DES MATIERES	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES ANNEXES.....	ix
LISTE DES SIGLES.....	x
RESUME	xi
ABSTRACT.....	xii
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION.....	1
1.1. Contexte et justification.....	1
1.2. Problématique.....	2
1.3. Objectifs de l'étude	4
1.3.1. Objectif général	4
1.3.2. Objectifs spécifiques.....	4
1.4. Hypothèses de l'étude	5
1.5. Importance de l'étude.....	5
1.6. Limites de l'étude.....	5
CHAPITRE 2 : DEFINITION DES CONCEPTS ET REVUE DE LA LITTERATURE	6
2.1. Cadre conceptuel	6
2.2. Revue de la littérature	8
2.2.1. Classification et description de l'espèce	8
2.2.2. Structure et organisation sociale	10
2.2.3. Comportement alimentaire des gorilles	11
2.2.4. Importance du gorille des plaines pour la biodiversité	13
2.3. Biogéographie	13

2.3.1. Perspectives locales et régionales	14
2.3.2. Distribution des espèces consommées	15
2.3.3. Régionalisation biogéographique.....	16
2.4. Notion d'endémisme	18
2.4.1. Endémisme et environnement	18
2.4.2. L'endémisme est une valeur quantifiable	18
2.4.3. Endémisme et conservation	20
CHAPITRE 3 : MATERIELS ET METHODES	22
3.1. Présentation de la zone d'étude.....	22
3.1.1. Localisation de l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest : statut, délimitation et surface.....	22
3.1.2. Caractéristiques biophysiques.....	26
3.1.3. Données démographiques et socioculturelles	30
3.2. Méthodologie de collecte et traitement des données	31
3.2.1. Type et sources des données collectées	31
3.2.2. Traitement et analyse des données.....	32
CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	39
4.1. Influence des écorégions et des zones d'influence environnementales sur la consommation des fruits par les gorilles des plaines de l'ouest	40
4.1.1. Les zones d'influence environnementales dans l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest.....	40
4.1.2. Variation de la consommation des genres de fruits par les gorilles des plaines de l'ouest en fonction des sites et des écorégions.....	41
4.2. Cooccurrence.....	44
4.3. Richesse spécifique et endémisme	48
4.4. Régionalisation biogéographique	50
CHAPITRE 5 : CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	52
5.1 Conclusion	52
5.2 Recommandations.....	52

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	54
ANNEXES	64

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des variables bioclimatiques et topographique utilisées.	33
Tableau 2 : Répartition du nombre de genres inventoriés par site.	39
Tableau 3 : Nombre de genres par sites et par zone d'influence environnementale.	41
Tableau 4 : Présentation des paires de genres ainsi que les prédictions de cooccurrence positives ..	45
Tableau 5 : Genres de fruits consommés par les GPO dans plus de 70% de sites d'études	47

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Gorilles des plaines de l'ouest mâle adulte (A), femelle adulte (B) et enfant (C).	10
Figure 2 : Aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest.	25
Figure 3 : Répartition des sols dans le bassin du Congo (Jones <i>et al.</i> , 2013)	29
Figure 4 : Gradient de variation des variables environnementales dans l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest.	35
Figure 5 : Représentation des dimensions des variables bioclimatiques.	36
Figure 6 : Contributions des variables bioclimatiques aux facteurs environnementaux.....	37
Figure 7 : Zones d'influence présentes dans l'aire de distribution des GPO.	40
Figure 8 : Variation des genres de fruits consommés par sites dans les écorégions (A) et dans les zones d'influence environnementales (B).....	42
Figure 9 : Cooccurrence des genres de fruits consommés par les gorilles des plaines de l'ouest dans leur aire de répartition géographique.	45
Figure 10 : Gradients de variation de la richesse spécifique (species richness), de l'endémisme (Weighted Endemism/WE) et de l'endémisme corrigé (Corrected Weighted Endemism/CWE).	48
Figure 11 : Variation des valeurs d'endémisme en fonction de la richesse spécifique.	49
Figure 12 : Régions biogéographiques de l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest.	50

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Répartition des genres de fruits consommés par les GPO dans chaque site	64
--	----

LISTE DES SIGLES

FASA	Faculté d’Agronomie et des Sciences Agricoles
FSC	Forest Stewardship Council
FMU	Forest Management Unit
GPO	Gorilles des plaines de l’ouest
MINFOF	Ministère des Forêts et de la Faune
UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature

RESUME

Cette étude avait pour objectif d'évaluer les facteurs qui influencent la variation spatiale dans la consommation des genres fruitiers par les gorilles des plaines de l'ouest afin de contribuer à leur conservation à l'échelle régionale. Il a été observé que dans la plupart des sites, les GPO consommeraient les mêmes genres de fruits, excepté le site Loango et un site dans une Unité Forestière d'Aménagement au Gabon qui se distinguaient des autres, certainement dû au fait de la consommation de certains genres de fruits dans ces sites qui n'étaient pas consommés dans d'autres sites. Cette différence de consommation des fruits serait due à la présence des différents sites sur différentes zones d'influence environnementales, en considérant les variables climatiques et topographiques. Il a aussi été noté la cooccurrence de plusieurs genres dans le régime alimentaire des GPO, qui pourrait faciliter la prise de décisions de conservation à l'échelle régionale. La richesse des genres variait d'une zone à l'autre avec les valeurs les plus élevées à l'ouest et les plus faibles au nord. Il en est de même pour les valeurs d'endémisme. La régionalisation biogéographique a montré que les différents genres de fruits consommés par les GPO seraient répartis sur presque toute l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest. Ce résultat montre que bien que la richesse de genre et l'endémisme soit hétérogène, les différentes populations de gorilles dans différents sites ont la possibilité de consommer les fruits provenant de presque les même genres.

Mots clés : Gorilles des plaines de l'ouest, régime alimentaire, biogéographie, endémisme, régionalisation biogéographique, conservation

ABSTRACT

The objective of this study was to assess the factors that influence spatial variation in fruit trees consumption by western lowland gorillas and their distribution in order to contribute to their conservation at the regional scale. It was observed that at most sites, WLG would consume the same kinds of fruits, except for the Loango site and a site in a Forest Management Unit in Gabon that were distinct from the others, certainly due to the consumption of certain fruit genera in these sites that were not consumed at other sites. This difference in fruit consumption was due to the presence of the different sites on different environmental zones of influence, considering climatic and topographical variables. Also noted is the co-occurrence of several genera in the WLG diet, which could facilitate conservation decision-making at the regional level. Genera richness varied from one area to another with the highest values in the west and the lowest in the north. The same was true for endemic values. Biogeographic regionalization has shown that the different fruit genera consumed by WLG would be distributed throughout most of their range. This result shows that although the richness of the genus and the endemism are heterogeneous, the different populations of gorillas in different sites have the possibility to consume the fruits coming from almost the same genera.

Keywords: Western lowland gorillas, diet, biogeography, endemism, biogeographic regionalization, conservation

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

1.1. Contexte et justification

La protection de la biodiversité est depuis le 19^{ème} siècle d'un intérêt particulier pour la communauté planétaire, même si ce n'est qu'en 1992 à travers le Sommet de la Terre qu'une stratégie mondiale de gestion pour le développement durable a été adoptée et publiée. La convention sur la diversité biologique relève la nécessité de conserver pour les générations futures tout en associant les besoins liés au développement. Etant entendu que les populations locales et leurs modes de gestion des ressources naturelles peuvent représenter l'une des plus grandes menaces pour la conservation (Blomley *et al.*, 2010) et que les objectifs de développement tendent à accroître les pressions exercées sur la forêt, il est donc important de savoir gérer de manière durable et participative les ressources dont ces populations ont besoin. Une prise de conscience massive des enjeux de la conservation se fera sentir dans les années 90 et c'est ainsi que plusieurs pays du monde et d'Afrique en particulier vont élaborer des politiques et législations environnementales et forestières.

C'est dans cette optique que tout comme la plupart des pays du Bassin du Congo dans la même décennie, le Cameroun va en 1994 définir par la loi n° 94/01 du 20 Janvier 1994 portant Régime des Forêts, de la Faune et de la Pêche, une politique nationale de gestion des ressources forestières, fauniques et halieutiques. Les décrets d'application et arrêtés qui l'accompagnent permettent au gouvernement de mieux agir pour une gestion durable. Le potentiel des forêts camerounaises, sachant qu'elles seules renferment 48% des espèces de mammifères dans le bassin du Congo soit 409 espèces de mammifères dont 21 sont endémiques (Tedonzong, 2013) n'en justifie que davantage la nécessité de conservation. Par ailleurs, les actions menées dans ces forêts participent également à la protection de ce massif auquel elles appartiennent, deuxième plus grand au monde après celui de l'Amazonie (Doumenge *et al.*, 2001) et qui renferme de nombreuses espèces animales endémiques et emblématiques (Hiol, 2011) telles que les gorilles, en danger critique d'extinction (UICN, 2017) et donc intégralement protégés (MINFOF, 2007), entre autres.

Les primates non humains, plus particulièrement les gorilles jouent un rôle primordial dans la régénération et la stabilité de l'écosystème forestier dans lequel ils vivent (Williamson *et al.*, 1990; Tutin & Fernandez, 1993). Ceci passe principalement par l'une de leurs plus importantes fonctions vitales à savoir la nutrition. Le régime alimentaire chez les grands singes influence fortement les performances physiques ainsi que les aptitudes de reproduction; il est donc un facteur pouvant limiter les autres fonctions vitales, la santé et même la survie de ces animaux sur le long terme (Rothman *et al.*, 2006a). Ainsi, la connaissance de leur régime alimentaire s'avère être un atout incontournable pour la conservation et une gestion durable de ces espèces menacées (Morgan & Sanz, 2007). Des

études précédemment conduites ont identifié quelques facteurs influençant les différences de régimes alimentaires tels que la répartition des niches et la compétition (Harcourt & Nash, 1986; Holt, 2003), la composition de la forêt, ses différents types d'habitats, ou encore la disponibilité saisonnière des fruits (Stevenson *et al.*, 2000; Brugiére *et al.*, 2002). Bien que les aliments disponibles varient en fonction des saisons, il est possible de classer les primates comme folivores, frugivores ou encore insectivores en considérant les espèces majoritairement consommées par ces derniers dans leurs aires de répartition géographiques (Tutin *et al.*, 1991).

Les gorilles ont été décrits comme folivores par plusieurs auteurs (Clutton-Brock & Harvey, 1980; Bourlière, 1985; Dunbar, 2013) qui ont généralisé à partir des connaissances sur les gorilles des montagnes. Quelques auteurs (Jenks, 1911; Valke, 1931) ont suggéré que les gorilles des plaines ont un régime alimentaire frugivore. Cependant, la conclusion d'une étude (Tutin & Fernandez, 1985) conduite au Nord-Est du Gabon a été que les gorilles des plaines ne peuvent pas être classés comme folivores. Les gorilles sont majoritairement frugivores et leur consommation d'écorce et de feuilles n'augmente que lorsque la quantité de fruits disponibles diminue (Nishida, 1976; Rogers *et al.*, 1990; Yamagiwa *et al.*, 1994). Des sous-espèces de gorilles connues et étudiées, les gorilles des plaines occidentales ont le régime alimentaire le plus frugivore (Williamson *et al.*, 1990; Tutin, 1998; Yamagiwa & Basabose, 2006), car ce sont ceux qui consomment les plus importantes quantités de fruits (Sabater Pi, 1977; Tutin & Fernandez, 1985; Williamson *et al.*, 1990; Remis, 1997; Rogers *et al.*, 2004; Kalan *et al.*, 2010; Head *et al.*, 2011; Fuh, 2013; Masi *et al.*, 2015).

En forêt tropicale et plus particulièrement en Afrique tropicale, l'impact qu'ont les animaux qui y vivent sur la structure du peuplement forestier est plus important que sur n'importe quel autre biome sur Terre (Petre, 2016). Les gorilles ne s'excluent pas de ce rôle car ils s'avèrent être de très bons disperseurs de graines (Tutin, 1998). En avalant entiers la grande majorité des fruits qu'ils consomment et dispersant intacts 86% des graines, ce qui les rend capables d'influencer la structure des peuplements forestiers (Chapman & Russo, 2007) leur dynamique et même la distribution spatiale des espèces consommées.

1.2. Problématique

En 2008 les gorilles des plaines ont été classés sur la liste rouge de l'UICN comme espèces en danger critique d'extinction en raison d'une réduction de 80% de leur population observée sur une soixantaine d'années seulement (Maisels *et al.*, 2016). En Annexe I de la Convention sur le Commerce International des Espèces de faune et de flore sauvages en Danger (CITES) on retrouve mentionnés gorilles et Chimpanzés depuis 1975.

Les pays d'Afrique Centrale en proie à des instabilités économiques et politiques, et qui pour la plupart sont, d'après l'indice pour l'émergence en Afrique (Gazibo & Mbabia, 2017) des pays qui

n'arrivent pas encore à mobiliser les ressources dont ils disposent pour émerger (Cameroun, Congo, RDC, etc.) ou dont les performances ne les qualifient pas pour se lancer sur la voie de l'émergence (RCA, Guinée équatoriale, etc.) font face à de nombreuses contraintes liées au développement. L'instabilité économique et l'insécurité dans un pays ont un impact sur la biodiversité qu'il abrite (Aveling & Debonnet, 2010). Dans le bassin du Congo, la RDC qui a connu près d'une vingtaine d'années de troubles et de guerres civiles a vu cinq sites du patrimoine mondial lourdement fragilisés à cause de l'implantation des camps de réfugiés, l'exploitation forestière et minière illégales, ou encore le braconnage (Aveling & Debonnet, 2010) qui se sont accentués durant cette période. Le gorille des plaines fait donc face dans son aire de distribution à de nombreuses contraintes de dégradation et de perte d'habitat (Gates, 1996; Pearson, 2008; Maisels *et al.*, 2016).

A court terme cette perte a pour conséquence une diminution de la quantité d'aliment disponible (Petre, 2016). Ceci est principalement dû au fait que l'exploitation des ressources forestières et le bois en particulier sont une occasion de développement économique et social pour les pays d'Afrique Centrale (BAD, 2018). C'est l'une des raisons pour lesquelles les concessions forestières sont de l'ordre de 22% (55 millions d'hectares) dans le Bassin du Congo (FAO, 2014), alors que les forêts denses humides d'Afrique centrale ne comptent que 1,62 millions de km² (Aveling & Debonnet, 2010). Il est donc important pour les pays de la région de bien associer les besoins de développement à la conservation (Blomley *et al.*, 2010) et de s'intéresser davantage aux communautés locales qui sont souvent les plus concernées par la dégradation des ressources naturelles (Franks, 2008). D'un autre côté, l'agriculture qui contribue pour 17% au PIB de la région (Gazibo & Mbabia, 2017) est un facteur non négligeable de déforestation (Maisels *et al.*, 2016). A moyen terme la perte d'habitat engendrerait une nécessité d'adaptation du régime alimentaire et à long terme l'extinction de cette espèce et par extension la réduction des services écosystémiques de la forêt. La distribution des aliments du gorille des plaines et son rôle de disperseur en sont doublement sollicités en cela que sa survie dépend de celle de sa niche écologique et de celle de nombreuses autres espèces. Car s'il n'y a pas de dispersion les habitats favorables à l'épanouissement de plusieurs espèces peuvent être impactés, ce qui conduirait à une modification des communautés végétales (Lambert, 2011) et plus loin encore à une perte de biodiversité (Terborgh *et al.*, 2008; Poulsen, 2009).

Plusieurs études concernant la variation de la richesse spécifique entre les régions convergent vers une forte corrélation entre la richesse spécifique et le climat, certaines variables telles que la productivité primaire, la quantité de biomasse ou de chaleur du milieu étant fortement dépendantes du climat (Hutchinson, 1959; Klopfer, 1959; Brown, 1984; Hall *et al.*, 1992; Kleidon & Mooney, 2000). D'autres suggèrent que la biogéographie des espèces résulte de processus indépendants du

climat tels que les taux de spéciation ou d'extinction (Rosen, 1988; Latham & Ricklefs, 1993) ou encore les facteurs édaphiques du milieu (Huston, 1993).

De plus, la compréhension de la distribution spatiale des espèces et de leur diversité est un des objectifs majeurs en écologie car sans étude sur la variation spatiale du régime alimentaire associée aux facteurs environnementaux nous ne pouvons pas cerner dans leur globalité les adaptations écologiques des espèces de mammifères sur de grandes aires de distribution (Tsuji *et al.*, 2015) en général et des gorilles en particulier. Sachant que les évaluations de la biodiversité sur de grandes superficies ne distinguent pas souvent les aires de répartition de ces espèces, rendant ainsi l'attention portée à leur conservation insuffisante (Olson *et al.*, 2001), l'intérêt de considérer les études conduites dans l'aire de répartition des GPO est donc justifié. Par ailleurs, le régime alimentaire des gorilles est fortement lié à l'environnement dans lequel ils vivent et trouvent leurs aliments, la phénologie des fruits (Tutin *et al.*, 1991) en est un des cas les plus explicites. Ainsi, une meilleure connaissance des sources d'alimentation dans leur aire de distribution améliorerait les chances de survie dangereusement amoindries des GPO et une meilleure orientation des actions liées à la conservation.

D'où l'intérêt de répondre à notre question de recherche : quelle est la distribution des genres fruitiers utilisés par les GPO dans leur aire de répartition ? Pour mieux répondre à cette préoccupation, des questions secondaires se posent, à savoir :

- Les genres fruitiers consommés sont-ils toujours les mêmes dans l'aire de distribution des GPO ?
- Quelle est la variation de la composition de l'alimentation fruitière des GPO en fonction des facteurs environnementaux ?
- Quelle est la diversité de ces genres de fruits dans l'aire de répartition des GPO ?
- Existe-t-il une régionalisation des genres fruitiers consommés par les GPO ?

1.3. Objectifs de l'étude

1.3.1. Objectif général

Notre étude a pour objectif de contribuer à la protection des gorilles des plaines de l'ouest à travers l'amélioration des connaissances sur la consommation et la distribution des genres fruitiers consommés par les gorilles.

1.3.2. Objectifs spécifiques

Plus spécifiquement, il est question pour nous :

1. D'évaluer les similarités alimentaires et la cooccurrence des genres fruitiers consommés par les GPO dans les sites étudiés ;

2. Evaluer la variation spatiale de la richesse et de l'endémisme des genres fruitiers consommés par les GPO ;
3. Evaluer la régionalisation biogéographique des genres fruitiers consommés par les GPO

1.4. Hypothèses de l'étude

Sachant que le régime alimentaire peut varier chez les primates au sein de la même espèce (Boyle *et al.*, 2016) pour des raisons biotiques ou abiotiques, nous vérifierons si cela est également le cas chez les gorilles des plaines. Nous allons tester les hypothèses suivantes :

1. La diversité des genres fruitiers utilisés par les GPO varie en fonction des sites considérés de leur aire de distribution, des écorégions et des zones d'influence environnementales ;
2. La distribution des genres fruitiers consommés par les GPO varie dans leur aire de répartition

1.5. Importance de l'étude

Sur le plan scientifique, cette étude permettra d'enrichir la littérature sur la distribution spatiale des genres fruitiers consommés par les GPO dans leur aire de répartition et ainsi orienter ou servir de base pour les recherches futures.

Sur le plan pratique, les résultats de cette étude permettront d'identifier les zones d'intérêt pour l'alimentation et par ricochet la survie des grands singes. De ce fait, ils seront utiles aux administrations chargées de la protection des forêts et de la faune des pays où sont inventoriés les GPO, ainsi qu'à toutes organisations internationales pour la mise en place et l'accompagnement dans la conservation des GPO et éventuellement l'élaboration de stratégies de conservation à l'échelle régionale. Leur prise en compte dans l'aménagement des aires protégées pourrait également permettre de mieux orienter les efforts de conservation de ces espèces et de beaucoup d'autres menacées d'extinction.

1.6. Limites de l'étude

La plus importante des contraintes de cette étude a été celle liée au temps. Nous n'avons pas pu aborder certains aspects tels que les espèces indicatrices à la suite de la régionalisation faute de temps pour **rassembler et analyser les données nécessaires**.

Nous n'avons pas pu obtenir des listes exhaustives pour certains des sites étudiés, ce qui peut sous-estimer le nombre d'espèces/de genres considérés dans notre étude.

Sachant que seulement une partie des GPO est présente dans les sites étudiés qui sont en majorité des aires protégées, cette étude n'est pas représentative de toute l'aire de distribution de ces primates.

CHAPITRE 2 : DEFINITION DES CONCEPTS ET REVUE DE LA LITTERATURE

2.1. Cadre conceptuel

2.1.1. Biodiversité

Elle fait référence à toute forme de vie que l'on peut recenser sur la planète Terre. (DeLong, 1996) la définit comme étant l'état d'un lieu où on peut observer une diversité au sein et entre les organismes vivants, leurs assemblages, les communautés biotiques et leurs processus, qu'ils soient naturels ou d'origine anthropique. La biodiversité peut être observée et mesurée à différentes échelles (locale ou régionale) en termes de diversité, richesse spécifique, abondance, biomasse ou encore d'endémisme.

2.1.2. Biogéographie

La biogéographie est définie comme l'étude de la distribution globale des espèces vivantes ou disparues. (Pears, 2014) la définit comme l'étude de la distribution des organismes biologiques sur la surface de la Terre ainsi que des facteurs responsables de leur distribution spatiale.

2.1.3. Biome

Il peut être défini comme une vaste zone biogéographique présente sous un type de climat ; ou encore comme un ensemble d'écosystèmes terrestres ou aquatiques homogènes s'étendant sous un même climat.

2.1.4. Conservation

Action de conserver, de maintenir intact ou dans le même état. Elle fait référence à un mode de gestion de la biodiversité qui permet aux générations présentes de tirer le plus grand bénéfice de l'utilisation des ressources naturelles tout en permettant aux générations futures de satisfaire également leurs besoins (IUCN, 1980).

2.1.5. Distribution spatiale

Arrangement ou disposition des organismes vivants dans leur milieu naturel.

2.1.6. Diversité spécifique

Il s'agit d'un paramètre biologique qui rend compte de l'état de la biodiversité dans un milieu donné. Elle peut être mesurée en termes de richesse spécifique, d'hétérogénéité et d'équité dans une aire donnée (Peet, 1974).

2.1.7. Ecologie

L'écologie est l'étude d'organismes ou de groupes d'organismes avec leur environnement ou la science des interactions des organismes vivants avec leur environnement (Odum, 1959). Elle est également définie par (Hanski, 2001) comme l'étude de l'abondance et de la distribution des espèces ou encore des dynamiques dans l'espace et dans le temps de ces espèces.

2.1.8. Ecorégions

Il s'agit d'unités de superficies plus ou moins grandes abritant un type distinct de biodiversité de telle façon qu'elles représentent l'aire de distribution de ces espèces antérieure au changement d'utilisation des terres (Olson *et al.*, 2001). Elles peuvent être classifiées en domaines, régions, territoires, provinces et même districts (Moreira-Muñoz, 2011) qui représentent les plus petites unités (Engler, 1882).

2.1.9. Endémisme

(Moreira-Muñoz, 2011) définit une zone d'endémisme comme étant une zone géographique où l'on rencontre plusieurs taxons n'ayant aucun lien de parenté. L'endémisme est donc l'état d'un taxon unique retrouvé dans une région particulière, délimitée, et nulle part ailleurs.

2.1.10. Espèce

Unité fondamentale de la biodiversité. Considérée comme la principale unité de l'évolution, elle peut également être définie comme un ensemble d'organismes vivants ayant des similarités génétiques et capables de se croiser pour donner de nouveaux individus fertiles.

2.1.11. Extinction

L'UICN considère l'extinction comme un processus irréversible par lequel une espèce ou une population biologique arrête définitivement d'exister.

2.1.12. Habitat

Ensemble des facteurs biotiques et abiotiques d'un milieu et de leurs interactions qui produisent un milieu favorable à la reproduction et à l'occupation de l'espace par un organisme vivant (Morrison, 2001).

2.1.13. Régime alimentaire

L'alimentation est définie comme la manipulation de la nourriture et le fait de la porter à la bouche (Poulsen *et al.*, 2001). Le régime alimentaire peut être défini comme la façon de s'alimenter et de se nourrir d'un être vivant.

2.1.14. Comportement alimentaire

Le comportement alimentaire chez un animal peut être défini comme étant l'ensemble des mouvements organisés et habituels déployés par cet animal pour se procurer de la nourriture, la manipuler et la ramener à la bouche. (Tedonzong, 2013)

2.1.15. Régionalisation biogéographique

(Olson *et al.*, 2001) la définissent comme la délimitation de régions résultant d'un système de classement hiérarchique de certaines zones géographiques du monde en fonction de certains critères tels que les caractéristiques des espèces qui y vivent (Zunino *et al.*, 2003; Escalante *et al.*, 2009), la rareté globale du type d'habitat, les menaces sur la biodiversité, ou encore le degré de protection.

2.1.16. Richesse spécifique

Dimension fondamentale de la biodiversité permettant d'estimer la diversité d'une espèce dans un territoire donné. Elle représente également le nombre d'espèces retrouvées dans une région donnée.

2.1.17. Spéciation

Processus à travers lequel de nouvelles espèces se créent. La spéciation peut être considérée comme l'évolution d'un groupe génotypique en formes distinctes pouvant coexister (De Queiroz, 1998) dans la même aire de distribution.

2.1.18. Taxon

Un taxon est un terme utilisé pour faire référence à un niveau quelconque de la classification phylogénétique (sous-espèce, ordre, famille, etc.). Il permet de désigner l'ensemble des individus ayant une parenté commune.

2.2. Revue de la littérature

2.2.1. Classification et description de l'espèce

La classification taxonomique du gorille des plaines selon (Mittermeier *et al.*, 2013) est la suivante :

Règne :	Animal
Embranchement :	Chordés
Sous embranchement :	Vertébrés
Classe :	Mammifères
Ordre :	Primates

Superfamille :	Hominoïdae
Famille :	Hominidae
Genre :	<i>Gorilla</i>
Espèce :	<i>Gorilla gorilla</i>
Sous-espèce :	<i>Gorilla gorilla ssp. gorilla</i> (Savage et Wyman, 1847)

Cette sous-espèce est l'une des deux de l'espèce des gorilles de l'ouest *Gorilla gorilla*. Les données génétiques suggèrent que *Gorilla gorilla diehli* se serait séparé il y a 18.000 ans (Thalmann *et al.*, 2011). Les hominidés auraient commencé à se séparer il y a environ douze millions d'années, avec des adaptations dentaires leur permettant de casser des noix ou de transformer toutes nouvelles sortes d'aliments (Kay & Simons, 1983). Les caractéristiques cranio-dentaires observés chez les gorilles leur permettent de mieux s'adapter aux conditions alimentaires du milieu dans lequel ils vivent. La dentition spécialisée qu'ils ont aujourd'hui est un caractère développé au cours du processus de spéciation. En prenant en compte le fait que les primates ayant un régime alimentaire composé principalement de feuilles et autres herbacés utilisent plus fréquemment leurs mâchoires que ceux dont l'alimentation est frugivore, les gorilles ont développé un corps et une taille cranio-dentaire mieux adaptés à leurs besoins alimentaires. Ainsi, les gorilles des plaines ont des mandibules plus petites en comparaison avec ceux des montagnes qui sont plus folivores et chez qui la mastication plus fréquente correspond à leur morphologie (Taylor, 2006).

Les gorilles sont les plus grands des primates non humains, facilement reconnaissables à leur pelage noir avec la face, la poitrine, les bras et les pieds ayant moins de poils que le reste du corps (Morgan, 2006), les mâles adultes de la sous-espèce *Gorilla gorilla gorilla* se distinguent par une crête caractéristique de couleur roussâtre au-dessus de la tête (voir figure 1). Reconnus comme enfants en bas âge les trois premières années après la naissance où ils restent totalement dépendants de leur mère, les gorilles des plaines sont juvéniles entre trois et six ans. Ensuite, ils passent dans la phase subadulte pendant deux ans pour les femelles et quatre pour les mâles. Une fois à l'âge adulte, les femelles ont atteint leur maturité sexuelle avec un cycle de trente jours. Par contre, les mâles de dix ans commencent à développer des caractères sexuels secondaires mais n'ayant pas atteint leur taille adulte, ils ont un dos noir et sont appelés « blackbacks ». Ils n'atteignent la maturité sexuelle qu'à l'âge de douze ans, lorsque leur croissance est achevée et que le pelage de leur dos prend une couleur argentée ; ils deviennent dès lors des mâles à dos argentés ou « silverbacks » (Magliocca *et al.*, 1999; Groves & Meder, 2001; Morgan, 2006).



Source : <http://mammiferesafricains.org/2014/06/gorille-des-plaines-de-louest/> ©Dominique Mignard

Figure 1 : Gorilles des plaines de l'ouest mâle adulte (A), femelle adulte (B) et enfant (C).

Le dimorphisme sexuel chez les gorilles des plaines est très marqué. C'est ainsi que les femelles peuvent mesurer 1,5m pour un poids de 115 kg, alors que les mâles peuvent atteindre une taille de 1,75m et peser près de 250 kg, (Morgan, 2006) soit près du triple du poids des femelles. Le taux de reproduction des gorilles des plaines de l'ouest est plus faible que celui des gorilles de l'est en raison de l'âge de maturité sexuelle tardif des mâles et de l'intervalle entre les naissances en moyenne de cinq ans (Breuer *et al.*, 2009).

2.2.2. Structure et organisation sociale

La population des gorilles des plaines de l'ouest est estimée entre 15.000 et 25.000 individus dans les sites inventoriés de son aire de distribution (Williamson *et al.*, 2013; Sop *et al.*, 2015) mais les inventaires qui se poursuivent continuent de réévaluer la population des gorilles des plaines dans les sites concernés. Les gorilles des plaines, comme la majeure partie des gorilles vivent en harem de 8 à 10 individus en moyenne, pouvant atteindre jusqu'à 22 individus (Magliocca *et al.*, 1999) constitués d'un seul mâle à dos argenté dominant, de femelles adultes et de quelques jeunes. Il y en a qui peuvent également être solitaires lorsqu'ils migrent pour former leur propre groupe (Parnell, 2002). Les jeunes mâles ou les adultes solitaires peuvent former de nouveaux groupes avec des femelles issues de groupes désintégrés où le mâle dominant est mort notamment (Robbins *et al.*, 2004), ce qui arrive

souvent chez les gorilles des plaines de l'ouest contrairement à ceux de l'est qui peuvent former des groupes multimâles avec entre deux et six mâles à dos argenté dans plus de 60% des cas (Gray *et al.*, 2013).

Les gorilles, de par leurs habitudes alimentaires forment des groupes non territoriaux ; avec une préférence pour les fruits, ils consomment également plusieurs autres parties de plantes (écorces, feuilles, racines, etc.) facilement accessibles (Harcourt & Stewart, 2007). Ainsi, d'après (Bermejo, 2004) les rencontres avec les autres espèces sympatriques notamment *Pan troglodytes troglodytes* est pacifique dans la majorité des cas (64% de tolérance et 14% d'évitement), mais peut également s'avérer agressive (21% des cas).

Concernant le comportement nidificateur des gorilles des plaines de l'ouest, les signes de nidification et les restes d'aliments ont généralement été observés sur des espaces ouverts tels que les anciennes routes d'exploitation forestière recouvertes de végétation terrestre herbacée (Arnhem, 2008). Ils préfèrent généralement faire leur nids dans des trouées, en utilisant fréquemment des espèces de la famille des marantacées et des zingibéracées (Tutin *et al.*, 1995; Goldsmith, 1999; Sanz *et al.*, 2007; Stokes *et al.*, 2010).

Tout comme la plupart des espèces menacées par le braconnage, l'endroit où dorment les gorilles de plaines est important (Ndju'u Mfula, 2016). Les plus jeunes gorilles dorment avec leur mère jusqu'au sevrage et chaque adulte construit un nouveau nid chaque soir. Ces derniers peuvent être de plusieurs types en fonction du matériel utilisé, au sol ou dans les arbres (Schaller, 1963). Le matin les gorilles peuvent déféquer dans le nid où ils ont passé la nuit ou à côté de celui-ci (Tutin *et al.*, 1995; Voysey *et al.*, 1999; Mehlman & Doran, 2002; Bradley *et al.*, 2008) déposant ainsi les graines dans des habitats préférentiels pour la nidation à canopée ouverte avec un sous-bois dense (Tutin *et al.*, 1995; Goldsmith, 1999; Voysey *et al.*, 1999).

2.2.3. Comportement alimentaire des gorilles

Au-delà des insectes tels que les termites, fourmis (Tutin *et al.*, 1991; Remis, 1997; Deblauwe *et al.*, 2003; Cipolletta *et al.*, 2007; Deblauwe & Janssens, 2008) et des écorces comme celle de *Milicia excelsa* (Tutin *et al.*, 1991; Rogers *et al.*, 2004) que consomment les gorilles des plaines de l'ouest en période de rareté des fruits, ils ont une alimentation frugivore toute l'année qui augmente lorsque les fruits sont abondants (Cipolletta, 2004; Head *et al.*, 2011). Durant cette période de rareté, les gorilles passent plus de temps à se nourrir de feuilles, herbes et écorces de moindre valeur nutritionnelle (Lambert & Rothman, 2015) alors qu'ils peuvent se déplacer sur de longues distances pour rechercher et consommer les fruits lorsqu'ils sont abondants (Nishihara, 1995; Goldsmith, 1999; Yamagiwa, 1999; Doran-Sheehy *et al.*, 2009; Masi *et al.*, 2009). Les gorilles des plaines consomment plus de fruits en période de fructification alors que leur alimentation en feuilles, écorces, bourgeons augmente

en période de rareté des fruits, phénomène vérifiable à travers l'étude des crottes (Nishihara, 1995; Doran *et al.*, 2002; Doran-Sheehy *et al.*, 2009; Head *et al.*, 2011). Les herbacées des familles de marantacées et de zingibéracées sont les plus consommées par les gorilles des plaines de l'ouest (Remis, 1997) mais les tannins consommés par les gorilles proviennent des feuilles des arbres et non des tiges de ces herbacées (Calvert, 1985; Remis *et al.*, 2001; Rothman *et al.*, 2006b; Doran-Sheehy *et al.*, 2009). Les gorilles des plaines de l'ouest, en comparaison avec les chimpanzés sympatriques ont une plus grande capacité à adapter la diversité des aliments qu'ils consomment avec leur disponibilité, c'est la raison pour laquelle ils peuvent compenser la diminution de la quantité d'aliments sucrés (fruits) en consommant des écorces comme celle du *Milicia excelsa* riche en sucres solubles (Rogers *et al.*, 1994). Les herbes consommées par ces gorilles peuvent avoir au-delà du rôle nutritionnel un rôle de médicaments de telle sorte que leur consommation est restreinte aux individus d'un certain âge (Wrangham *et al.*, 1991; Cousins & Huffman, 2002). L'alimentation et le comportement des gorilles des plaines de l'ouest sont donc fortement dépendants du milieu dans lequel ils vivent, ainsi que de ses variations (Tutin & Fernandez, 1993), ceci pourrait expliquer le fait que les gorilles des montagnes qui consomment plus d'aliments fibreux disponibles dans leur environnement ont été décrits comme folivores (Clutton-Brock & Harvey, 1980; Bourlière, 1985; Ganas *et al.*, 2004; Ganas *et al.*, 2008).

Les gorilles s'alimentent au sol en récoltant leurs aliments dans leur environnement proche. Ils peuvent récolter 83% des fruits consommés sur les arbres, où ils peuvent grimper jusqu'à 30 mètres au-dessus du sol pour obtenir leur aliment en cassant les branches des grands arbres, ce qui contribue quelque peu à la dégradation de leur habitat (Williamson *et al.*, 1990; Rogers *et al.*, 1994; Tutin, 1998). Les gorilles ignorent les fruits riches en lipides qui par contre sont appréciés par les chimpanzés (Williamson *et al.*, 1990) et ne consomment pas toutes les parties d'une plante mais peuvent consommer la base des tiges de *Marantochloa* ou seulement la base des jeunes feuilles de *Haumania* (Williamson *et al.*, 1988; Williamson *et al.*, 1990). Au cours de l'alimentation, les jeunes individus peuvent passer des fragments d'aliments à leur mère, mais avec l'âge cette habitude diminue (Nowell & Fletcher, 2006).

Les gorilles des plaines qui partagent leur milieu de vie avec d'autres mammifères telles que les éléphants ou les chimpanzés partagent une grande quantité des fruits qu'ils consomment avec eux. Le taux de chevauchement de ces espèces consommées a été estimé à près de 82% avec les chimpanzés (Tutin & Fernandez, 1993). La conservation de ces espèces de fruits indispensables aux gorilles des plaines pourrait également contribuer à celle d'autres espèces tout aussi importantes pour la biodiversité (Strokes, 2008).

2.2.4. Importance du gorille des plaines pour la biodiversité

Les primates non humains avec une masse corporelle importante vivant généralement en groupes, ont pour la plupart une alimentation riche en fruits, ce qui représente une importante quantité de biomasse prélevée de la forêt en terme de fruits et de graines (Chapman, 1989; Chapman & Onderdonk, 1998; Garber & Lambert, 1998; Poulsen *et al.*, 2002; Lambert, 2011). Ils jouent par ailleurs un rôle important de dispersion des graines ingérées dans plusieurs types d'habitats différents, parfois même à plusieurs kilomètres de l'arbre parent dans un tas de crottes (Williamson *et al.*, 1990; Tutin & Fernandez, 1993). Cependant, certains animaux ont une préférence pour certaines espèces, ce qui accroît la dispersion de ces espèces dans une communauté (Poulsen *et al.*, 2001)

Le rôle disperseur de *Gorilla gorilla gorilla* (Savage et Wyman, 1847) mérite un intérêt particulier (Petre, 2016). D'un point de vue quantitatif, en tant que frugivores, ils passent près de 70% de leur temps d'alimentation à consommer des fruits en période d'abondance (Doran-Sheehy *et al.*, 2009), ce qui en représente plus d'une centaine d'espèces (Doran *et al.*, 2002). Par ricochet, ils peuvent disperser par jour une importante quantité de graines dans le bassin du Congo. D'un point de vue qualitatif, les gorilles des plaines avalent entières la plupart des graines qui traversent et ressortent du tube digestif non digérées (Williamson *et al.*, 1990) après 10h en moyenne (Remis, 2000). Ce processus a pour conséquences la scarification et la désinhibition des graines (Petre, 2016), ce qui contribue à augmenter leur pouvoir germinatif.

De plus, les gorilles des plaines ont une préférence pour les forêts de terre ferme à canopée ouverte pour la nidification (Willie *et al.*, 2013; Haurez, 2015; Petre, 2016). Ces ouvertures favorisent la germination des graines contenues dans les crottes de gorilles, ainsi que le développement des plantules (Haurez, 2015) qui disposent alors des ressources en eau et en lumière indispensables à sa croissance. Les GPO contribuent ainsi à maintenir élevée la biodiversité dans la forêt tropicale, car en tenant compte de tous les primates de leur région, à eux seuls les gorilles des plaines dispersent plus d'un tiers de graines (Poulsen *et al.*, 2001). Ainsi, la composition des peuplements forestiers d'Afrique Centrale et la distribution des espèces qui les constituent dépendent également des habitudes alimentaires de ces primates.

2.3. Biogéographie

L'intérêt d'étudier la biogéographie des espèces est appréciable à deux niveaux. D'une part, c'est une opportunité d'améliorer les données disponibles sur les espèces (utilisation de la télédétection pour étudier la végétation et les variables environnementales notamment) et d'autre part, elle permet de déterminer le statut actuel de la biodiversité, prédire ses réactions éventuelles aux changements climatiques et identifier les meilleures méthodes de conservation *in situ* des espèces, ainsi que leur gestion durable (Gaston, 2000). L'état actuel du milieu peut être dû soit à la capacité du milieu à

contenir plusieurs espèces, soit à la diversité des espèces présentes dans le milieu. Ainsi, les milieux les plus riches seraient les plus vieux et les moins riches les plus jeunes (Ricklefs, 2004).

La distribution d'une espèce dans une aire donnée peut être la résultante d'un effort d'adaptation à une forte compétition à l'intérieur d'une région (Holt, 2003). C'est ainsi que sur les îles où l'expansion géographique est limitée, il est possible d'observer la diminution du nombre d'espèces sur le long terme (MacArthur *et al.*, 1966; Cox & Ricklefs, 1977; Ricklefs & Cox, 1978; Ricklefs, 2000), la compétition conduisant à des populations stables. Chez les plantes, l'hétérogénéité spatiale dans une région (le nombre de types de végétation et/ou les zones d'altitude) peut être utilisée pour prédire la richesse du milieu (Kreft & Jetz, 2007).

D'après (Francis & Currie, 2003), bien que certains auteurs (Currie, 1991) notamment considèrent que l'évapotranspiration et la température du milieu sont identiques s'agissant de l'énergie du milieu, ces deux variables n'influencent pas de la même manière la richesse spécifique du milieu. Au-delà de la température, des facteurs climatiques (comme l'humidité relative ou les vents) et biologiques (la couverture des plantes notamment) peuvent faire varier l'évapotranspiration potentielle du milieu à l'échelle locale. Par ailleurs, la compétition est également un facteur influençant la diversité spécifique des espèces des angiospermes à l'échelle locale (Huston, 1999) où la productivité primaire impacte également le nombre d'espèces (Mittelbach *et al.*, 2003).

2.3.1. Perspectives locales et régionales

Dans la nature, les populations d'espèces interagissent sur de grandes superficies (Chesson, 2000) mais également d'un point de vue géographique local et écologique (Brown, 1984; Gaston, 1998, 2003). La spécialisation des populations d'individus et leur adaptation est fonction des variations du milieu. Ainsi, leur distribution est conditionnée par les facteurs locaux tels que les propriétés physico-chimiques du sol, ou par des facteurs régionaux tels que les variations climatiques (température, précipitations, saisons, etc.).

Les écosystèmes étudiés à l'échelle locale et à l'échelle régionale sont indissociables. Les processus locaux responsables de la diversité sont importants, même si les facteurs régionaux contribuent à la diversité locale, ils ne la déterminent pas systématiquement. Les processus qui ont lieu à échelle locale (compétition, mutualisme, etc.) ont plus d'effet sur les populations d'espèces présentes dans le milieu (Hillebrand, 2004).

La variation de l'étendue écologique d'une population reflète un ajustement face à la compétition et aux ressources disponibles du milieu, ce qui influence également la diversité à une échelle locale (α -diversité) et même régionale (β -diversité). La distribution des espèces étant connue, les diversités

régionales et locales peuvent être géo référencées, avec des superpositions des différentes distributions spatiales de ces espèces à l'échelle régionale et locale (Ricklefs, 2004).

Plus la diversité des espèces dans une région augmente et avec elle la compétition, l'étendue moyenne de chaque population diminue, et avec celle-ci le nombre d'interactions possibles entre les populations ; ceci conduit à augmenter la β -diversité, alors que la densité de l'espèce à l'échelle locale diminue. La capacité de ces populations à réagir face aux interactions du milieu va également diminuer, ce qui peut amener cette population à disparaître, modifiant ainsi la configuration spatiale des espèces dans la région concernée.

2.3.2. Distribution des espèces consommées

Les facteurs climatiques quantifiables (tels que la pluviométrie ou encore l'évapotranspiration potentielle) ainsi que les effets historiques (taux de spéciation, extinction ou dispersion) plus difficiles à quantifier sont des caractéristiques environnementales susceptibles d'influencer la distribution spatiale des espèces dans une région (Kreft & Jetz, 2007). Les gradients observés dans la variation du nombre d'espèces avec l'altitude et la latitude sont également déterminés par l'énergie du milieu (radiations solaires, évapotranspiration). Cependant, bien que de hauts niveaux d'énergie correspondent à une grande productivité du milieu considéré, cela ne conduit pas nécessairement à une diversité d'espèces dans ledit milieu (Rohde, 1992). Pour certaines espèces de mollusques (Valdovinos *et al.*, 2003) ou d'oiseaux (Rabenold, 1979) il a été démontré que leur diversité ne décroît pas lorsque la latitude augmente (Hillebrand, 2004).

(Francis & Currie, 2003) ont étudié les relations entre la richesse spécifique des angiospermes et le climat dans chaque biome de Holdridge (Holdridge, 1967) et chaque province biogéographique de Wallace (Wallace, 1876). Ils en ont conclu que : la richesse spécifique des angiospermes est fortement dépendante du climat ; l'impact observable de la chaleur du milieu sur la richesse spécifique de ces plantes à fleurs est fonction de la présence d'eau dans le milieu. Contrairement à des résultats précédents (O'Brien, 1993; Rosenzweig, 1995), l'influence de la chaleur ou de la productivité primaire du milieu sur la diversité des espèces n'est pas si forte. Même si la quantité d'énergie disponible dans le milieu est favorable, si l'eau n'est pas disponible, le nombre d'espèces tend à décroître. La présence simultanée de ces deux facteurs influence positivement la productivité primaire des populations d'angiospermes, contribuant ainsi à augmenter la quantité d'aliments disponibles pour la faune. Chez les mammifères, la taille du corps des individus d'un groupe peut varier avec la latitude (Ashton *et al.*, 2000; Gilgooly & Dodson, 2000; Kaustuv *et al.*, 2001; Freckleton *et al.*, 2003). Cependant, (Hillebrand, 2004) montre que les petits mammifères ayant un plus grand nombre d'individus et une masse corporelle plus faible ont plus de chance de migrer vers de nouveaux territoires, augmentant ainsi leur aire de distribution. L'étude du milieu où sont répertoriées les

plantes à fleurs d'intérêt a révélé qu'il n'y a pas de différence significative entre les régions. Le climat est donc le facteur qui détermine le mieux le gradient de variation du nombre d'espèces entre les régions étudiées.

Le climat est un facteur déterminant de la distribution spatiale des espèces tant animales que végétales (Turner *et al.*, 1987; Turner *et al.*, 1988). Cependant, il est important de faire une différence entre les effets du climat sur l'abondance et la distribution des espèces et les processus énergétiques qui influencent la diversité des espèces végétales et animales. (Clarke & Gaston, 2006) différencient trois types d'énergies influençant différemment la diversité : énergie radioactive (utilisée pour la photosynthèse), l'énergie thermique (la température ambiante) et l'énergie chimique (utilisée pour le métabolisme des différents organismes). Seules les formes radioactives et chimiques sont utilisées par les organismes biologiques (animaux et plantes respectivement), ce qui a donc un impact évident sur leur abondance et biomasse.

La température, quant à elle affecte les niveaux d'utilisation de ces deux formes d'énergie. Lorsque l'énergie photosynthétique et l'eau sont disponibles dans le milieu, la température ambiante influence l'abondance et la diversité des espèces de plantes présentes dans ledit environnement. Principale source d'alimentation, la diversité des plantes a une influence certaine sur celle des herbivores et plus loin encore, celle des carnivores présents dans le milieu.

Les différentes formes d'énergie, en diminuant avec la latitude créent un gradient de répartition des différentes espèces végétales dont ont besoin les mammifères et même des primates pour se nourrir. La décroissance de leur masse corporelle fortement liée à celle de l'énergie ambiante montre que la distribution spatiale des aliments d'une espèce influence la sienne en fonction des différents gradients observés. Il est donc important de comprendre comment ces derniers déterminent les zones d'habitation de ces différentes espèces.

2.3.3. Régionalisation biogéographique

La biodiversité tropicale est d'un intérêt particulier pour les écologistes. Bien qu'ils ne s'accordent pas sur les processus à l'origine de la biogéographie de ces espèces, plusieurs théories relatives à la surface disponible (Terborgh, 1973; Rosenzweig, 1995) à la température du milieu (Wright, 1983; Currie, 1991; Allen *et al.*, 2002) ou encore à la topographie du milieu (O'Brien & Leichenko, 2000; Rahbek & Graves, 2001; Diniz-Filho & De Campos Telles, 2002) ont été émises. Selon (Rohde, 1992), les limites de ces théories sont que la plupart du temps une seule espèce est étudiée et la majorité des études ont été conduites en région néo tropicale et sur le continent américain.

Pour les mêmes superficies, les environnements tropicaux contiennent plus d'espèces que ceux des zones tempérées (Gaston, 2000). La variation du nombre d'espèces présentes avec la latitude peut

également être attribuée à un équilibre entre la spéciation et l'extinction ou la migration des espèces, ce qui modifie leur distribution. Le nombre d'espèces coexistant sur un même territoire décroît lorsque l'on s'éloigne de l'équateur (diversité α). Pour les hiboux du continent américain, il a été obtenu comme résultat que le nombre d'espèces diminue lorsque la latitude augmente. La diversité de plusieurs autres espèces d'oiseaux (Koleff & Gaston, 2001) est également plus élevée lorsqu'on est proche de l'équateur (Koleff *et al.*, 2003). La taille des échantillons n'a pas d'effet significatif sur la variation de la diversité locale ou régionale avec la latitude, mais elle pourrait s'avérer importante pour certains organismes (Rahbek & Graves, 2000). De plus, l'hétérogénéité de la distribution des espèces dans une région précise davantage la différence dans les réactions de ces populations aux conditions environnementales de ladite région (Ricklefs, 2004).

Grâce à la régionalisation, il est possible de délimiter des écorégions. La délimitation stricte de ces régions avec des frontières aux coordonnées géographiques connues étant difficile, il est plus approprié de parler de zones de transitions (Morrone, 2006). Adolf Engler a été le premier à classifier la flore terrestre en 4 domaines et 31 régions (Engler, 1879, 1882). (Olson *et al.*, 2001) divisent la surface terrestre en 8 domaines biogéographiques, 14 biomes contenant 867 écorégions. Six d'entre elles (voir figure 2) sont intéressantes pour notre étude car présentes dans l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest.

L'une des raisons qui justifie que les régions tropicales ont une plus grande biodiversité d'espèces que celles extratropicales est que la largeur des bandes de latitudes diminuant au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur, les régions tropicales offrent aux nouvelles espèces une plus grande superficie à occuper avec de faibles probabilités d'extinction (Rosenzweig, 1992, 1995), ce qui est un facteur capital pour la distribution et la diversité des espèces (Gaston, 2000).

Cependant, la superficie n'est pas le seul paramètre pouvant justifier la variation de la diversité spécifique avec la latitude. L'énergie disponible dans le milieu influence également le nombre d'espèces qui s'y trouvent. Ainsi, les climats chauds avec une grande disponibilité en eau abritent un plus grand nombre d'espèces végétales que les climats tempérés. Ceci se répercutant sur les systèmes animaux car si la productivité primaire d'une région augmente, une plus grande biomasse végétale est disponible ; ce qui permet à plusieurs espèces de coexister sur le même territoire. La compétition en est réduite et des populations viables d'animaux s'agrandissent (Gaston, 2000).

En conclusion, la superficie influence d'un point de vue géographique la richesse d'un milieu sur l'aire de distribution des espèces présentes, alors que la disponibilité d'énergie a un effet direct sur la taille de la population qui définit la densité locale de l'espèce. Cependant, ces deux facteurs ne font qu'impacter sur la spéciation et/ou l'extinction d'une espèce, qui en réalité sont des questions plus écologiques que géographiques. Il est donc important de savoir apprécier cette distribution de

biomasse végétale et alimentaire qui influence celle des mammifères et animaux en général qui dépendent de cette ressource et celle des gorilles des plaines de l'ouest en particulier.

2.4. Notion d'endémisme

Tout taxon uniquement présent dans une aire géographique ou biogéographique (localité, région, île, etc.) est dit endémique (Hobohm *et al.*, 2014). Ceci peut être dû à des causes environnementales telles que les caractéristiques uniques des sols ou des conditions écologiques particulières comme celles des montagnes notamment ; ou à des causes biologiques comme le processus de spéciation qui restreint la reproduction à certains individus de taxons identiques. Les efforts inégalement répartis dans toutes les régions du monde font que la connaissance et la répartition des espèces endémiques est biaisée. Les terres inaccessibles étant mal connues, on pourrait croire qu'elles ont un faible taux d'endémisme. L'étude de ces zones et des différentes interactions qui y ont lieu est d'un intérêt particulier pour la biogéographie (Nelson & Platnick, 1981) car l'endémisme peut être considéré comme la base de la régionalisation dans la mesure où ces espèces présentent une configuration spatiale et des conditions environnementales uniques qui permettent de délimiter des écorégions.

2.4.1. Endémisme et environnement

Le plus grand nombre d'espèces endémiques est présent en zones tropicale et subtropicale en comparaison avec les zones tempérées, les zones inondées étant celles où on retrouve le moins d'endémisme (Hobohm *et al.*, 2014). Les variations du climat (stabilité et changement) influencent considérablement l'apparition et la présence des espèces endémiques dans un milieu donné. Un climat stable sur de longues périodes favorise l'apparition de nouvelles espèces, leur résistance, leur survie et leur restriction à des aires géographiques précises (Jansson, 2003).

Les facteurs environnementaux combinés aux fonctions biologiques (durée du cycle de vie, fertilisation, modes de pollinisation et de dispersion des graines, etc.) influencent également la vitesse d'évolution d'une espèce et la croissance de son arbre phylogénétique. D'après (Rensch, 1954), la température influence fortement le taux d'évolution d'une espèce. C'est également la raison pour laquelle un plus grand nombre d'espèces est retrouvé en zone tropicale où la température et la disponibilité en eau sont élevées. L'isolation géographique qui est un des facteurs facilitant la spéciation est une caractéristique environnementale qui justifie le taux d'endémisme élevé qui est souvent rencontré sur les îles.

2.4.2. L'endémisme est une valeur quantifiable

Les méthodes les plus connues pour le faire sont :

- Le nombre d'espèces endémiques de la région. Cette méthode fait référence aux processus de spéciation et d'extinction qui ont lieu dans la région (Hobohm *et al.*, 2014). Cependant, le

nombre de taxons endémiques ne permet pas de classer clairement les zones les plus endémiques du monde car la définition du taxon considéré n'est pas universelle (espèce ou sous-espèce). En ignorant les biais liés à la définition systématique du taxon utilisé, on peut considérer la Chine comme ayant le plus grand nombre de taxons de plantes vasculaires au monde avec 15.000 à 18.000 (HUANG *et al.*, 2011) suivie de l'Indonésie (17.500) et de la Colombie (15.000) (Groombridge *et al.*, 2002).

- Le taux d'endémisme de la région. Il est un indicateur des conditions environnementales telles que l'isolation géographique. C'est pour cette raison que les îles ont généralement un taux élevé d'endémisme (Hobohm *et al.*, 2014). Cette séparation peut à la fois faciliter la spéciation (grâce à l'isolation génétique et une dispersion contrôlée des graines) et la limiter sur le long terme en réduisant l'adaptation génétique des nouveaux individus aux changements du milieu et une population de petite taille, ce qui ne facilite pas l'apparition de nouvelles espèces. Néanmoins, la proportion des taxons endémiques par rapport à tous les taxons présents dans une région à elle seule ne permet pas de tirer une conclusion claire sur la région ayant le plus grand nombre de taxons endémiques. Par exemple, si une espèce est seule sur une île où elle est endémique, alors son taux d'endémisme est de 100% et sa densité est également maximale. Cependant, un taux d'endémisme élevé n'indique pas toujours une forte densité ou encore un centre d'endémisme (Hobohm *et al.*, 2014).

Il est donc important de nuancer ce qu'on entend par nombre d'espèces endémiques, taux d'endémisme et densité d'endémiques dans une région. D'autres méthodes permettent également de quantifier l'endémisme dans une région. Il s'agit notamment :

- Du nombre d'individus d'une population. L'UICN utilise cet indice pour déterminer le statut d'un taxon. Sur les îles marines on retrouve des espèces ne comptant que quelques individus. Certaines d'entre elles disparaissent de la surface du globe (Hobohm & Tucker, 2014). Le nombre d'individus permet au fil du temps de suivre l'évolution d'une espèce représentée par une population initialement faible et ainsi de mieux apprécier le statut et les méthodes de conservation.
- De la densité : nombre d'espèces endémiques par unité de surface. Elle est utilisée pour estimer la vitesse d'évolution des espèces dans une région. Elle permet de déterminer de façon simple le degré d'endémisme dans la région. Cependant, il n'est possible de comparer que deux régions de superficies identiques (Magurran & McGill, 2011).

Pour la comparaison de sites de superficies différentes, la formule d'Arrhenius peut être utilisée : **$\log E = z * \log A + \log c$; ou $E = D c A^z$** (avec **E : nombre total d'espèces endémiques dans la région ; A : superficie de la région ; z, c : constantes empiriques**).

L'indice d'endémisme de Bykow est utilisé pour prédire l'endémisme d'une région en tenant compte à la fois de l'isolation et de l'écologie de celle-ci. Bykow (1979) a développé une équation de régression pour définir la relation entre la surface d'une région et la proportion d'espèces endémiques présente dans cette région. Cet indice pourrait être utilisé pour estimer le pourcentage d'espèces fruitières endémiques à l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest.

La formule de cette équation est : $\log e_n = 0,373 \times \log a - 1,043$.

Où **a** : taille de l'aire de répartition des GPO ; **e_n** : endémisme estimé (%).

Avec cette équation, 1% d'espèces endémiques peut être obtenu sur une surface de 625 km², 2,8% pour 10.000 km², 6,6% pour 100.000 km² et 15,7% pour 1.000.000 km².

En général, les plantes ayant un nombre élevé d'espèces dans une région ont souvent un grand nombre d'espèces endémiques. Il existe également d'autres méthodes basées sur la superficie des grilles géographiques qu'occupe un taxon pour en déterminer la rareté notamment ; les mesures phylogénétiques ou de préférences d'habitat peuvent également être utilisées. (Hobohm & Tucker, 2014). Cependant, sur le plan génétique une espèce présente sur une petite superficie a une diversité génétique faible et peut avoir des problèmes liés à la reproduction (pollinisation limitée, fruits de mauvaise qualité) et par conséquent mal s'adapter aux changements environnementaux. Néanmoins, on constate que les populations endémiques ne rencontrent pas ces difficultés.

Dans les régions où on observe une grande richesse spécifique les conditions environnementales sont souvent favorables avec une grande diversité d'habitats, de gradients, une disponibilité en eau et en nutriments variables. Si les conditions climatiques viennent à changer, cette diversité peut faciliter la résistance locale et régionale d'une ou plusieurs espèce(s). Ce qui permet à l'écorégion de garder relativement la même configuration et composition (Hobohm *et al.*, 2014).

2.4.3. Endémisme et conservation

Les menaces directes pouvant conduire à l'extinction d'une espèce sont entre autres la perte et la dégradation d'un habitat, sa fragmentation, l'utilisation anarchiques des ressources naturelles ou encore la pollution. En s'assurant de l'intégrité du milieu, de la gestion durable des ressources naturelles les services de conservation peuvent mieux prévenir l'extinction des espèces (Hobohm *et al.*, 2014).

Les jardins botaniques et l'horticulture peuvent être des méthodes ultimes pour la conservation des espèces de plantes en voie d'extinction. Mais cette méthode de conservation *ex situ* n'est pas facilement aux animaux (Hobohm *et al.*, 2014), mammifères et grands singes en particulier, il convient de mieux repenser à la préservation de leurs habitats naturels pour une meilleure

conservation de ces espèces pour la plupart en danger critique d'extinction. Une bonne connaissance de l'endémisme dans une région permet donc de mieux orienter les activités prioritaires de conservation. Ainsi, une espèce endémique dont la diversité est importante pour l'alimentation d'une espèce de mammifères par exemple aura plus d'intérêt à être conservée qu'une autre qui ne l'est pas. Dans plusieurs études (Mittermeier *et al.*, 1999; Myers *et al.*, 2000; Brooks *et al.*, 2002) la proportion des espèces endémiques a été utilisée pour déterminer les zones prioritaires de conservation. Plus on a d'espèces endémiques dans un milieu, plus la diversité spécifique de ce milieu est élevée (Emerson & Kolm, 2005; Birand & Howard, 2008). Le centre d'endémisme guinéo-congolais qui abriterait le plus grand nombre d'espèces endémiques du Bassin du Congo (White, 1979) et l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest se chevauchent. Dans le cas de notre étude, la connaissance de la distribution d'une espèce fruitière consommée par les gorilles des plaines de l'ouest qui est endémique et diversifiée dans leur aire de distribution s'avère être un outil indispensable d'aide à la décision pour la détermination des zones prioritaires de conservation dans le bassin du Congo. Ce qui contribuerait efficacement à la conservation de cette espèce menacée d'extinction.

CHAPITRE 3 : MATERIELS ET METHODES

3.1. Présentation de la zone d'étude

3.1.1. Localisation de l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest : statut, délimitation et surface

La population des gorilles de plaines de l'ouest a été estimée à 361.919 individus sevrés en 2013 (Strindberg *et al.*, 2018), ce qui peut paraître intéressant vu le statut de cette espèce. Néanmoins, les gorilles continuent de faire l'objet de plusieurs mesures de conservation à l'échelle nationale comme internationale. Les gorilles des plaines de l'ouest sont classés dans la catégorie « espèce en danger critique d'extinction » sur la liste rouge de l'UICN depuis 2007 (Maisels *et al.*, 2016). L'espèce *Gorilla gorilla sp* est inscrite en annexe 1 de la convention sur les espèces migratrices depuis 2005 et de celle sur le Commerce International des Espèces de faune et de flore sauvages en Danger (CITES) depuis 1975.

Aux différentes échelles nationales, au Cameroun notamment le gorille appartient à la catégorie A. Il est par conséquent interdit de les chasser, capturer et les vendre, d'après la loi n°94/01 portant régime des forêts, de la faune et de la pêche (Anonyme, 1994). Au Congo, les lois 48/83 et 49/83 ainsi que le décret 85/879 sont les dispositions légales régissant la conservation et de l'utilisation de la faune. Le ministère de l'économie forestière et de l'environnement (MFEE) est l'organe responsable de la conservation de la faune, y compris la gestion des aires protégées parmi lesquelles on compte deux sanctuaires à gorilles (Anonyme, 2009). En RCA l'Ordonnance n° 84.045 de 1984 et la loi n°90.003 de 1990 régulent la conservation de la faune sous la tutelle du ministère de l'environnement, des eaux, des forêts, de la chasse et de la pêche. Les gorilles des plaines appartiennent à la catégorie A, ils sont donc complètement protégés (Anonyme, 2009). En Guinée équatoriale, la loi n°1/1997 et son règlement d'application (décret 97/1997) ainsi que la loi n°4/2000 sur les aires protégées régissent les actions relatives à la conservation de la faune. En Angola, le décret n°40040 de 1955 et la loi fondamentale sur l'environnement 5/98 définissent les mesures de conservation de la biodiversité et des aires protégées sous tutelle gouvernementale du ministère des affaires urbaines et de l'environnement. L'Ordonnance-Loi 69.041 de 1969 sur la conservation de la nature qui définit les parcs nationaux et la loi 82.002 de 1982 définissant les réserves de faunes et les réserves de chasse, ainsi que la liste des espèces interdites de chasse et de capture régissent sur le plan législatif la conservation de la faune en RDC. Le Ministère de l'environnement, de la conservation de la nature et du tourisme est celui chargé de la conservation de la nature (Anonyme, 2009).

La réduction de la population des gorilles des plaines de près de 80% (Maisels *et al.*, 2016) ces dernières années a été observée pour plusieurs raisons, nous avons entre autres :

- le braconnage : les gorilles sont chassés illégalement pour leur viande. Vers la fin des années 90 l'attribution des concessions forestières à proximité des aires protégées a donné lieu à l'ouverture de routes donnant un accès facile aux chasseurs et fragmentant la forêt qui abritait les gorilles ; tout ceci contribuant à réduire considérablement la superficie habitée. D'un autre côté l'exploitation minière a continué à détruire la forêt non seulement pour l'établissement des chantiers mais également pour la construction des villages. Les failles liées à la gouvernance forestière ne permettent pas toujours d'appréhender les responsables des actes illicites (Maisels *et al.*, 2016). De plus, seulement 23,2% de l'aire de distribution des gorilles des plaines sont protégés par des écogardes (aires protégées, concessions forestières certifiées FSC et une partie de concessions non certifiées), ce qui laisse 76,8% de toute cette superficie de l'ordre de 700.000 km² non protégés, rendant les GPO qui s'y trouvent extrêmement vulnérables au braconnage (Strindberg *et al.*, 2018).
- La maladie : près de 10.000 chimpanzés et gorilles ont péri du virus Ebola depuis le début des années 90. Avec un taux de mortalité de plus de 90% cette maladie contagieuse a décimé près des trois quarts des populations de gorilles dans six aires protégées du bassin du Congo. Les frontières naturelles n'étant pas un obstacle à la propagation de la maladie, Ebola reste une menace pour les gorilles des plaines car elle pourrait continuer de se propager dans les concessions forestières et même dans les aires protégées.
- La perte et la dégradation de leur habitat : la FAO a estimé en 2011 une perte annuelle de forêts dans le bassin du Congo de l'ordre de 800.000 ha. L'industrie croissante du palmier à huile dont la zone agro écologique correspond à l'habitat sur terre ferme du gorille des plaines en est l'une des principales causes (Maisels *et al.*, 2016). L'exploitation de bois ou de minerais quant à elle a pour effet la dégradation des forêts qui vient s'ajouter aux superficies déjà perdues. Au-delà des autres contraintes environnementales, le taux d'exploitation forestière joue un rôle déterminant pour la subsistance des populations de gorilles dans les forêts secondaires (Morgan *et al.*, 2013). Si l'affectation des terres n'est pas mieux gérée dans les prochaines décennies le gorille des plaines pourrait voir son habitat disparaître ;
- Les changements climatiques, bien que menaces indirectes ils entraînent en Afrique Centrale des dérèglements saisonniers (précipitations, températures, etc.) peuvent influencer la productivité des forêts, les processus phénologiques et même plus loin encore la migration des espèces. A long terme l'habitat actuel que nous connaissons aux gorilles des plaines pourrait ne plus exister (Maisels *et al.*, 2016).

De plus, la croissance démographique et l'urbanisation qui accroissent les pressions anthropiques sur les ressources naturelles, la pollution et même les conflits dans les pays de la région sont également

des menaces qui pourraient indirectement être préjudiciables aux gorilles des plaines (Blake *et al.*, 2005).

Les gorilles des plaines de l'ouest sont la sous-espèce la plus nombreuse (plus de 80% de toute la population de gorilles) et la plus répandue de toutes les sous-espèces de gorilles (Harcourt, 1996) avec une aire de distribution d'environ 700.000 km² (Maisels *et al.*, 2016) où ils sont présents à des altitudes inférieures à 800m dans le bassin du Congo. Leur distribution s'étale sur sept pays d'Afrique Centrale : Cameroun, République centrafricaine (corne sud-ouest), République Démocratique du Congo, Angola (région du Cabinda), Congo, Gabon et Guinée équatoriale (voir figure 2).

La superficie où on retrouve les populations de *Gorilla gorilla gorilla* (Savage et Wyman, 1847) en Afrique Centrale est limitée à l'est par la rivière Oubangui frontière naturelle entre la RCA et la RDC jusqu'à 18,6° de longitude Est, à l'ouest par l'océan Atlantique à 9° de longitude Ouest. La partie Sud du fleuve Congo confluant avec la rivière Oubangui pour former les limites Sud (sud-est et sud-ouest) de l'aire de distribution jusqu'à 6° de latitude Sud. Au Nord par le fleuve Sanaga, au Cameroun à 5° de latitude exception faite de la petite population relique de la forêt d'Ebo dont l'appartenance taxonomique n'est pas encore tout à fait claire car même si elle se situe au nord de la Sanaga elle semble être *G. g. gorilla* (Morgan *et al.*, 2003).

L'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest couvre six écorégions (Olson *et al.*, 2001). La septième écorégion représente la forêt d'Ebo où (Morgan *et al.*, 2003) ont trouvé des preuves de la présence des gorilles mais celle-ci n'a pas été incluse dans les analyses car aucune étude n'a été conduite à cet endroit et cette forêt est très petite en terme de superficie (en comparaison aux autres sites) et totalement décousue du reste.

Nous avons également exclu des analyses la superficie couverte par les mangroves car aucune étude n'a mentionné la présence des gorilles des plaines dans les mangroves.

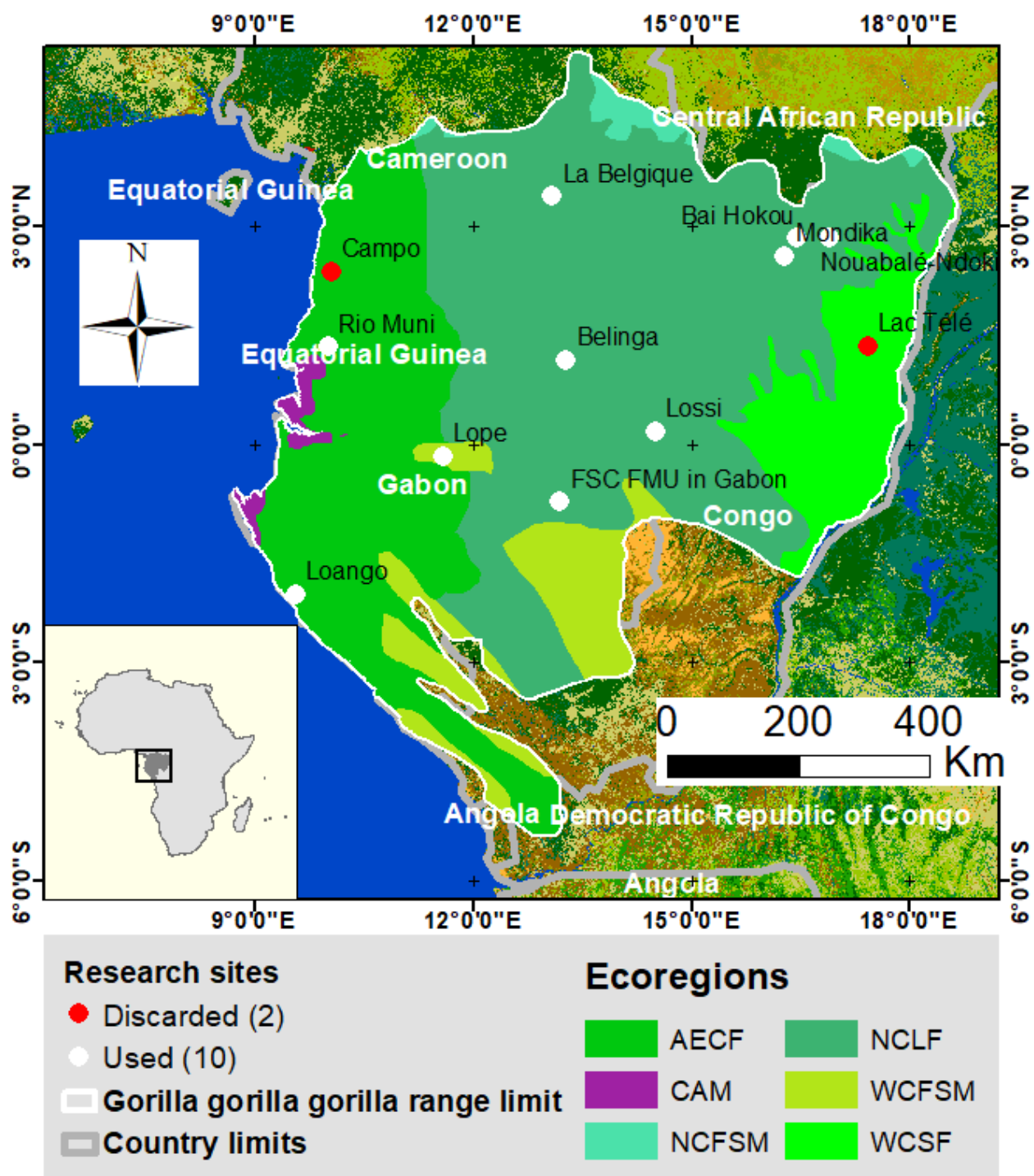


Figure 2 : Aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest.

De l'ouest à l'est nous avons :

- Les mangroves d'Afrique Centrale (Central African Mangroves/CAM) ;
- Les forêts côtières équatoriales atlantiques (Atlantic Equatorial Coastal Forests/AECF) ;
- La mosaïque forêt-savane de l'ouest du Congo (Western Congolian Forest-Savanna Mosaic/WCFSM)

- Les forêts des plaines du nord-ouest du Congo (Northwestern Congolian Lowland Forests/NCLF) ;
- La mosaïque forêt-savane du nord du Congo (Northern Congolian Forest-Savanna Mosaic/NFSM) ;
- Les forêts marécageuses de l'ouest du Congo (Western Congolian Swamp Forests/WCSF).

Selon (Strindberg *et al.*, 2018), les résultats d'inventaires réalisés entre 2003 et 2013 ont permis d'observer que 60% de la population des gorilles des plaines de l'ouest est retrouvée en RDC, 27% au Gabon et 10% au Cameroun. Le reste étant réparti en RCA, Guinée Equatoriale et Angola. Près de 78% de toute cette population vivant hors des aires protégées peut atteindre de fortes densités de l'ordre 3-5 individus/km².

L'aire de distribution des gorilles des plaines se situe dans le Bassin du Congo, deuxième plus grand massif des forêts tropicales denses et humides région guinéo-congolaise (Droissart *et al.*, 2018), sous-division de la Basse Guinée avec un taux d'endémisme de 24,2% avec 209 familles de plantes endémiques. Les forêts denses humides de basses altitudes représentent environ 35% de la superficie totale du bassin (Eba'a Atyi, 2010). Les gorilles des plaines peuvent être présents dans les terres fermes (*terra firma*) et marécageuses de basses altitudes où ils occupent une variété d'habitats : les forêts à forte ou faible ouverture de la canopée matures ou secondaires ou encore les forêts partiellement inondées.

Dans ce bassin d'environ 250 millions d'ha où les grands mammifères (éléphants et grands singes en particulier) jouent un rôle très important pour le maintien de l'écosystème, les aires protégées couvrant environ 55 millions d'ha (FAO, 2014) sont au centre des stratégies de conservation de ces espèces emblématiques dont la plupart sont menacées d'extinction. Les écogardes travaillant dans ces aires protégées et dans les concessions forestières bien aménagées n'arrivent pas à endiguer la menace pesant sur les gorilles des plaines car près de 58% de toute leur aire de distribution sont des espaces non protégés et par conséquent vulnérables au braconnage notamment (Maisels *et al.*, 2016).

3.1.2. Caractéristiques biophysiques

3.1.2.1. Climat

Au cours des deux derniers millions d'années les forêts actuelles du Bassin du Congo ont connues plusieurs modifications en raison des conditions climatiques sévères qui ont imposé des changements irréversibles. C'est ainsi que durant la dernière période glaciaire notamment, la majeure partie du paysage que nous connaissons aujourd'hui était constituée de terres savanicoles, de forêts denses ne se limitant qu'à de petites zones de basses altitudes dans la partie côtière occidentale et des zones montagnardes du côté oriental. Ces régions abriteraient désormais un plus grand nombre d'espèces,

parmi lesquelles quelques-unes endémiques et seraient par ricochet les plus riches du bassin. D'autres climats plus arides ont également modifié la structure du bassin du Congo. Tous ces processus ont au fil du temps contribué à façonner l'état actuel que nous connaissons (Blake *et al.*, 2005).

Les précipitations annuelles peuvent varier entre 1000 mm/an sur les parties les plus continentales de l'aire de distribution des GPO, et 3000 mm/an pour certaines régions côtières (voir figure 4-12). (Devers & Van de Weghe, 2006) ont décrit qu'il est possible de distinguer 03 zones à pluviométrie élevée : les zones centrale et orientale du bassin où les précipitations peuvent aller de 2000 à 2500 mm par an, et la zone côtière occidentale avec des précipitations de l'ordre de 3.000 à 11.000 mm par an.

Les variations d'altitudes (DEM : Digital Elevation Model) dans l'aire de distribution des GPO montre qu'elles peuvent être dans les zones côtières en raison de la proximité avec la mer de l'ordre d'un mètre, jusqu'à 1.113m dans des zones continentales (voir figure 4-21).

Les températures moyennes peuvent varier entre 18 et 26°C, l'évapotranspiration entre 1000 et 1700mm (Tshimanga & Hughes, 2012). Ces températures dont les gradients définissent des variations marquées pratiquement aux mêmes endroits que ceux de l'élévation peuvent aller de 21,264 °C à 26,538°C pour les zones les plus chaudes (voir figure 4-1)

Les effets des vents pouvant souffler de 1,5 à 13,5 km/h en provenance de l'océan atlantique réduisent l'évaporation en abaissant considérablement la température pendant la saison sèche. La durée de cette saison augmente avec la latitude de 1 à 2mois à l'équateur, elle peut aller jusqu'à 4 mois aux extrémités Nord et Sud du bassin (Devers & Van de Weghe, 2006).

Le bassin du Congo a 36% de sa superficie dans l'hémisphère Nord et 64% dans l'hémisphère Sud. Les zones les plus proches de l'équateur ont une distribution de précipitations bimodale mais celle des zones les plus éloignées est uni modale, ce qui traduit respectivement l'alternance de deux saisons sèches (une grande et une petite) avec deux saisons des pluies (grande et petite) et celle d'une saison des pluies avec une saison sèche (Devers & Van de Weghe, 2006).

3.1.2.2. Hydrographie

L'écoulement moyen dans le bassin du Congo fluctue entre 1 et 1945 mm par an, avec une moyenne mensuelle d'écoulement de 342 mm. Les valeurs les plus élevées étant autour de l'équateur, où la pluviométrie est également la plus abondante. La valeur la plus faible d'écoulement moyen a été observée à l'ouest de la Tanzanie entre 31° de longitude Est et 6,73 de latitude Sud. Cet écoulement est fortement influencé par les précipitations. C'est ainsi que durant la saison sèche dans l'hémisphère Sud du bassin qui représente plus de 55% de sa superficie totale, entre Juin et Août on observe un écoulement faible (soit 358.223 mm pour toute la saison) et pendant la saison des pluies un taux

d'écoulement des eaux élevé (soit 658432 mm pour toute la saison), de Septembre à Novembre. A l'échelle du bassin du Congo, le débit d'écoulement des eaux est estimé à 47,418 m³/sec (Bahati Chishugi & Alemaw, 2009). Les forêts d'Afrique centrale sont drainées par le bassin du fleuve Congo et par une série de fleuves de la côte affluant dans le golfe de Guinée. Les plus importants sont la Sanaga, le Ntem, l'Ogoué, la Nyanga, le Niari et le Kouilou (Clarke & Gaston, 2006).

3.1.2.3. Flore, végétation et diversité des habitats

En Afrique Centrale, 80% des forêts sont situées entre 300 et 1000 m d'altitude (Devers & Van de Weghe, 2006), ce qui a un impact considérable sur le type de végétation qui compose le bassin. C'est ainsi qu'on retrouve les forêts des bassins sédimentaires du Cameroun et du Gabon (7% du bassin du Congo) à une altitude inférieure à 300m, les forêts submontagnardes entre 1000 et 1600m d'altitude et les montagnardes à plus de 1600 m avec les reliefs du Mont Cameroun (Blake *et al.*, 2005).

(Verhegghen *et al.*, 2012) identifie plusieurs types de végétation dans le bassin du Congo. Parmi lesquels nous avons :

- les forêts denses humides : type de végétation le plus représenté (1.690.000 km², soit 41,2% du bassin), ces forêts dominent au Gabon (84,6%), en Guinée équatoriale (75,9%), au Cameroun (40%), au Congo (49,8%) et en RDC (43,7%) ;
- les forêts submontagnardes et montagnardes couvrant 1,2% de la superficie du bassin sont présentes à l'est du Congo et du côté du Mont Cameroun ;
- les forêts édaphiques couvrent 3% du bassin et sont présentes le long du réseau hydrographique du fleuve Congo sur 126.800 km² ;
- les mangroves : présentes sur les côtes atlantiques du Cameroun et du Gabon, elles s'étendent sur 4404 km², soit 0,1% de la superficie de la région ;
- la mosaïque forêt-savane : zone de transition, elle occupe 213.800 km² soit 5,2% du bassin ;
- les savanes arborées et herbeuses présentes en RDC (370.000 km²), RCA (344.700 km²), et au Cameroun (119.500 km²), ainsi que les savanes arbustives qui représentent 4% de la superficie totale du bassin.

Quelques prairies herbeuses sur les terres fermes ou inondées peuvent également être rencontrées.

En suivant la bordure côtière de l'océan atlantique sur 200 km environ à l'intérieur des terres on parcourt des forêts humides sempervirentes, avec une diversité d'espèces (Blake *et al.*, 2005) soumises à plus de 3000 à 3500 mm de précipitations dans les régions occidentales du Gabon et du Cameroun. Les forêts denses équatoriales sont répertoriées au centre du massif, où on observe les quantités d'eau disponibles les plus élevées (Bahati Chishugi & Alemaw, 2009). En allant plus loin sur le continent, suivent des forêts plus sèches avec une plus faible diversité d'espèces. A l'est du

massif forestier d'Afrique Centrale, le rift Albertin offre un relief montagneux et on observe également des forêts très riches à Césalpiniacées à 650m d'altitude environ. Tandis qu'au nord et au sud les forêts sempervirentes et semi-décidues disparaissent pour présenter des étendues de galeries forestières et de savanes abritant également des espèces de mammifères emblématiques. A l'est du bassin on peut observer des forêts monospécifiques ou à monodominance telles que les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* ou à *Aucoumea klaineana*. Les zones marécageuses et ripicoles du fleuve Congo s'étendent au centre du bassin du Congo. Elles hébergent une diversité élevée d'espèces endémiques et peuvent s'étendre sur 220.000 km² environ. De grandes superficies de forêts clairsemées à Marantacées sont également présentes à l'est du Gabon et au nord du Congo (Devers & Van de Weghe, 2006).

Le bassin du Congo compte plus de 10.000 espèces de plantes dont plus de 3.000 sont endémiques (Blake *et al.*, 2005). Parmi celles-ci on peut dénombrer quelques familles à savoir les Dioncophyllaceae, Huaceae, Hoplestigmataceae, Lepidobotryaceae, Medusandraceae, Octoknemaceae, Pandaceae, Pentadiplandraceae et Scytotetralaceae. Les forêts montagnardes comptent au moins 70% d'espèces endémiques appartenant à des familles telles que les Barbeyaceae, Oliniaceae ou encore des conifères du genre *Podocarpus*. D'autres familles telles que les Méliacées, Sapotacées, Euphorbiacées et des légumineuses ont une grande diversité d'espèces dans le bassin mais d'autres n'y sont que peu représentées, les Dipterocarpaceae notamment (Devers & Van de Weghe, 2006).

3.1.2.4. Sols

Les sols du Bassin du Congo (voir figure 3) sont très diversifiés sur toute son étendue.

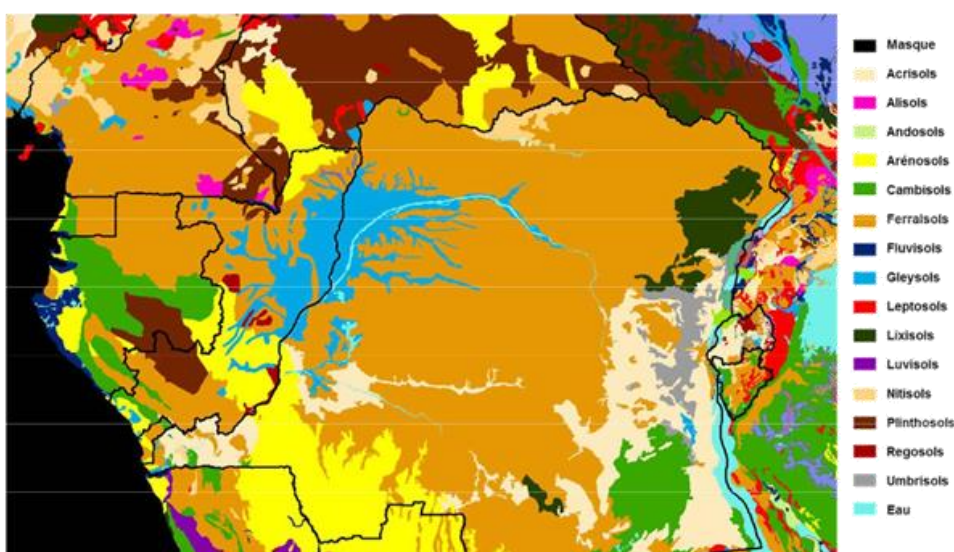


Figure 3 : Répartition des sols dans le bassin du Congo (Jones *et al.*, 2013)

Les sols de ces zones, support des espèces qui y vivent en influencent également la croissance. Ainsi, les caractéristiques des sols fortement liés à leur histoire géologique peuvent faire varier la richesse

des différents habitats. En Europe, le plus grand nombre d'espèces endémiques est répertorié sur des sols à pH faible ou neutre. Par contre, sur les autres continents dans les régions où dominent des sols acides on retrouve également des espèces endémiques (Hobohm *et al.*, 2014). La composition de ces sols variant avec l'altitude, il est observable que les zones montagneuses abritent plus d'endémisme que les plaines. Le taux d'endémisme croît avec l'altitude alors qu'on retrouve le plus grand nombre d'espèces endémiques à des altitudes moyennes et basses (Hobohm *et al.*, 2014). L'humidité moyenne du sol n'est pas la même dans tout le bassin, elle varie entre 0,7 et 431,4 mm par an. Les régions plus proches de l'équateur ont une humidité du sol plus élevée ; celle-ci diminue au fur et à mesure que la latitude augmente (Bahati Chishugi & Alemaw, 2009). Ces gradients observés dans la texture du sol ont une influence certaine sur les types de flore et de faune rencontrés dans le bassin.

3.1.2.5. Faune

Etant l'un des deux derniers écosystèmes du monde à posséder une aussi grande richesse spécifique de plantes vasculaires, d'insectes et de mammifères, le bassin du Congo regorge de grandes superficies interconnectées de végétations différentes où il abrite plus de 400 espèces de mammifères et plus de 1000 espèces d'oiseaux (Blake *et al.*, 2005). De plus, les forêts tropicales d'Afrique Centrale abritent un grand nombre de primates au monde, notamment le bonobo (*Pan paniscus*), le gorille (*Gorilla gorilla*), le bongo (*Tragelaphus eurycerus*), le chimpanzé (*Pan troglodytes*). D'autres espèces telles que l'okapi (*Okapia johnstoni*), ainsi que l'éléphant d'Afrique (*Loxodonta africana*) et le buffle (*Syncerus caffer*) qui sont des espèces endémiques y sont représentés. On retrouve en plus des espèces des familles Anomaluridae, Cephalophinae, Colobinae et Cercopithecidae, des Musophagidae, Malaconotidae, ou encore des pintades pour ce qui est de l'avifaune notamment (Devers & Van de Weghe, 2006).

3.1.3. Données démographiques et socioculturelles

La richesse et la diversité spécifique des forêts du bassin du Congo représentent un atout primordial pour les populations qui en dépendent depuis plusieurs dizaines de milliers d'années pour leur développement humain, socio-économique et même culturel. Etant estimé à 30 millions avec plus de 150 groupes ethniques différents (Devers & Van de Weghe, 2006), le nombre d'habitants dans le bassin du Congo atteindrait 125 millions en 2020, avec un taux d'accroissement annuel de 2,6% et une densité moyenne à faible (FAO, 2014).

Les populations autochtones dans le bassin du Congo sont les pygmées qui y vivent depuis plus de 25000 ans. Les peuples bantous n'intègrent le massif qu'il y a environ 4000 ans, depuis le nord-ouest, avec la traversée de la Sanaga entre autres (Devers & Van de Weghe, 2006). Avec le 21^è siècle l'exode rural s'est accentué parmi ces populations du bassin du Congo.

Les traditionnelles activités de pêche, chasse, cueillette et agriculture sur brûlis avec de longues périodes de jachère dans les forêts d'Afrique Centrale n'étaient durables que si les populations démographiques restaient faibles. Dans les zones du bassin du Congo où la densité des populations est inférieure à 2 habitants/km² ces pratiques traditionnelles prédominent encore (Aveling & Debonnet, 2010). Cependant, avec les pressions démographiques autour des villes et villages ces méthodes ont laissé place à l'agriculture (avec des plantations de palmier à huile, l'une des principales causes de déforestation), l'exploitation industrielle du bois, la chasse commerciale ou encore l'exploitation minière pétrolière. Toutes ces activités ont contribué à modifier les habitudes culturelles des peuples de la forêt.

3.2. Méthodologie de collecte et traitement des données

3.2.1. Type et sources des données collectées

Nous avons utilisé deux types de données :

3.2.1.1. Données secondaires

Le premier type de données a été collecté en parcourant différents documents tels que les articles publiés, les journaux scientifiques, les rapports, les mémoires et thèses abordant les questions liées au régime alimentaire ou encore à la distribution spatiale des espèces animales et végétales d'intérêt. Nous avons ainsi constitué une base de données d'espèces de fruits issus de plantes ligneuses (arbres et lianes) et consommés par les GPO dans les différents sites. Afin d'obtenir le plus d'informations possibles, nous avons considéré toutes les listes disponibles publiées et non publiées sur les espèces consommées par les gorilles des plaines de l'ouest et les espèces sympatriques.

Pour les obtenir, nous avons parcouru et consulté plusieurs sites et moteurs de recherche notamment Google Scholar, Springer Links, Elsevier, JStore et la bibliothèque en ligne Wiley Online Library. Nous y avons recherché à chaque fois des mots clés « Gorilla gorilla » en combinaison avec des mots comme « diet » (régime alimentaire), « food » (aliment), « feeding » (alimentation), « fruits ».

3.2.1.2. Données primaires

Le deuxième type de données constitué des données environnementales et topographiques (coordonnées géographiques, élévation, températures, précipitations, etc.) a été téléchargé sur le site internet <https://www.gbif.org/> (Global Biodiversity Information Facility) ou tout simplement extraites des inventaires botaniques publiés ou non.

Après compilation et géoréférencement des données, la résolution spatiale de ces données est de 5arc-second soit sensiblement 10km×10km.

3.2.2. Traitement et analyse des données

L'étude du régime alimentaire des gorilles des plaines implique l'identification des espèces de plantes consommées à travers les restes d'aliments (Doran *et al.*, 2002), les observations directes (Nishihara, 1995; Remis, 1997; Remis *et al.*, 2001; Rogers *et al.*, 2004; Morgan & Sanz, 2006; Fuh, 2013; Masi *et al.*, 2015), les analyses fécales (Remis, 1997; Remis *et al.*, 2001; Rogers *et al.*, 2004; Fuh, 2013; Masi *et al.*, 2015). Ce processus rend l'identification des plantes difficile au niveau de l'espèce (Tedonzong, 2013).

Bien que certaines espèces aient été identifiées à l'échelle spécifique, d'autres l'ont été à l'échelle du genre, difficulté qui a déjà été rencontrée dans des études sur le régime alimentaire des gorilles (Nishihara, 1995; Ndzengue Ateba, 2016). Ainsi, des données mixtes ont été obtenues pour cette étude. Certaines des données extraites (Calvert, 1985; Kalan *et al.*, 2010) ont été collectées sur des périodes relativement courtes, ne permettant pas d'apprécier la variation en fonction des saisons voilà pourquoi elles ont été exclues des analyses. Nous avons extrait de ces listes tous les genres des fruits consommés par les gorilles des plaines de l'ouest uniquement. Nous les avons encodés à l'aide du logiciel Excel 2013. Le dimorphisme sexuel dans la consommation des fruits n'a pas été pris en compte. Nous n'avons pas considéré les fruits issus de l'agriculture ou de toute activité anthropique tels que l'ananas (*Ananas comosus*), les mangues (*Mangifera indica*) car ils ne sont pas d'origine naturelle. Les noms scientifiques des espèces fruitières restantes ainsi que leurs synonymes ont été systématiquement vérifiés en utilisant les sites internet Wikipédia (<https://fr.wikipedia.org/>), Tela Botanica (<http://www.tela-botanica.org/site:botanique>) et The International Plant Names Index (<http://www.ipni.org/ipni/plantnamesearchpage.do>). Un genre représenté par plusieurs espèces non identifiées a été regroupé en une seule entrée, celle du genre ; c'est ainsi que *Inga sp.*, *Inga sp.1* et *Inga sp.2* ont été noté *Inga sp.* tout simplement. Nous n'avons pas inclus les genres non identifiés dans les sites, ni ceux dont seulement le nom vernaculaire est connu.

La cooccurrence des espèces fruitières dans l'aire de répartition des GPO, leur distribution et leur régionalisation ont été déterminés en utilisant le logiciel R 3.5.

Les analyses sur la richesse spécifique et l'endémisme des genres fruitiers consommés par les GPO dans leurs aires de répartition ont été faites grâce au logiciel Biodiverse 2.0.

3.2.2.1. Distribution des espèces fruitières consommées par les GPO

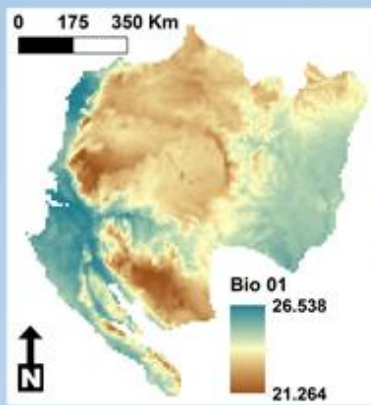
- **Détermination des zones d'influence**

Nous avons utilisé un ensemble de variables bioclimatiques et topographiques qui permettent de définir une zone environnementale. Ces variables sont au nombre de vingt (20) telles que présentées dans le tableau 1.

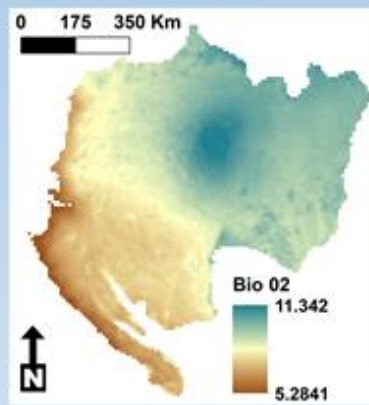
Tableau 1 : Liste des variables bioclimatiques et topographique utilisées.

N°	Variable	Signification
1	BIO 01	Températures moyennes annuelles (en °C)
2	BIO 02	Etendue moyenne de température diurne (calculée par mois temp max-temps min) (en °C)
3	BIO 03	Isothermalité ((BIO2/BIO7) (* 100)) (en °C)
4	BIO 04	Saisonnalité de températures (en °C)
5	BIO 05	Température maximale du mois le plus chaud (en °C)
6	BIO 06	Température minimale du mois le plus froid (en °C)
7	BIO 07	Etendue des températures annuelles (BIO5-BIO6) (en °C)
8	BIO 08	Température moyenne du secteur le plus humide (en °C)
9	BIO 09	Température moyenne du secteur le plus sec (en °C)
10	BIO 10	Température moyenne du secteur le plus chaud (en °C)
11	BIO 11	Température moyenne du secteur le plus froid (en °C)
12	BIO 12	Précipitations annuelles (en mm/an)
13	BIO 13	Précipitations du mois le plus humide (en mm/mois)
14	BIO 14	Précipitations du mois le plus sec (en mm/mois)
15	BIO 15	Saisonnalité des précipitations (en mm/saison)
16	BIO 16	Précipitations du secteur le plus humide (en mm)
17	BIO 17	Précipitations du secteur le plus sec (en mm)
18	BIO 18	Précipitations du secteur le plus chaud (en mm)
19	BIO 19	Précipitations du secteur le plus froid. (en mm)
20	DEM (Digital Elevation Model)	Altitude (en m)

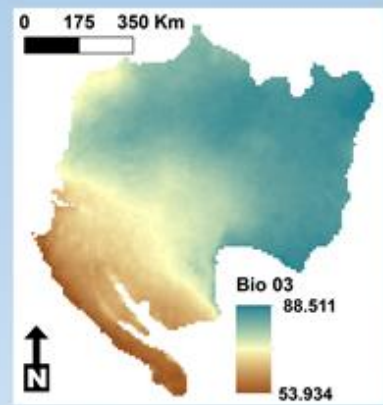
La figure 4 ci-dessous montre le gradient de variation de chacune de ces variables dans l'aire de distribution des GPO.



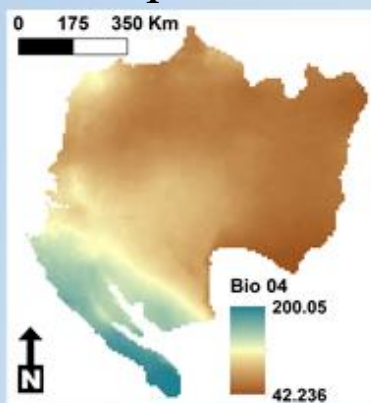
1



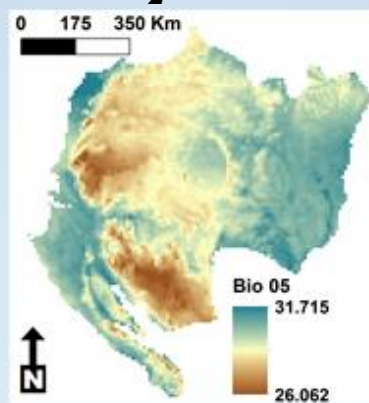
2



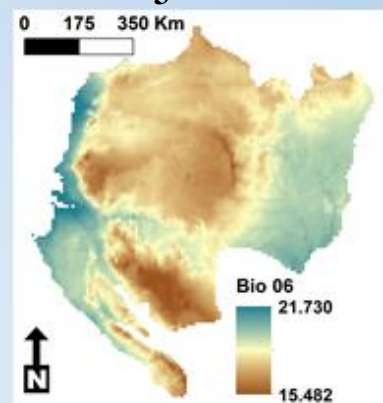
3



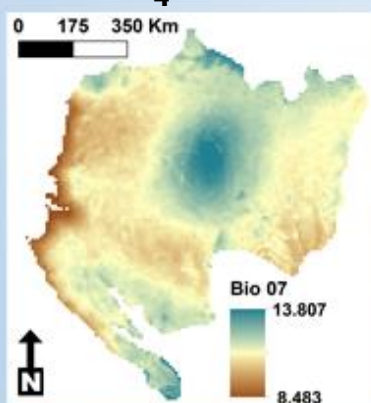
4



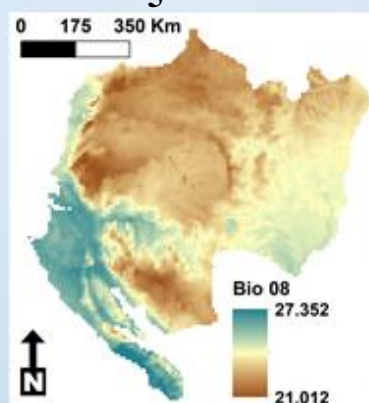
5



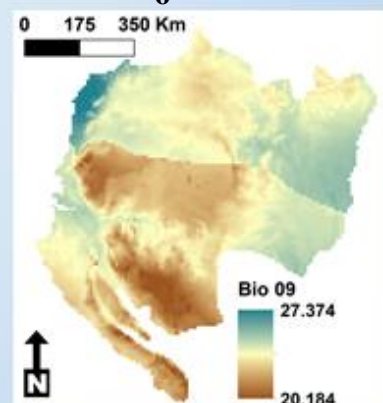
6



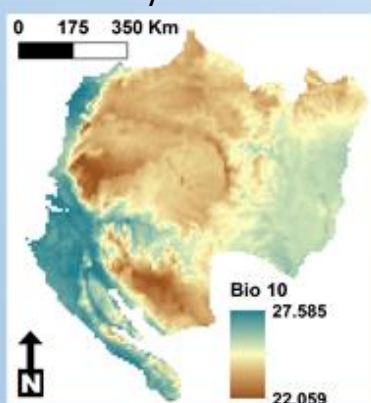
7



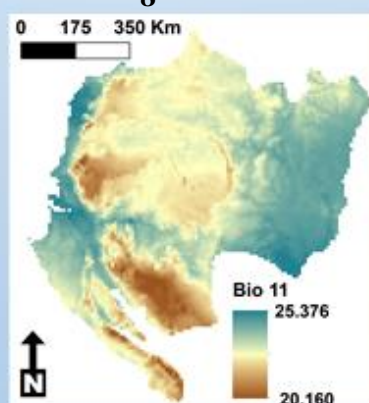
8



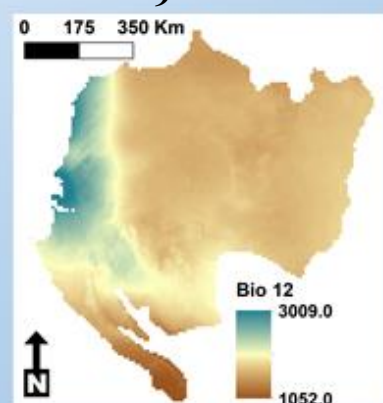
9



10



11



12

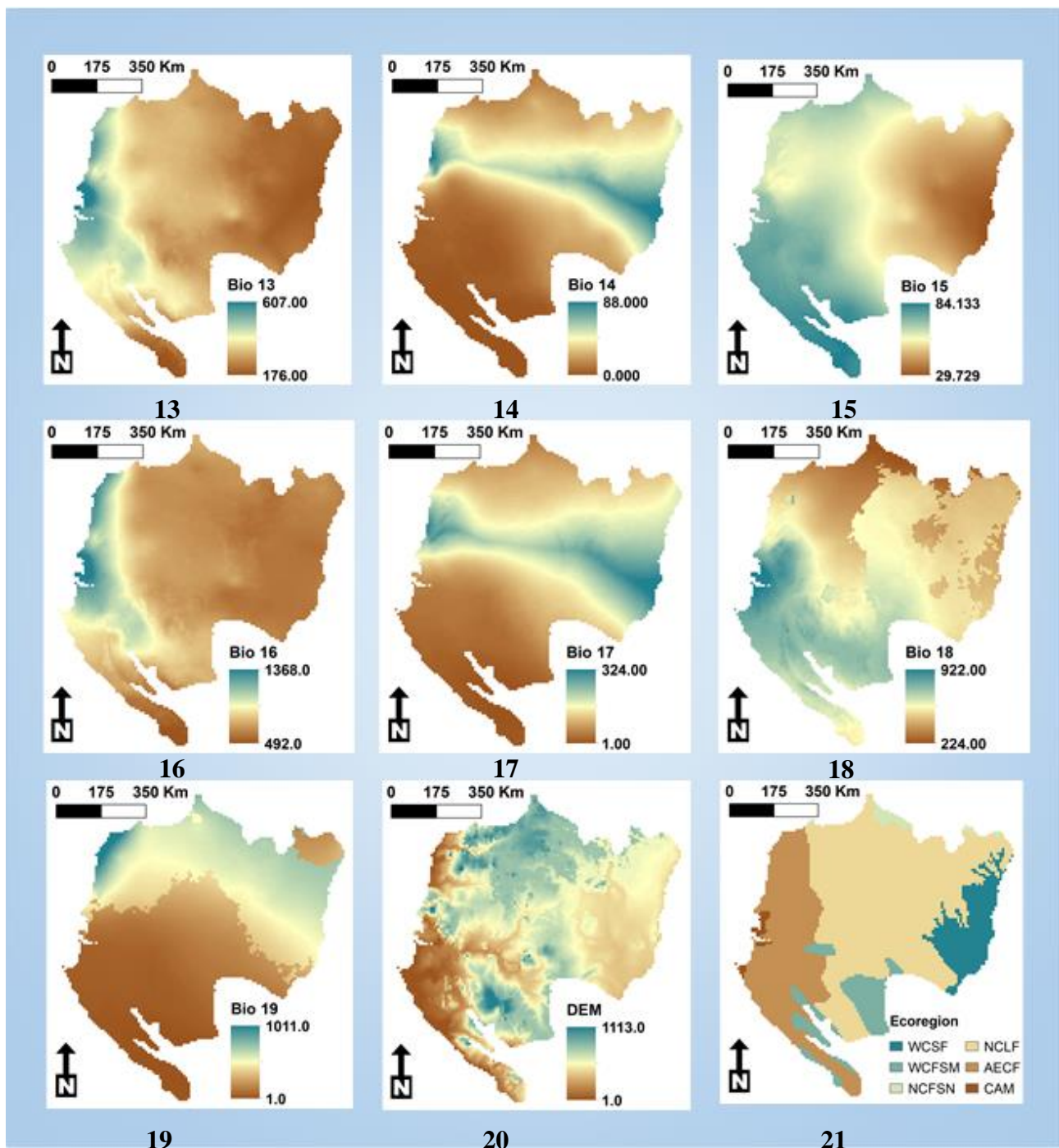


Figure 4 : Gradient de variation des variables environnementales dans l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest.

Sur cette figure 4 on peut constater que les gradients de variation des variables bioclimatiques et topographique ne sont pas identiques. Ce qui veut dire qu'un point X occupant une position géographique connue dans l'aire de distribution ci-dessus représentée où sont combinés ces différentes variables n'aura pas les mêmes caractéristiques environnementales qu'un point Y situé ailleurs.

Pour déterminer les zones d'influence environnementales nous avons effectué une première analyse en composante principale (Principal Component Analysis /PCA) de ces variables avec le logiciel R version 3.5. Elle a permis dans un premier temps d'effectuer une réduction de la dimensionnalité, chacune des variables représentant une dimension (voir figure 5). Cette première étape du PCA nous permet de déterminer quelles sont les variables qui ont le plus d'importance dans notre zone d'étude. Pour mieux l'apprécier, nous commençons par ramener ces variables dans un repère à deux dimensions, au lieu de vingt.

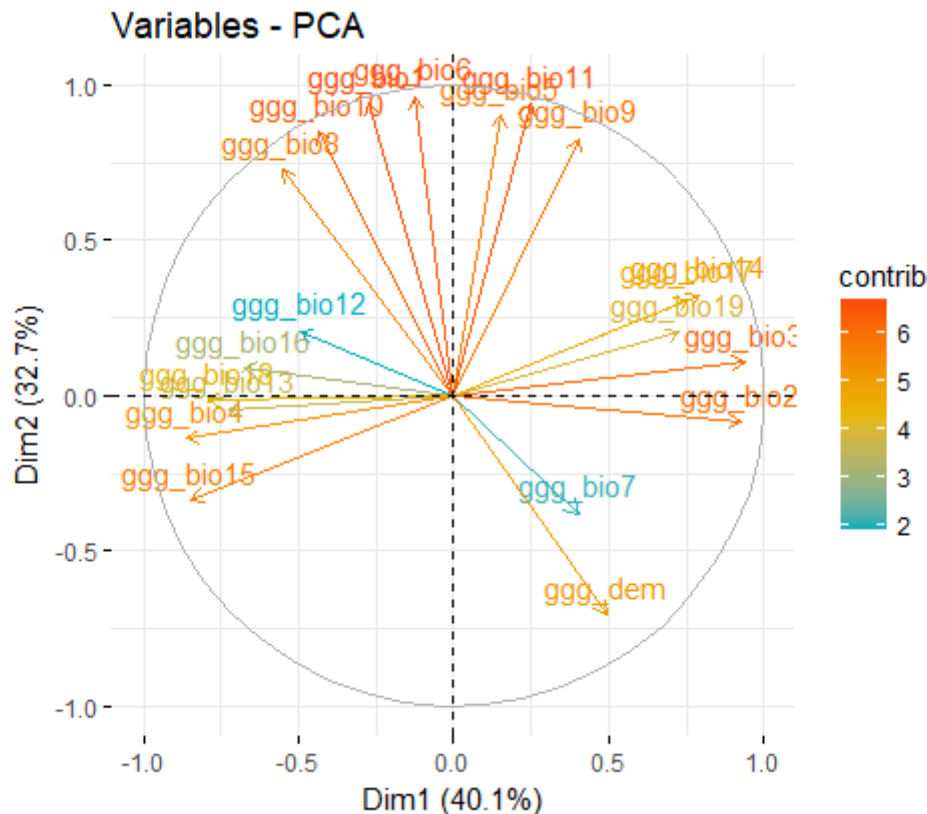


Figure 5 : Représentation des dimensions des variables bioclimatiques.

En rouge sur la figure 5 on observe les variables qui ont la plus forte contribution aux facteurs environnementaux existants dans notre site ; ce sont les variables les plus corrélées avec l'axe où elles ont les plus grandes valeurs. Ainsi, la température moyenne du secteur le plus froid (variable BIO 11) est négativement corrélée à la dimension 1 avec la plus forte contribution aux facteurs environnementaux, alors que les précipitations du secteur le plus sec (variable BIO 17) sont positivement corrélées avec la même dimension mais avec la contribution la plus faible.

La contribution de toutes ces variables bioclimatiques aux facteurs environnementaux présents dans notre zone d'étude est quantifiable. Les contributions de chaque variable bioclimatique et topographique sont représentées sur la figure 6.

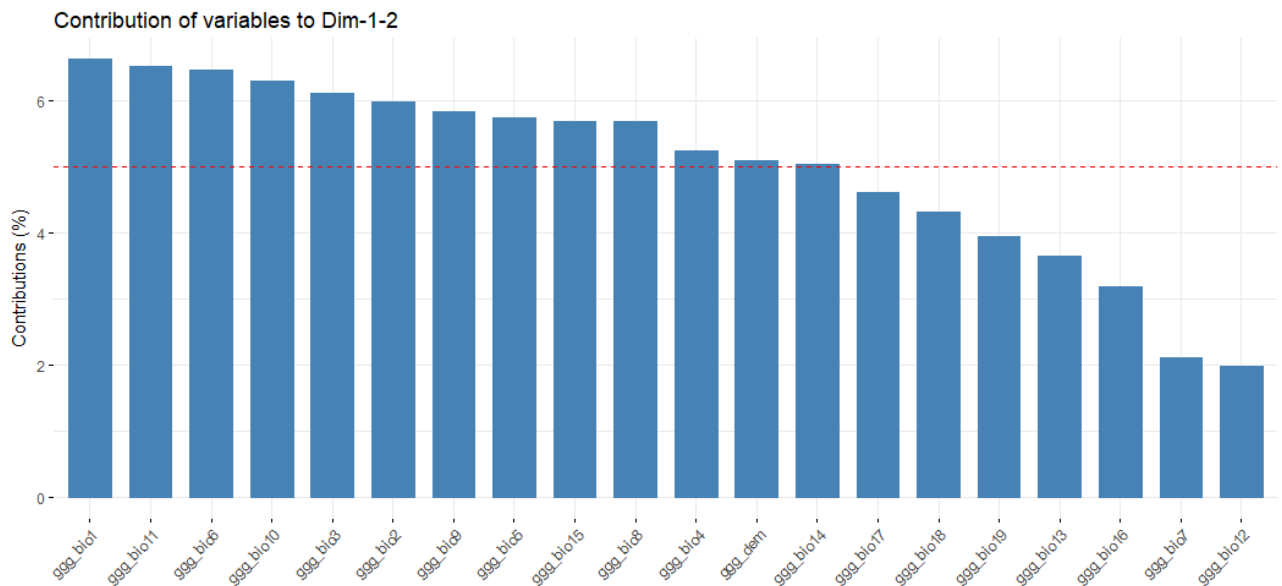


Figure 6 : Contributions des variables bioclimatiques aux facteurs environnementaux.

Treize des vingt variables environnementales contribuent significativement (valeurs $\geq 5\%$) à l'obtention des facteurs actuels dans l'aire de répartition des GPO. Classées par ordre croissant le taux de contribution des variables : BIO 14, DEM, BIO 04, BIO 08, BIO 15, BIO 05, BIO 09, BIO 02, BIO 03, BIO 10, BIO 06, BIO 11 et BIO 01 qui a la contribution la plus élevée.

Ces variables qui ont un effet significatif sur les facteurs environnementaux vont être combinées afin de déterminer des zones d'influence. Chacune de ces zones est caractérisée par une combinaison à différents degrés de chacune de ces treize variables pour la délimitation de ces zones sur la carte. Les zones d'influence sont déterminées afin de pouvoir apprécier la variation des genres de fruits consommés par les GPO par rapport à ces zones d'influence.

3.2.2.2. Richesse spécifique et endémisme

La richesse spécifique (RS) est le nombre total des espèces retrouvées uniquement dans une cellule de dimension connue (100 km² pour le cas de notre étude). Donc on a $RS = K$ (avec K un nombre entier naturel).

L'endémisme pondéré (Weighted Endemism/WE) est la somme de l'inverse du nombre total de cellules dans lesquelles se trouve chaque espèce dans une cellule de la grille. Il met l'accent sur les zones qui ont une proportion élevée d'animaux avec des aires restreintes. La formule est la suivante :

$$WE = \sum \frac{1}{C} ; \text{ avec } C : \text{ nombre de cellules de la grille où chaque endémique est présent.}$$

L'endémisme pondéré corrigé (Corrected Weighted Endemism/CWE) est l'endémisme pondéré divisé par le nombre total d'espèces dans une cellule. L'endémisme pondéré corrigé se concentre sur les zones qui ont une forte proportion d'animaux avec des aires de répartition restreintes, mais qui ne sont

pas nécessairement des zones riches en espèces. La formule est la suivante : $CWE = \frac{WE}{K}$; avec K le nombre total d'espèces dans une cellule (Crisp *et al.*, 2001).

3.2.2.2. Distribution des genres de fruits consommés par les GPO

Pour représenter la distribution des genres de fruits consommés dans l'aire de distribution des GPO, nous avons utilisé l'analyse de positionnement multidimensionnel (Non Metric Multidimensional Scaling analysis/NMMS). Conduite dans le logiciel R version 3.5, elle nous a permis de représenter à une échelle connue la variation de la consommation des genres de fruits. Ce test a été choisi en raison du type de données à analyser qui sont dans ce cas constituées de variables qualitatives dont les valeurs des variables peuvent être absentes dans certains cas (genre non représenté pour le site considéré).

CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les listes des différents inventaires conduits dans l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest nous ont permises de compiler et géoréférencer un total de 145 genres répartis entre les dix sites d'intérêt. Le nombre de genres par site est représenté dans le tableau 2.

Tableau 2 : Répartition du nombre de genres inventoriés par site.

N°	Sites	Pays	Nombre de genres	Nombre de familles	Sources
1	Bai Hokou	RCA	55	23	(Remis, 1997; Remis <i>et al.</i> , 2001; Rogers <i>et al.</i> , 2004; Fuh, 2013; Masi <i>et al.</i> , 2015)
2	Belinga	Gabon	36	22	(Tutin & Fernandez, 1985)
3	Concession FSC	Gabon	21	12	(Haurez, 2015)
4	La Belgique	Cameroun	67	29	(Djoufack <i>et al.</i> , 2007; Petre, 2016; Tédonzong <i>et al.</i> , 2018)
5	Loango	Gabon	25	20	(Head <i>et al.</i> , 2011)
6	Lopé	Gabon	60	25	(Rogers <i>et al.</i> , 1990; Williamson <i>et al.</i> , 1990; Rogers <i>et al.</i> , 2004)
7	Lossi	Congo	41	19	(Rogers <i>et al.</i> , 2004)
8	Mondika	RCA/Congo	49	25	(Doran <i>et al.</i> , 2002)
9	Nouabalé-Ndoki	Congo	62	28	(Nishihara, 1995; Rogers <i>et al.</i> , 2004; Morgan & Sanz, 2006)
10	Rio Muni	Guinée Equatoriale	34	22	(Sabater Pí, 1977)

De ce qu'il ressort de ce tableau 2, le site d'études La Belgique (Sud-est Cameroun) est celui où le plus grand nombre de genres fruitiers consommés par les GPO a été inventorié. La concession forestière certifiée FSC du Gabon est celle qui a le moins de genres. Plusieurs raisons pourraient expliquer ces résultats. Premièrement, la durée de l'étude car collecter les données du régime alimentaire des GPO sur plusieurs saisons pendant des années permet d'avoir des connaissances assez précises sur le type d'aliment consommé. Deuxièmement, cela dépend également de la méthode d'inventaire utilisée car certaines graines peuvent ne pas être avalées par les animaux ou être entièrement digérées et par conséquent ne pas apparaître dans l'analyse des crottes et pour certaines

espèces ayant de très petites graines, l'identification peut s'avérer difficile. Troisièmement, étant une unité forestière d'aménagement, cette forêt certifiée FSC ferait l'objet d'une dégradation de l'habitat et d'une exploitation sélective. L'exploitation pour le bois d'œuvre de certains genres de fruits consommés par les GPO dans cette forêt pourrait en justifier l'absence dans les résultats d'inventaire.

4.1. Influence des écorégions et des zones d'influence environnementales sur la consommation des fruits par les gorilles des plaines de l'ouest

4.1.1. Les zones d'influence environnementales dans l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest

Sur la base de la contribution des variables bioclimatiques et environnementales (voir paragraphe 3.2.2.1.) les 13 variables les plus importantes ont été utilisées pour effectuer une deuxième analyse en composante principale afin de déterminer les zones d'influence environnementales constituées de cellules (ou pixels) ayant des caractéristiques environnementales identiques.

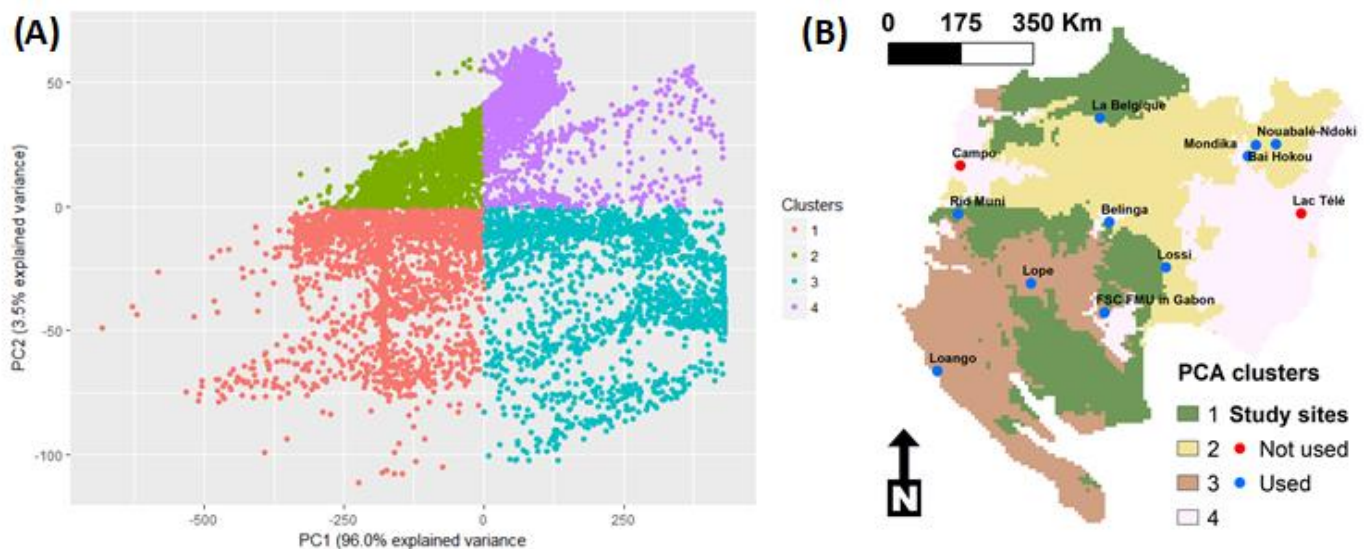


Figure 7 : Zones d'influence présentes dans l'aire de distribution des GPO.

Le regroupement des différents pixels en fonction des caractéristiques environnementales similaires a ressorti quatre zones environnementales (figure 7A).

Sur la carte nous avons représenté les quatre zones d'influence (1, 2, 3 et 4) résultant de l'analyse. Nous avons à l'extrême-nord et au sud-est de l'aire de distribution la zone 1. Elle est également présente au centre de l'aire de distribution des GPO. Une étendue de la zone 2 est retrouvée entre les parties centrale et d'extrême-nord de la zone 1 jusqu'au nord-est. La zone 3 du côté sud-ouest et aux extrêmes est et nord-ouest on retrouve la zone 4. Le tableau 3 présente le nombre de genres considérés dans notre étude en fonction des zones d'influence.

Tableau 3 : Nombre de genres par sites et par zone d'influence environnementale.

N° de la zone d'influence	Sites d'étude	Nombre de genres/ sites étudiés	Nombre de genres/zone d'influence	Nombre de familles/zone d'influence
1	Rio Muni	34	82	35
	La Belgique	67		
2	Mondika	49	95	37
	Belinga	36		
	Nouabalé-Ndoki	62		
	Bai Hokou	55		
	Lossi	41		
3	Loango	25	72	30
	Lopé	60		
	Concession FSC	21		
4	Campo	PAS INCLUE DANS L'ANALYSE		
	Lac Télé			

Des 145 genres consommés par les GPO dans les dix sites étudiés, 56% (n=82) d'entre eux sont présents dans la zone d'influence environnementale 1, pour 35 familles représentées. Le site de La Belgique à lui seul abrite près de 81% (n=67) des genres présents dans la zone d'influence 1 pour 29 familles représentées, soit 82% des familles présentes dans cette zone d'influence. Dans la zone 2, Nouabalé-Ndoki a le plus grand nombre de genres, près de 65% de la zone répartis dans 28 familles. 83% des genres de fruits consommés dans la zone 3 appartiennent à 25 familles dans le site de la Lopé. La zone 4 n'a pas été utilisée car les données des sites qui y sont présents ne nous ont pas permis de les analyser en raison de la durée de collecte des données relativement faible par rapport à celles des autres sites.

4.1.2. Variation de la consommation des genres de fruits par les gorilles des plaines de l'ouest en fonction des sites et des écorégions

La figure 8 présente la variation de la consommation des fruits dans l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest. Le taux de fiabilité de cette analyse multidimensionnelle est de 0,062. Cette valeur est de loin inférieure à 0,5 et témoigne de la forte précision des résultats expliqués par les axes 1 et 2.

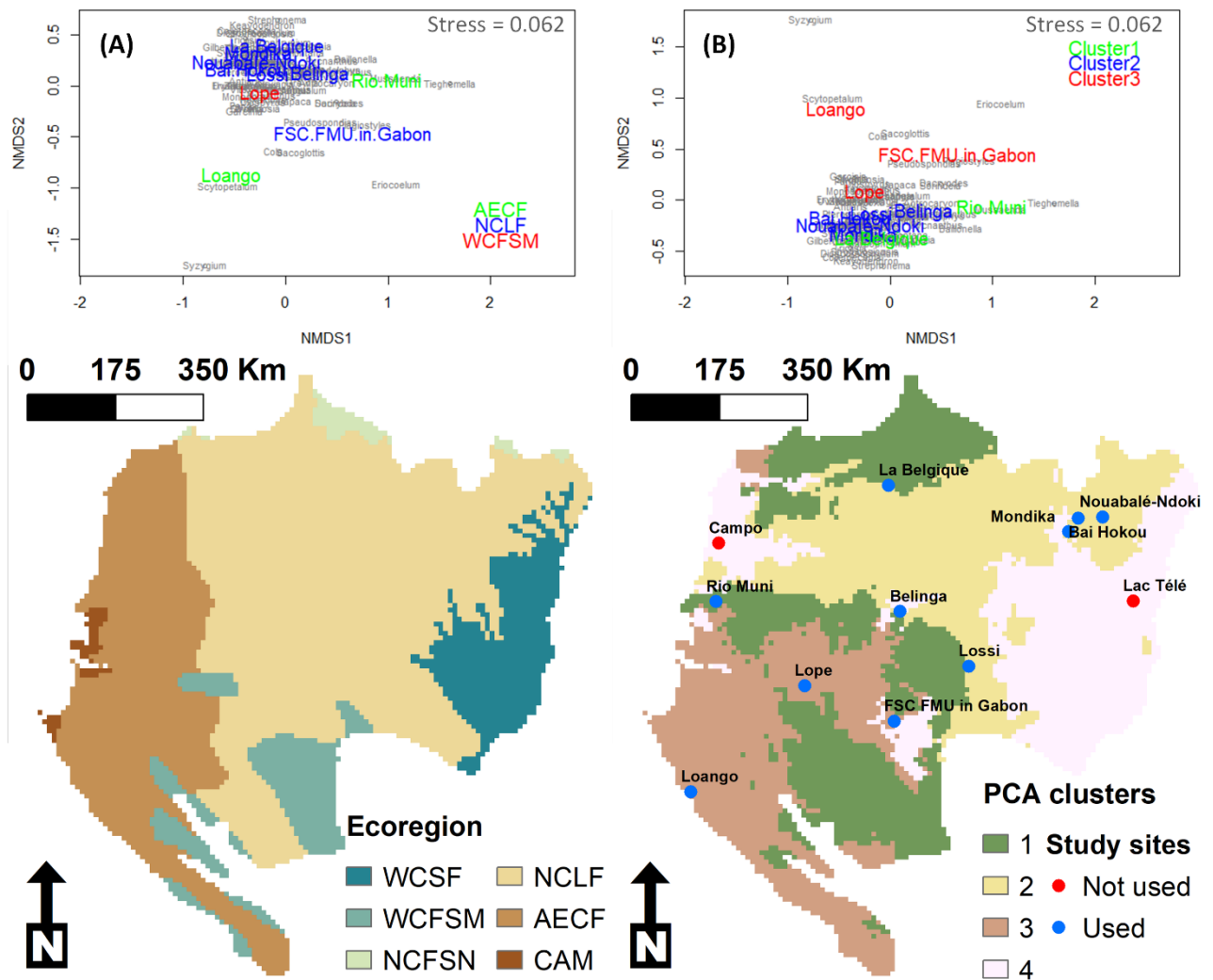


Figure 8 : Variation des genres de fruits consommés par sites dans les écorégions (A) et dans les zones d'influence environnementales (B)

De manière générale, dans la plupart des sites (Belinga, Mondika, La Belgique, Nouabalé-Ndoki, Bai Hokou, Lossi, Lopé), les gorilles consomment presque les mêmes genres de fruits. Le site de Lopé qui appartient à la mosaïque forêt-savane de l'ouest du Congo (Western Congolian forest-savanna mosaic/WCFSM) partage plusieurs genres de fruits consommés avec les autres. Cette similitude dans l'alimentation des gorilles pourrait s'expliquer par la proximité géographique qui favorise le partage de ces genres entre les deux écorégions. L'aire de distribution des gorilles des plaines étant localisée en Afrique Centrale dans la forêt du Bassin du Congo (qui est un massif forestier d'un seul bloc partant des côtes du golfe de Guinée aux montagnes du rift albertin où les animaux se déplacent d'un bout à l'autre), une autre raison serait que les disperseurs des graines de ces espèces de fruits (gorille des plaines et espèces sympatriques) favorisent l'extension géographique de ces genres fruitiers communs aux deux écorégions. Des résultats similaires ont également été mentionnés dans des études sur *Alouatta spp.* (Cristóbal-Azkarate & Arroyo-Rodríguez, 2007; Chaves & Bicca-Marques,

2013) où les espèces consommées par les primates dans des régions géographiquement proches sont les mêmes; ces résultats sont également vérifiés dans le cadre de notre étude.

Exceptée la forêt certifiée FSC, les gorilles ont consommé les mêmes genres de fruits dans l'écorégion des forêts de plaines du nord-ouest du Congo (Northwestern Congolian Lowland Forests/NCLF). Etant une écorégion, la diversité qui y est présente est relativement homogène, il serait donc normal d'y retrouver des genres de fruits similaires. Cependant, en observant la figure 8A, on constate que 4 genres de fruits ont été plus consommés uniquement dans la forêt FSC. Le fait que les genres consommés dans la concession FSC soient différents pourrait s'expliquer par sa position à la lisière avec la zone d'influence 4 (voir figure 8B) où les conditions environnementales sont particulières. Ceci pourrait laisser penser que la forêt FSC appartenant à une zone environnementale différente n'abriterait pas les mêmes genres de fruits consommés par les GPO. Egalement, l'affectation des terres qui y est faite et qui sous-entend un enlèvement de certaines espèces pourrait justifier la modification des espèces consommées en raison de la dégradation et la fragmentation de l'habitat des GPO. De plus, plusieurs auteurs (Heiduck, 2002; Boyle *et al.*, 2012; Souza-Alves, 2013) ont démontré que les primates vivant dans des habitats modifiés pour des raisons anthropiques pourraient avoir des régimes alimentaires différents de leurs semblables vivant dans des forêts continues. Les résultats obtenus sont semblables à ceux précédemment vérifiés.

Par ailleurs, les sites de Loango et Rio Muni qui appartiennent à la même écorégion sont séparés des sites des autres écorégions mais les genres que les gorilles y consomment sont différents. Cependant, en observant plutôt les zones environnementales on constate qu'ils appartiennent à deux zones différentes ; ce qui pourrait expliquer ces divergences sur les genres de fruits consommés par les gorilles. On constate que Loango est plus près de la côte que tous les autres sites, il occupe une position géographique où le gradient de température annuelle (voir figure 4-1) est relativement élevé et où l'altitude est la plus basse de toute l'aire de distribution des GPO (voir figure 4-20). Ces variables environnementales qui influent sur le type de végétation et également sur la présence de gorilles des plaines dans cet environnement sont probablement la raison pour laquelle les gorilles consomment un genre de fruits très différent des autres sites. Des études (Hill & Dunbar, 2002; Elder, 2009) ont démontré la relation entre la productivité primaire et la consommation des fruits et graines par les primates. Plusieurs auteurs (Hanya *et al.*, 2005; Ting *et al.*, 2008; Moles *et al.*, 2009; Tsuji *et al.*, 2015) ont également conclu que la productivité primaire plus élevée en zones de basses latitudes et altitudes détermine fortement le type et la quantité de fruits et de graines disponible et consommée par les primates.

En observant les zones d'influence environnementale, le classement par zone d'influence des sites montre que les genres consommés dans les sites de la zone 3 (FSC, Loango et Lopé) se différencient

de ceux des zones 2 et 3 plus regroupés. Le nombre de genres consommés relativement faible dans le site de Loango (25) en comparaison avec celui de la Lopé (60) qui partage pourtant la même zone environnementale pourrait davantage préciser l'influence que peuvent avoir ces variables environnementales à l'échelle locale, et par conséquent influencent la délimitation des écorégions ; car en observant la figure (8B) on constate que ces sites appartiennent à des écorégions différentes, les espèces qui s'y développent ainsi que les conditions environnementales seraient donc différentes, conformément aux critères de délimitation des écorégions de (Olson *et al.*, 2001). Les sites Rio Muni et La Belgique qui appartiennent à la même zone environnementale sont plus rapprochés, ce qui voudrait dire que les gorilles consomment presque les mêmes genres de fruits dans les deux sites (voir annexe 1 pour chaque genre de fruits consommé par site d'étude). La zone environnementale détermine le mieux la variation de la consommation des fruits dans l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest. Comme pour plusieurs auteurs (Turner *et al.*, 1987; Turner *et al.*, 1988; Kreft & Jetz, 2007), les résultats de notre étude montrent que le climat est un facteur déterminant de la distribution spatiale des végétaux dont les genres de fruits sont consommés par les GPO.

4.2. Cooccurrence

L'analyse de la cooccurrence permet de déterminer quelles sont les paires de genres de fruits consommés ensembles dans différents sites d'étude. La figure 9 représente la probabilité qu'ont les genres de fruits d'être consommés ensembles dans le même site.

Trois niveaux de cooccurrence ont été définis :

- Cooccurrence significativement positive : pour deux genres A et B cela veut dire que dans le site où est consommé le genre A, B l'est aussi ;
- Cooccurrence significativement négative : dans le site où A est consommée, B ne l'est pas ;
- Cooccurrence significativement aléatoire : dans un site, parfois A est consommée avec B parfois non.

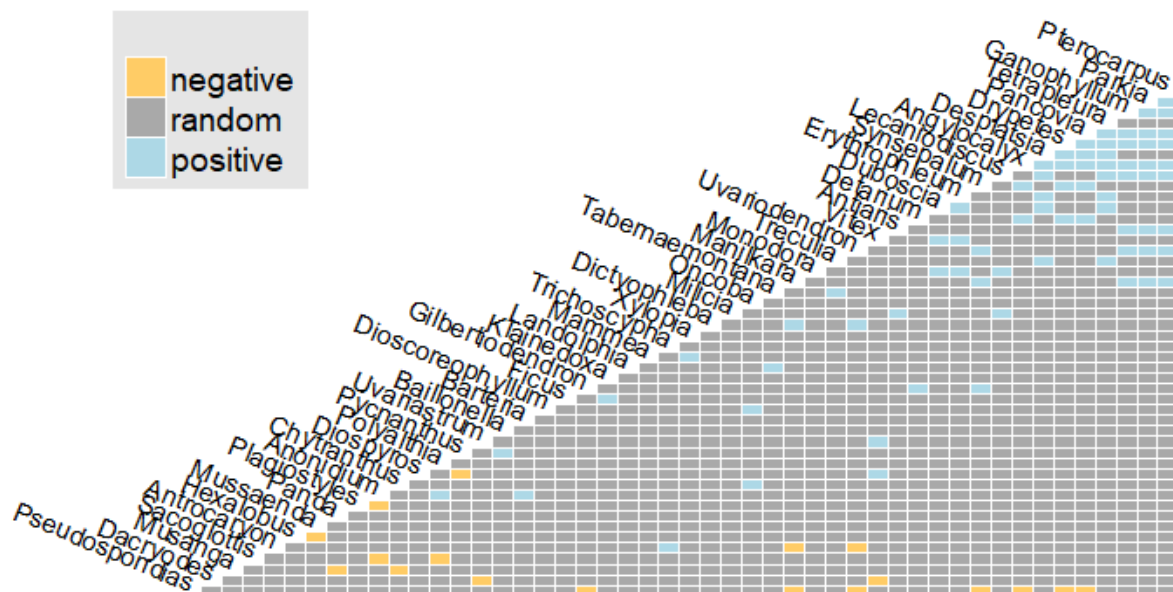


Figure 9 : Cooccurrence des genres de fruits consommés par les gorilles des plaines de l'ouest dans leur aire de répartition géographique.

Sur cette figure, on peut observer que les genres *Baillonella sp.* et *Pycnanthus sp.* notamment, dont les fruits sont consommés par les GPO sont cooccurents de manière significativement positive. Ils sont donc consommés en même temps par les GPO dans leur aire de distribution.

Le tableau 4 présente les genres de fruits qui co-apparaissent avec au moins deux autres espèces.

Tableau 4 : Présentation des paires de genres ainsi que les prédictions de cooccurrence positives

Genre	Nombre de co- apparitions positives	Nombre de co- apparitions négatives	Prédictions
Angylocalyx	9	1	11.39
Drypetes	9	1	11.39
Ganophyllum	9	0	14.75
Pancovia	9	1	11.39
Parkia	9	0	14.75
Pterocarpus	9	0	14.75
Desplatsia	8	0	10.13
Tetrapleura	8	0	10.13
Lecaniodiscus	7	0	8.86
Synsepalum	6	1	9.84
Duboscia	5	0	6.33

Genre	Nombre de co- apparitions positives	Nombre de co- apparitions négatives	Prédictions
Erythrophleum	5	0	6.33
Manilkara	5	2	9.8
Uvariadendron	5	2	9.8
Antiaris	4	0	7.84
Detarium	4	0	6.56
Vitex	4	1	5.06
Monodora	3	0	3.8
Treculia	3	0	3.8
Anonidium	2	2	2.53
Dictyophleba	2	0	3.28
Gilbertiodendron	2	1	3.92
Milicia	2	0	3.28
Oncoba	2	0	3.28
Tabernaemontana	2	0	2.53

Les prédictions représentent le nombre potentiel de genres avec lesquels le genre considéré peut co-apparaître. Ainsi, les genres *Angylocalyx sp.* et *Ganophyllum sp.* co-apparaissent avec neuf autres espèces chacun mais le premier (*Angylocalyx sp.*) pourrait co-apparaître dans le site où il est consommé avec en moyenne 11.39 autres genres tandis que *Ganophyllum sp.* pourrait co-apparaître avec en moyenne 14.75 genres dans le site où il est consommé. Cette différence dans les prédictions de ces deux genres qui ont le même nombre de co-apparitions positives est due au nombre de co-apparitions négatives (1 pour *Angylocalyx sp.* et 0 pour *Ganophyllum sp.*) qui influence considérablement la probabilité de cooccurrence d'un genre fruitier consommé par les GPO.

Par ailleurs, les genres de fruits qui sont présents dans tous les sites étudiés ne co-apparaissent pas forcément avec les autres, étant donné qu'ils sont les plus représentés. Cependant, ces genres de fruits dont le pourcentage d'apparition dans les résultats d'inventaire représente plus de 70% des sites étudiés peuvent s'avérer intéressants du point de vue de la conservation car ils sont les plus consommés par les GPO. Le tableau 5 présente les genres de fruits consommés par les gorilles des plaines de l'ouest dans 70% ou plus des sites étudiés.

Tableau 5 : Genres de fruits consommés par les GPO dans plus de 70% de sites d'études

N° sites	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Pourcentage
Genres											
Celtis	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	80
Chrysophyllum	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	90
Cissus	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	70
Dialium	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	90
Diospyros	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	70
Duboscia	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	70
Erythrophleum	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	70
Ficus	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	80
Grewia	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	80
Hexalobus	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	80
Irvingia	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	90
Klainedoxa	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	80
Landolphia	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	70
Myrianthus	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	90
Polyalthia	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	70
Santiria	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	90
Treculia	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	70
Trichoscypha	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	70
Uapaca	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	90

0 : le genre n'est pas consommé dans le site ; 1 : le genre est consommé dans le site

Dans le cadre de la détermination d'une stratégie de conservation des gorilles des plaines de l'ouest à l'échelle régionale, la connaissance des espèces cooccurrentes dans différents sites peut s'avérer être un outil efficace pour l'atteinte de cet objectif. Sachant que la conservation du gorille des plaines passe également par celle de son environnement en général et de ses sources d'alimentation en particulier, les fruits qui sont des aliments importants de son régime alimentaire devraient en être les cibles prioritaires. Ainsi, l'orientation des actions sur un nombre de genres ou d'espèces particuliers qui co-déterminent le régime alimentaire des GPO à l'échelle régionale est une mesure que l'on peut préconiser. En choisissant pour la conservation des genres qui ont une cooccurrence positive avec au moins deux autres genres en plus de ceux qui sont les plus représentés (plus de 70% des sites) on

s'assureraient de conserver des espèces importantes pour l'alimentation des GPO et par conséquent nécessaire à leur survie.

Dans notre cas, les genres qui pourraient faire l'objet d'un statut de conservation particulier dans l'aire de distribution des GPO sont ceux listés dans le tableau n°3. Ajoutés à eux, les genres qui ont une cooccurrence positive avec au moins deux autres genres tels que : *Pterocarpus sp.*, *Parkia sp.*, *Drypetes sp.*, *Anglyocalyx sp.*, *Erythrophleum sp.*, *Monodora sp.*, etc. Cependant, certains genres apparaissent dans les deux cas, notamment : *Treculia sp.*, *Erythrophleum sp.*, et *Duboscia sp.* Elles pourraient donc être plus éligibles à la conservation car elles remplissent les deux critères de sélection.

4.3. Richesse spécifique et endémisme

L'endémisme et la richesse spécifique sont des mesures permettant de décrire la biodiversité d'une région. La figure 11 présente le gradient de variation de ces variables écologiques dans l'aire de distribution des GPO qui ont été calculées à l'aide du logiciel *Biodiverse* version 2.0 pour chaque cellule (environ 100km²).

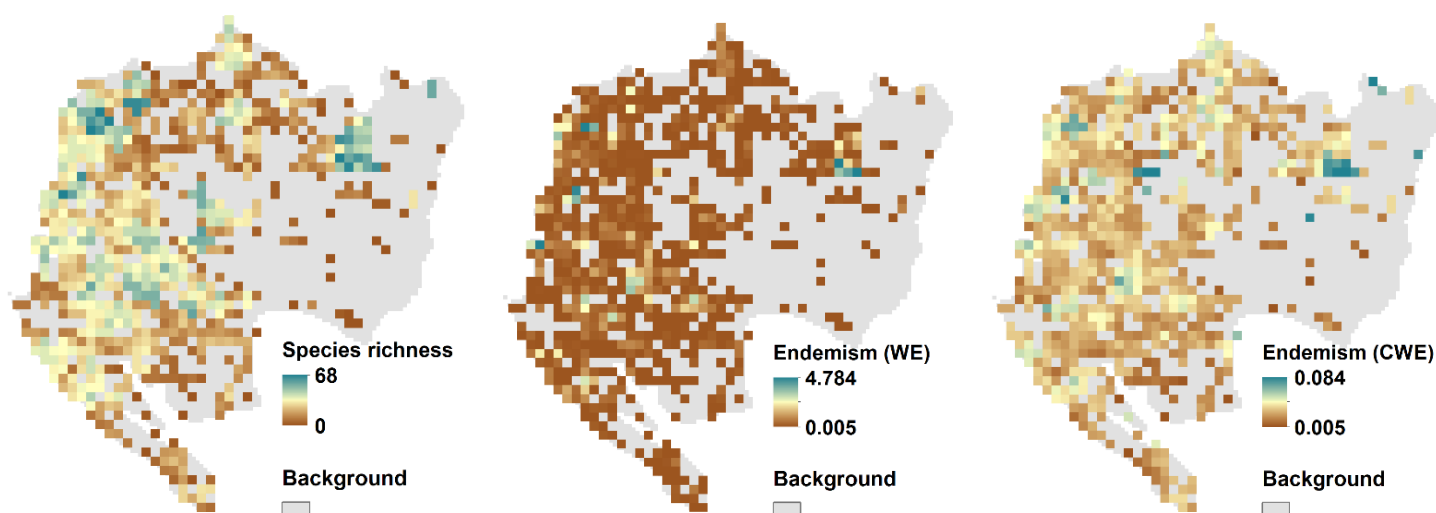


Figure 10 : Gradients de variation de la richesse spécifique (species richness), de l'endémisme (Weighted Endemism/WE) et de l'endémisme corrigé (Corrected Weighted Endemism/CWE).

La figure 10 (à gauche) montre une variation spatiale du nombre de genres consommés par les gorilles des plaines de l'ouest, allant de 0 à 68. Les zones les plus riches se trouvent à l'ouest et au centre, avec quelques petites taches vers l'est, tandis que les faibles valeurs sont observées au nord et au sud. Dans les régions où les températures moyennes annuelles sont supérieures à 15°C comme dans l'aire de distribution des GPO, la richesse du milieu serait dépendante de la disponibilité en eau (Francis & Currie, 2003) qui lorsqu'elle est associée à une énergie élevée du milieu résulte en la coexistence de plusieurs espèces sur le même territoire (Gaston, 2000). En observant la richesse des genres

consommés par les GPO élevée à l'ouest de même que les précipitations annuelles (voir BIO 12 figure 4), nos résultats adhèrent à ceux de (Francis & Currie, 2003).

Les figures 10 du centre et de droite montrent que les valeurs de l'endémisme les plus élevées correspondent aux zones où le nombre de genres est aussi élevé de manière générale. Ce qui correspond aux résultats de plusieurs auteurs (Emerson & Kolm, 2005; Birand & Howard, 2008) pour lesquels plus le nombre d'espèces endémiques est élevé dans un milieu, plus la diversité spécifique de ce milieu l'est également. Ceci pourrait également justifier le fait que les modifications climatiques et environnementales des dernières décennies auraient conduit à l'apparition de nouvelles espèces endémiques dans des régions qui seraient aujourd'hui les plus diversifiées du Bassin du Congo (Blake *et al.*, 2005).

Par ailleurs, en observant la partie sud-est de l'aire de distribution, nous remarquons que pour les cellules où les données sont disponibles, la majorité d'entre elles présente des zones à faible endémisme. Ces zones appartiennent aux forêts marécageuses de l'ouest du Congo (WCSF voir figure 4-21). Ainsi, nos résultats corroborent ceux de (Hobohm *et al.*, 2014) car les zones inondées de l'aire de distribution des GPO sont celles où on retrouve le moins d'endémisme. Sachant que pour des zones mal connues ou inaccessibles l'estimation de l'endémisme peut être biaisée, nous ne pouvons pas conclure systématiquement sur la proportion d'endémisme de cette région car nous ne disposons pas de suffisamment de données relatives aux espèces qui y sont consommées par les GPO ou encore à l'utilisation des terres qui y est faite.

La figure 11 présente la relation entre les valeurs de l'endémisme et le nombre de genres.

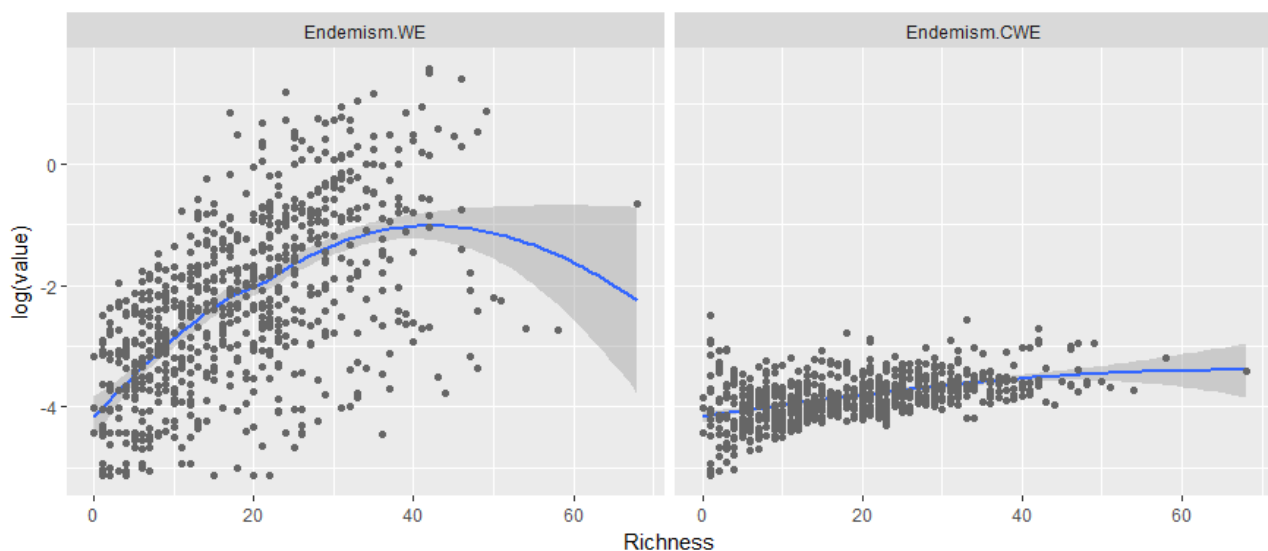


Figure 11 : Variation des valeurs d'endémisme en fonction de la richesse spécifique.

Il ressort de la figure 11 que l'endémisme pondéré augmente avec le nombre de genres. Plus le nombre de genres consommés par les gorilles des plaines est grand, plus les genres représentés dans la région

considérée pourraient être endémiques à cette région. Les valeurs de l'endémisme corrigé augmentent moins avec la richesse, comparativement à celles de l'endémisme pondéré. Ces corrélations corroborent avec celles de Crisp *et al.* (2001).

En tenant compte des mesures de conservation proposées précédemment, les genres fruitiers d'intérêt (section 4.2.) conservés prioritairement dans ces zones à endémisme élevé pourraient contribuer efficacement à ralentir la dégradation des terres et ainsi faciliter l'alimentation de cette espèce de gorilles en danger critique d'extinction.

4.4. Régionalisation biogéographique

Elle permet de délimiter des régions ayant des caractéristiques similaires, en tenant compte de la présence des genres consommés dans la région. Chaque cellule qui représente une superficie de 100 km² appartient à une des 10 régions biogéographiques en considérant la distribution des genres fruitiers consommés.

La figure 12 présente la régionalisation des genres fruitiers consommés dans l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest.

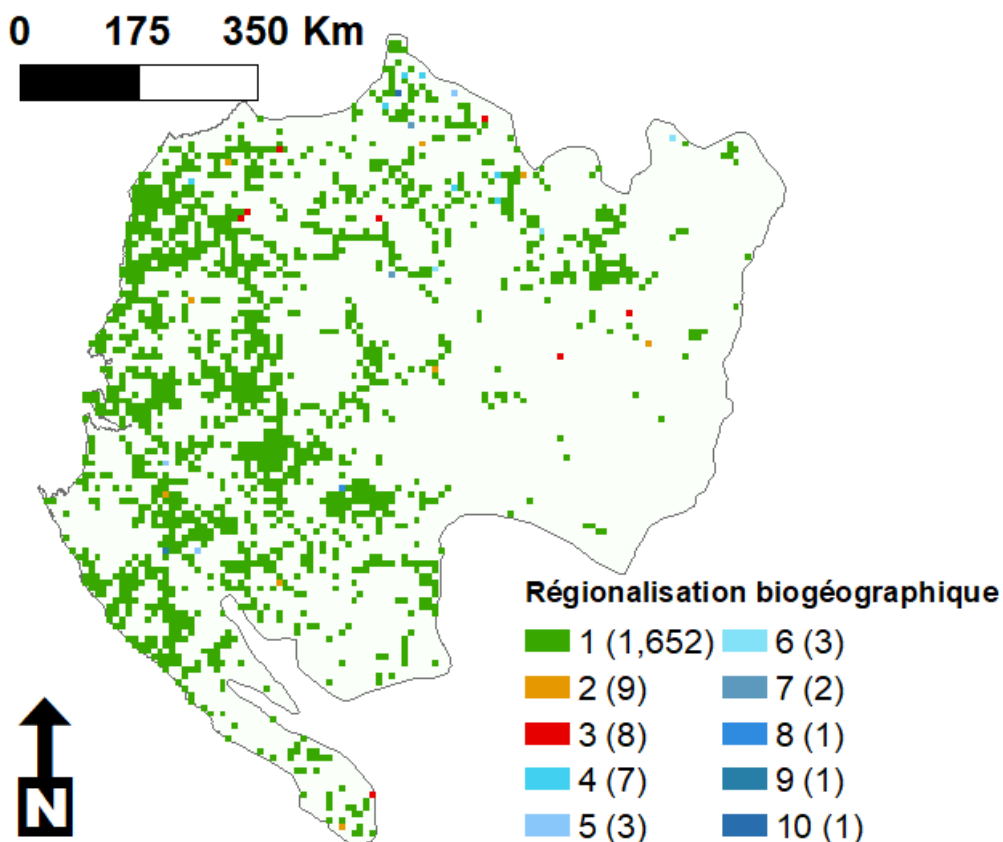


Figure 12 : Régions biogéographiques de l'aire de distribution des gorilles des plaines de l'ouest.

De cette figure 12, il ressort que la région la plus représentée dans l'aire de distribution est la région 1 avec un total de 1.652 cellules, 9 à la région 2 et 1 à la région 10. Les genres des fruits consommés par les gorilles des plaines de l'ouest sont presque tous distribués sur toute la surface de leur aire de répartition géographique. Ainsi, les différences observées dans la répartition du nombre de genres seraient dues à la présence de taches de régions biogéographiques différentes à certains endroits, ce qui pourrait soit augmenter le nombre d'espèces ou le diminuer dans ces zones.

De manière générale, nous n'observons pas une très grande variation des régions biogéographiques, que ce soit avec la latitude ou avec la variation des températures moyennes annuelles. Les similarités observées sur presque toute l'aire de distribution rejoignent la régionalisation de la richesse des familles d'angiospermes de (Francis & Currie, 2003). L'aire de distribution étant située dans une région où le nombre de familles d'angiospermes présentes est relativement uniforme, les genres fruitiers présents seraient eux aussi uniformément répartis, ce qui pourrait expliquer qu'on n'observe pas une grande variation des genres fruitiers consommés par les GPO. Cette généralisation dans la régionalisation des fruitiers consommés par les GPO explique la forte similarité observée dans le régime alimentaire des GPO dans différents sites de leur aire de répartition.

CHAPITRE 5 : CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

5.1 Conclusion

L'étude avait pour objectif de déterminer les facteurs qui contrôlent la consommation et la distribution des genres fruitiers par les gorilles des plaines de l'ouest dans leur aire de répartition. Nous avons testé les deux hypothèses selon lesquelles la composition du régime alimentaire en termes de fruits varierait en fonction des sites, des écorégions ou même des zones d'influence environnementales (hypothèse 1) ; et que les genres fruitiers seraient distribués de manière hétérogène sur l'aire de répartition des GPO (hypothèse 2). L'hypothèse 1 a été acceptée : bien que la consommation des fruits par les GPO dans les différents sites soit la même pour plusieurs sites, d'autres sites ont montré des différences dans la composition du régime alimentaire des GPO en genres fruitiers. Il a été trouvé que ces différences n'étaient pas liées aux écorégions, mais plutôt auraient une relation avec les zones d'influence environnementales. L'hypothèse 2 a été acceptée : la richesse des genres fruitiers consommés par les GPO a montré une variation d'une zone à l'autre, il en était de même pour l'endémisme (pondéré et corrigé). Malgré cette différence, la régionalisation biogéographique a montré une uniformité dans la distribution des genres fruitiers consommés par les GPO, infirmant ainsi l'hypothèse 2. Le fait que l'on observe une uniformité dans la régionalisation des genres fruitiers consommés par les grands singes serait dû au fait que l'étude ait considéré les genres au lieu des espèces. Cela pourrait se traduire par le fait que des espèces du même genre pourraient être distribuées dans des zones différentes, mais en considérant les genres seulement, on pourrait aboutir à une généralisation de leur distribution. Cette particularité dans la distribution des genres fruitiers consommés par les gorilles des plaines de l'ouest est d'une importance capitale pour la conservation, du fait que plusieurs espèces du même genre produiraient les mêmes fruits et donneraient ainsi la possibilité au GPO dans plusieurs aires géographiques de consommer les mêmes types de fruits. Et ainsi, des mesures de conservation pourraient porter sur plusieurs genres en considérant leur grande représentativité dans l'aire de répartition des gorilles

5.2 Recommandations

Cette étude est d'un grand intérêt tant bien pour la communauté scientifique que pour la conservation des gorilles ou même de toutes les communautés de primates ou des autres mammifères frugivores dont la survie dépend de la disponibilité des fruits pour leur survie. Ainsi, nous recommandons :

A la communauté scientifique :

- d'améliorer les recherches sur l'écologie des gorilles des plaines de l'ouest en publiant de manière systématique les listes des espèces fruitières consommées par les GPO, car il a été

constaté dans cette étude que plusieurs études travaillant sur le régime alimentaire se limitent à une synthèse dudit régime sans toutefois fournir une liste des espèces consommées. Les chercheurs devraient aussi créer un dispositif permettant d'identifier les espèces fruitières trouvées dans les crottes, car dans la plupart des études de régime alimentaire des frugivores, plusieurs espèces n'ont pas pu être identifiées et plusieurs d'entre elles qui ont été identifiées ne l'ont été qu'au niveau de genre.

- Lors des recherches futures sur des thématiques similaires de tenir compte des inventaires sur les espèces fruitières consommées par les GPO dans des concessions forestières afin de mieux apprécier l'effet de l'utilisation des terres et de la fragmentation de la forêt sur la variation de la consommation de ces espèces à l'échelle régionale.
- De tenir compte des résultats d'inventaires conduits à long terme sur plusieurs groupes de primates dans des habitats différents.

Pour la conservation des gorilles :

Les acteurs de conservation des gorilles des plaines de l'ouest devraient définir des stratégies pour la conservation de ces primates à l'échelle régionale et l'un des principaux axes serait la protection de leur habitat, en définissant des espèces ou des genres qui devraient faire l'objet d'une attention particulière soit dans des concessions forestières, ou toute autre forme d'utilisation des terres afin de ralentir le déclin des populations de gorilles. Ces espèces fruitières ne sauraient être autres que les espèces qui co-apparaissent simultanément avec plusieurs autres dans le régime alimentaire des grands singes, ou encore les espèces ou genres dont la consommation est observée dans la plupart des sites.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allen, R.G., Morse, A., Tasumi, M., Trezza, R., Bastiaanssen, W., Wright, J.L. & Kramber, W. (2002) Evapotranspiration from a satellite-based surface energy balance for the Snake Plain Aquifer in Idaho. *Proc. USCID Conference* (ed by).
- Anonyme (1994) Loi n 94/01 du 20 janvier 1994 portant régime des forêts, de la faune et de la pêche. *Ministère de l'Environnement et des Forêts*,
- Anonyme (2009) Plan d'Action – gorille des plaines occidentales *Gorilla gorilla gorilla*.
- Arnhem, E. (2008) *Réponse éco-éthologique des grands singes et autres mammifères à l'exploitation forestière sélective au Cameroun*. Université Libre de Bruxelles (Belgique),
- Ashton, K.G., Tracy, M.C. & Queiroz, A.d. (2000) Is Bergmann's rule valid for mammals? *The American Naturalist*, **156**, 390-415.
- Aveling, C. & Debonnet, G. (2010) Patrimoine mondial dans le bassin du Congo. In. Centre du patrimoine mondial de
- BAD (2018) *Perspectives économiques en Afrique Centrale*.
- Bahati Chishugi, J. & Alemaw, B. (2009) *The Hydrology of the Congo River Basin: A GIS-Based Hydrological Water Balance Model*.
- Bermejo, M. (2004) Home-range use and intergroup encounters in western gorillas (*Gorilla g. gorilla*) at Lossi Forest, north Congo. *American Journal of Primatology*, **64**, 223-232.
- Birand, A. & Howard, D.J. (2008) The relationship between proportion of endemics and species diversity on islands: expectations from a null model. *Ecography*, **31**, 286-288.
- Blake, S., Blom, A., Carroll, R., Koch, M., Langrand, O., Oonk, J., Ruggiero, R. & Walters, G. (2005) Les forêts du bassin du Congo: évaluation préliminaire. In. 1ère éd. Luxembourg: Office des Publications de l'Union Européenne
- Blomley, T., Namara, A., McNeillage, A., Francks, P., Rainer, H., Donaldson, A., Malpas, R., Olupot, W., Baker, J., Sandbrook, C., Bitarhio, R. & Infield, M. (2010) *Development AND gorillas? Assessing fifteen years of integrated conservation and development in south-western Uganda*, IIED, London.
- Bourlière, F. (1985) Primate communities: their structure and role in tropical ecosystems. *International Journal of Primatology*, **6**, 1.
- Boyle, S.A., Zartman, C.E., Spironello, W.R. & Smith, A.T. (2012) Implications of habitat fragmentation on the diet of bearded saki monkeys in central Amazonian forest. *Journal of Mammalogy*, **93**, 959-976.
- Boyle, S.A., Thompson, C.L., Deluycker, A., Alvarez, S.J., Alvim, T.H., Aquino, R., Bezerra, B.M., Boubli, J.P., Bowler, M. & Caselli, C.B. (2016) Geographic comparison of plant genera used in frugivory among the pitheciids *Cacajao*, *Callicebus*, *Chiropotes*, and *Pithecia*. *American journal of primatology*, **78**, 493-506.
- Bradley, B.J., Doran-Sheehy, D.M. & Vigilant, L. (2008) Genetic identification of elusive animals: re-evaluating tracking and nesting data for wild western gorillas. *Journal of Zoology*, **275**, 333-340.
- Breuer, T., Hockemba, M.B.N., Olejniczak, C., Parnell, R.J. & Stokes, E.J. (2009) Physical maturation, life-history classes and age estimates of free-ranging western gorillas—Insights from Mbeli Bai, Republic of Congo. *American Journal of Primatology*, **71**, 106-119.
- Brooks, T.M., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A., Rylands, A.B., Konstant, W.R., Flick, P., Pilgrim, J., Oldfield, S. & Magin, G. (2002) Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Conservation biology*, **16**, 909-923.
- Brown, J.H. (1984) On the relationship between abundance and distribution of species. *The american naturalist*, **124**, 255-279.
- Brugiere, D., Gautier, J.-P., Mounqazi, A. & Gautier-Hion, A. (2002) Primate diet and biomass in relation to vegetation composition and fruiting phenology in a rain forest in Gabon. *International Journal of Primatology*, **23**, 999-1024.
- Calvert, J.J. (1985) Food selection by western gorillas (*Gg gorilla*) in relation to food chemistry. *Oecologia*, **65**, 236-246.

- Chapman, C.A. (1989) Primate seed dispersal: the fate of dispersed seeds. *Biotropica*, 148-154.
- Chapman, C.A. & Onderdonk, D.A. (1998) Forests without primates: primate/plant codependency. *American Journal of Primatology*, **45**, 127-141.
- Chapman, C.A. & Russo, S.E. (2007) Primate seed dispersal. *Primates in Perspective*. Oxford University Press, New York, 510-525.
- Chaves, O.M. & Bicca-Marques, J.C. (2013) Dietary flexibility of the brown howler monkey throughout its geographic distribution. *American journal of primatology*, **75**, 16-29.
- Chesson, P. (2000) Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual review of Ecology and Systematics*, **31**, 343-366.
- Cipolletta, C. (2004) Effects of group dynamics and diet on the ranging patterns of a western gorilla group (*Gorilla gorilla gorilla*) at Bai Hokou, Central African Republic. *American Journal of Primatology*, **64**, 193-205.
- Cipolletta, C., Spagnoletti, N., Todd, A., Robbins, M.M., Cohen, H. & Pacyna, S. (2007) Termite feeding by *Gorilla gorilla gorilla* at Bai Hokou, Central African Republic. *International Journal of Primatology*, **28**, 457.
- Clarke, A. & Gaston, K.J. (2006) Climate, energy and diversity. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **273**, 2257-2266.
- Clutton-Brock, T.H. & Harvey, P.H. (1980) Primates, brains and ecology. *Journal of zoology*, **190**, 309-323.
- Cousins, D. & Huffman, M.A. (2002) Medicinal properties in the diet of gorillas: an ethno-pharmacological evaluation.
- Cox, G.W. & Ricklefs, R.E. (1977) Species diversity and ecological release in Caribbean land bird faunas. *Oikos*, 113-122.
- Crisp, M.D., Laffan, S., Linder, H.P. & Monro, A. (2001) Endemism in the Australian flora. *Journal of Biogeography*, **28**, 183-198.
- Cristóbal-Azkarate, J. & Arroyo-Rodríguez, V. (2007) Diet and activity pattern of howler monkeys (*Alouatta palliata*) in Los Tuxtlas, Mexico: effects of habitat fragmentation and implications for conservation. *American Journal of Primatology*, **69**, 1013-1029.
- Currie, D.J. (1991) Energy and large-scale patterns of animal-and plant-species richness. *The American Naturalist*, **137**, 27-49.
- De Queiroz, K. (1998) The general lineage concept of species, species criteria, and the process of speciation.
- Deblauwe, I. & Janssens, G.P. (2008) New insights in insect prey choice by chimpanzees and gorillas in southeast Cameroon: the role of nutritional value. *American Journal of Physical Anthropology*, **135**, 42-55.
- Deblauwe, I., Dupain, J., Nguenang, G., Werdenich, D. & Van Elsacker, L. (2003) Insectivory by *Gorilla gorilla gorilla* in Southeast Cameroon. *International Journal of Primatology*, **24**, 493-502.
- DeLong, D.C. (1996) Defining biodiversity. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, **24**, 738-749.
- Devers, D. & Van de Weghe, J. (2006) Les forêts du Bassin du Congo: état des forêts 2006. Kinshasa. PFBC,
- Diniz-Filho, J.A.F. & De Campos Telles, M.P. (2002) Spatial autocorrelation analysis and the identification of operational units for conservation in continuous populations. *Conservation biology*, **16**, 924-935.
- Djoufack, S., Nkongmeneck, B., Dupain, J., Bekah, S., Bombome, K., Epanda, M. & Van Elsacker, L. (2007) Manuel d'identification des fruits consommés par les gorilles et les Chimpanzés des basses terres de l'Ouest; Espèces de l'écosystème du Dja (Cameroun). 107p,
- Doran-Sheehy, D., Mongo, P., Lodwick, J. & Conklin-Brittain, N.L. (2009) Male and Female Western Gorilla Diet: Preferred Foods, Use of Fallback Resources, and Implications for Ape Versus Old World Monkey Foraging Strategies. *American Journal of Physical Anthropology*, **140**, 727-738.

- Doran, D.M., McNeilage, A., Greer, D., Bocian, C., Mehlman, P. & Shah, N. (2002) Western lowland gorilla diet and resource availability: New evidence, cross-site comparisons, and reflections on indirect sampling methods. *American Journal of Primatology*, **58**, 91-116.
- Doumenge, C., Yuste, G.J., Gartlan, S., Langrand, O. & Ndinga, A. (2001) Conservation de la biodiversité forestière en Afrique Centrale Atlantique: Le réseau d'Aires Protégées est-il adéquat? *Bois et Forêts des Tropiques*, **268** (2), 24.
- Droissart, V., Dauby, G., Hardy, O.J., Deblauwe, V., Harris, D.J., Janssens, S., Mackinder, B., Blach-Overgaard, A., Sonke, B., Sosef, M.S.M., Stevart, T., Svenning, J.C., Wieringa, J.J. & Couvreur, T.L.P. (2018) Beyond trees: Biogeographical regionalization of tropical Africa. *Journal of Biogeography*, **45**, 1153-1167.
- Dunbar, R.I.M. (2013) *Primate social systems*. Springer Science & Business Media.
- Eba'a Atyi, R. (2010) Les Forêts du Bassin du Congo: Un aperçu. In: *Forum UNESCO-MAB/Pro-Natura*, p. 35, Brazzaville.
- Elder, A.A. (2009) Hylobatid diets revisited: the importance of body mass, fruit availability, and interspecific competition. *The Gibbons*, pp. 133-159. Springer.
- Emerson, B.C. & Kolm, N. (2005) Species diversity can drive speciation. *Nature*, **434**, 1015.
- Engler, A. (1879) *Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt: insbesondere der Florengebiete seit der Tertiärperiode*. W. Engelmann.
- Engler, A. (1882) *Versuch einer Entwicklungsgeschichte der extratropischen Florengebiete der südlichen Hemisphäre und der tropischen Gebiete*. Verlag von Wilhelm Engelmann.
- Escalante, T., Szumik, C. & Morrone, J.J. (2009) Areas of endemism of Mexican mammals: reanalysis applying the optimality criterion. *Biological Journal of the Linnean Society*, **98**, 468-478.
- FAO (2014) Les perspectives du développement forestier dans le Bassin du Congo In: *Développement des forêts dans les pays du Bassin du Congo*
- Francis, Anthony P. & Currie, David J. (2003) A Globally Consistent Richness-Climate Relationship for Angiosperms. *The American Naturalist*, **161**, 523-536.
- Franks, P. (2008) Promoting Equity in the Management of Protected Areas: New evidence of the need for action. *CARE International, Nairobi, Kenya*,
- Freckleton, R.P., Harvey, P.H. & Pagel, M. (2003) Bergmann's rule and body size in mammals. *The American Naturalist*, **161**, 821-825.
- Fuh, T. (2013) Western lowland gorilla (*Gorilla gorilla gorilla*) diet and activity budgets: effects of group size, age class and food availability in the Dzanga-Ndoki National Park, Central African Republic. *Gestural head movements in captive bonobos (*Pan paniscus*); use, function and evolutionary*, 21.
- Ganas, J., Ortmann, S. & Robbins, M.M. (2008) Food preferences of wild mountain gorillas. *American Journal of Primatology*, **70**, 927-938.
- Ganas, J., Robbins, M.M., Nkurunungi, J.B., Kaplin, B.A. & McNeilage, A. (2004) Dietary variability of mountain gorillas in Bwindi impenetrable National Park, Uganda. *International Journal of Primatology*, **25**, 1043-1072.
- Garber, P.A. & Lambert, J.E. (1998) Primates as seed dispersers: ecological processes and directions for future research. *American Journal of Primatology*, **45**, 3-8.
- Gaston, K.J. (1998) Species-range size distributions: products of speciation, extinction and transformation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **353**, 219-230.
- Gaston, K.J. (2000) Global patterns in biodiversity. *Nature*, **405**, 220.
- Gaston, K.J. (2003) *The structure and dynamics of geographic ranges*. Oxford University Press on Demand.
- Gates, J.F. (1996) Habitat alteration, hunting and the conservation of folivorous primates in African forests. *Austral Ecology*, **21**, 1-9.
- Gazibo, M. & Mbabia, O. (2017) Index de l'émergence en Afrique

- Gillooly, J.F. & Dodson, S.I. (2000) Latitudinal patterns in the size distribution and seasonal dynamics of new world, freshwater cladocerans. *Limnology and Oceanography*, **45**, 22-30.
- Goldsmith, M.L. (1999) Ecological Constraints on the Foraging Effort of Western Gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*) at Bai Hoköu, Central African Republic. *International Journal of Primatology*, **20**, 1-23.
- Gray, M., Roy, J., Vigilant, L., Fawcett, K., Basabose, A., Cranfield, M., Uwingeli, P., Mburanumwe, I., Kagoda, E. & Robbins, M.M. (2013) Genetic census reveals increased but uneven growth of a critically endangered mountain gorilla population. *Biological Conservation*, **158**, 230-238.
- Groombridge, B., Jenkins, M.D. & Jenkins, M. (2002) *World atlas of biodiversity: earth's living resources in the 21st century*. Univ of California Press.
- Groves, C. & Meder, A. (2001) A model of gorilla life history.
- Hall, C.A., Stanford, J.A. & Hauer, F.R. (1992) The distribution and abundance of organisms as a consequence of energy balances along multiple environmental gradients. *Oikos*, 377-390.
- Hanski, I. (2001) Spatially realistic theory of metapopulation ecology. *Naturwissenschaften*, **88**, 372-381.
- Hanya, G., Zamma, K., Hayaishi, S., Yoshihiro, S., Tsuriya, Y., Sugaya, S., Kanaoka, M.M., Hayakawa, S. & Takahata, Y. (2005) Comparisons of food availability and group density of Japanese macaques in primary, naturally regenerated, and plantation forests. *American Journal of Primatology*, **66**, 245-262.
- Harcourt, A. (1996) Is the gorilla a threatened species? How should we judge? *Biological Conservation*, **75**, 165-176.
- Harcourt, A. & Stewart, K.J. (2007) Gorilla society: What we know and don't know. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, **16**, 147-158.
- Harcourt, C.S. & Nash, L.T. (1986) Species differences in substrate use and diet between sympatric galagos in two Kenyan coastal forests. *Primates*, **27**, 41-52.
- Haurez, B. (2015) *Rôle du gorille des plaines de l'Ouest (Gorilla gorilla gorilla) dans la régénération des forêts denses humides et interaction avec l'exploitation sélective de bois d'oeuvre*.
- Head, J.S., Boesch, C., Makaga, L. & Robbins, M.M. (2011) Sympatric Chimpanzees (*Pan troglodytes troglodytes*) and Gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*) in Loango National Park, Gabon: Dietary Composition, Seasonality, and Intersite Comparisons. *International Journal of Primatology*, **32**, 755-775.
- Heiduck, S. (2002) The use of disturbed and undisturbed forest by masked titi monkeys *Callicebus personatus melanocephalus* is proportional to food availability. *Oryx*, **36**, 133-139.
- Hill, R. & Dunbar, R. (2002) Climatic determinants of diet and foraging behaviour in baboons. *Evolutionary Ecology*, **16**, 579-593.
- Hillebrand, H. (2004) On the generality of the latitudinal diversity gradient. *The American Naturalist*, **163**, 192-211.
- Hiol, H.F. (2011) Etat des forêts du Bassin du Congo. 29.
- Hobohm, C. & Tucker, C.M. (2014) How to Quantify Endemism. *Endemism in Vascular Plants* (ed. by C. Hobohm), pp. 11-48. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Hobohm, C., Vanderplank, S.E., Janišová, M., Tang, C.Q., Pils, G., Werger, M.J.A., Tucker, C.M., Clark, V.R., Barker, N.P., Ma, K., Moreira-Muñoz, A., Deppe, U., Francioli, S.E., Huang, J., Jansen, J., Ohsawa, M., Noroozi, J., da Silva Menezes de Sequeira, M.P., Bruchmann, I., Yang, W. & Yang, Y. (2014) Synthesis. *Endemism in Vascular Plants* (ed. by C. Hobohm), pp. 311-321. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Holdridge, L.R. (1967) Life zone ecology. *Life zone ecology*.
- Holt, R.D. (2003) On the evolutionary ecology of species' ranges. *Evolutionary ecology research*, **5**, 159-178.
- HUANG, J.H., CHEN, J.H., YING, J.S. & MA, K.P. (2011) Features and distribution patterns of Chinese endemic seed plant species. *Journal of Systematics and Evolution*, **49**, 81-94.

- Huston, M. (1993) Biological diversity, soils, and economics. *Science*, **262**, 1676-1680.
- Huston, M.A. (1999) Local processes and regional patterns: appropriate scales for understanding variation in the diversity of plants and animals. *Oikos*, 393-401.
- Hutchinson, G.E. (1959) Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals? *The American Naturalist*, **93**, 145-159.
- IUCN (1980) *World conservation strategy: Living resource conservation for sustainable development*. Gland, Switzerland: IUCN.
- Jansson, R. (2003) Global patterns in endemism explained by past climatic change. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **270**, 583-590.
- Jenks, A.E. (1911) Bulu knowledge of the gorilla and chimpanzee. *American Anthropologist*, **13**, 56-64.
- Jones, A., Breuning-Madsen, H., Brossard, M., Dampha, A., Deckers, J., Dewitte, O., Gallali, T., Hallett, S., Jones, R. & Kilasara, M. (2013) *Soil atlas of Africa*.
- Kalan, A.K., Madzoké, B. & Rainey, H.J. (2010) A preliminary report on feeding and nesting behavior of swamp gorillas in the Lac Tele Community Reserve. *mammalia*, **74**, 439-442.
- Kaustuv, R., Jablonski, D. & Valentine, J.W. (2001) Climate change, species range limits and body size in marine bivalves. *Ecology letters*, **4**, 366-370.
- Kay, R. & Simons, E. (1983) A reassessment of the relationship between later Miocene and subsequent Hominoidea. *New Interpretations of Ape and Human Ancestry*, pp. 577-624. Springer.
- Kleidon, A. & Mooney, H.A. (2000) A global distribution of biodiversity inferred from climatic constraints: results from a process-based modelling study. *Global Change Biology*, **6**, 507-523.
- Klopfer, P.H. (1959) Environmental determinants of faunal diversity. *The American Naturalist*, **93**, 337-342.
- Koleff, P. & Gaston, K.J. (2001) Latitudinal gradients in diversity: real patterns and random models. *Ecography*, **24**, 341-351.
- Koleff, P., Lennon, J.J. & Gaston, K.J. (2003) Are there latitudinal gradients in species turnover? *Global Ecology and Biogeography*, **12**, 483-498.
- Kreft, H. & Jetz, W. (2007) Global patterns and determinants of vascular plant diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **104**, 5925-5930.
- Lambert, J.E. (2011) Primate seed dispersers as umbrella species: a case study from Kibale National Park, Uganda, with implications for Afrotropical forest conservation. *American Journal of Primatology*, **73**, 9-24.
- Lambert, J.E. & Rothman, J.M. (2015) Fallback Foods, Optimal Diets, and Nutritional Targets: Primate Responses to Varying Food Availability and Quality. *Annual Review of Anthropology*, **44**, 493-512.
- Latham, R.E. & Ricklefs, R.E. (1993) Global patterns of tree species richness in moist forests: energy-diversity theory does not account for variation in species richness. *Oikos*, 325-333.
- MacArthur, R., Recher, H. & Cody, M. (1966) On the relation between habitat selection and species diversity. *The American Naturalist*, **100**, 319-332.
- Magliocca, F., Querouil, S. & Gautier-Hion, A. (1999) Population structure and group composition of western lowland gorillas in North-Western Republic of Congos. *American Journal of Primatology: Official Journal of the American Society of Primatologists*, **48**, 1-14.
- Magurran, A.E. & McGill, B.J. (2011) *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press.
- Maisels, F., Strindberg, S., Breuer, T., Greer, D., Jeffery, K. & Stokes, E. (2016) Gorilla gorilla ssp. gorilla. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e. T9406A102328866. In:
- Masi, S., Cipolletta, C. & Robbins, M.M. (2009) Western lowland gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*) change their activity patterns in response to frugivory. *American Journal of Primatology*, **71**, 91-100.

- Masi, S., Mundry, R., Ortmann, S., Cipolletta, C., Boitani, L. & Robbins, M.M. (2015) The Influence of Seasonal Frugivory on Nutrient and Energy Intake in Wild Western Gorillas. *PLOS ONE*, **10**, e0129254.
- Mehlman, P.T. & Doran, D.M. (2002) Influencing western gorilla nest construction at Mondika Research Center. *International Journal of Primatology*, **23**, 1257-1285.
- MINFOF (2007) Plan d'aménagement et de gestion du Complexe Parc National de Kom-Sanctuaire à gorilles de Mengame et sa zone périphérique 2007-2011. In, p. 122
- Mittelbach, G.G., Scheiner, S.M. & Steiner, C.F. (2003) What is the observed relationship between species richness and productivity? Reply. *Ecology*, **84**, 3390-3395.
- Mittermeier, R.A., Wilson, D.E. & Rylands, A.B. (2013) *Handbook of the mammals of the world: primates*. Lynx Edicions.
- Mittermeier, R.A., Myers, N., Mittermeier, C.G. & Robles, G. (1999) *Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. CEMEX, SA, Agrupación Sierra Madre, SC.
- Moles, A.T., Wright, I.J., Pitman, A.J., Murray, B.R. & Westoby, M. (2009) Is there a latitudinal gradient in seed production? *Ecography*, **32**, 78-82.
- Moreira-Muñoz, A. (2011) Biogeographic Regionalization. *Plant Geography of Chile*, pp. 129-150. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Morgan, B.J., Wild, C. & Ekobo, A. (2003) Newly discovered gorilla population in the Ebo forest, Littoral Province, Cameroon. *International Journal of Primatology*, **24**, 1129-1137.
- Morgan, D. & Sanz, C.M. (2006) Chimpanzee feeding ecology and comparisons with sympatric gorillas in the Goualougo Triangle, Republik of Congo. *Feeding Ecology in Apes and Other Primates: Ecological, Physical, Behavioral aspects* (ed. by G. Hohmann, M.M. Robbins and C. Boesch), pp. 97-122. Cambridge University Press, New York, United States of America.
- Morgan, D. & Sanz, C. (2007) Best Practice Guidelines for Reducing the Impact of Commercial Logging on Great Apes in the Western Equatorial Africa. In: IUCN
- Morgan, D., Sanz, C., Greer, D., Rayden, T., Maisels, F. & Williamson, E.A. (2013) *Great apes and FSC: Implementing 'ape friendly' practices in central Africa's logging concessions*. UCN/SSC Primate Specialist Group, Gland, Switzerland.
- Morgan, J. (2006) Western Lowland Gorilla. *Gorilla species factsheet*,
- Morrison, M.L. (2001) A proposed research emphasis to overcome the limits of wildlife-habitat relationship studies. *The Journal of wildlife management*, 613-623.
- Morrone, J.J. (2006) Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annu. Rev. Entomol.*, **51**, 467-494.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A. & Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**, 853.
- Ndju'u Mfula, B.M. (2016) *Caractérisation botanique des sites de nidification des gorilles de plaines de l'ouest (Gorilla gorilla gorilla) et des chimpanzés du centre (Pan troglodytes troglodytes) dans la périphérie nord de la réserve de faune du Dja (Est Cameroun)*. Université de Dschang,
- Ndzengue Ateba, A.P. (2016) *Consommation des fruits par les gorilles des plaines de l'ouest (Gorilla gorilla gorilla, savage et wyman, 1847) et les chimpanzés d'Afrique Centrale (Pan troglodytes troglodytes, blumenbach, 1775) en périphérie nord de la réserve de biosphère du Dja : préférences, chevauchement et implication pour la conservation*. Université de Dschang,
- Nelson, G. & Platnick, N.I. (1981) *Systematics and biogeography: cladistics and vicariance*. Columbia University Press New York.
- Nishida, T. (1976) The bark-eating habits in primates, with special reference to their status in the diet of wild chimpanzees. *Folia Primatologica*, **25**, 277-287.
- Nishihara, T. (1995) Feeding Ecology of Western Lowland Gorillas in the Nouabale-Ndoki National-Park, Congo. *Primates*, **36**, 151-168.

- Nowell, A.A. & Fletcher, A.W. (2006) Food transfers in immature wild western lowland gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*). *Primates*, **47**, 294-299.
- O'Brien, E.M. (1993) Climatic gradients in woody plant species richness: towards an explanation based on an analysis of southern Africa's woody flora. *Journal of Biogeography*, 181-198.
- O'Brien, K.L. & Leichenko, R.M. (2000) Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization. *Global environmental change*, **10**, 221-232.
- Odum, E.P. (1959) *Fundamentals of ecology*. WB Saunders company.
- Olson, D.M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E.D., Burgess, N.D., Powell, G.V., Underwood, E.C., D'amico, J.A., Itoua, I., Strand, H.E. & Morrison, J.C. (2001) Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth: A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. *BioScience*, **51**, 933-938.
- Parnell, R.J. (2002) The social structure and behaviour of western lowland gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*) at Mbeli Bai, Republic of Congo.
- Pears, N.V. (2014) *Basic biogeography*. Routledge.
- Pearson (2008) The Conservation of Habitat and Landscape. *Conservation Biology: Foundations, Concepts, Applications*, pp. 279-311. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Peet, R.K. (1974) The measurement of species diversity. *Annual review of ecology and systematics*, **5**, 285-307.
- Petre, C.-A. (2016) *Efficacité de la dispersion des graines par le gorille des plaines de l'ouest (Gorilla gorilla gorilla) et relations plante-gorille mutualistes au sud-est Cameroun*. Université de Liège-Gembloux Agro-Bio-Tech,
- Poulsen, J.R. (2009) *Logging and hunting alter patterns of seed dispersal and seedling recruitment in an afrotropical forest*. University of Florida.
- Poulsen, J.R., Clark, C.J. & Smith, T.B. (2001) Seed dispersal by a diurnal primate community in the Dja Reserve, Cameroon. *Journal of Tropical Ecology*, **17**, 787-808.
- Poulsen, J.R., Clark, C.J., Connor, E.F. & Smith, T.B. (2002) Differential resource use by primates and hornbills: implications for seed dispersal. *Ecology*, **83**, 228-240.
- Rabenold, K.N. (1979) A reversed latitudinal diversity gradient in avian communities of eastern deciduous forests. *The American Naturalist*, **114**, 275-286.
- Rahbek, C. & Graves, G.R. (2000) Detection of macro-ecological patterns in South American hummingbirds is affected by spatial scale. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **267**, 2259-2265.
- Rahbek, C. & Graves, G.R. (2001) Multiscale assessment of patterns of avian species richness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **98**, 4534-4539.
- Remis, M. (2000) Initial studies on the contributions of body size and gastrointestinal passage rates to dietary flexibility among gorillas. *American Journal of Physical Anthropology*, **112**, 171-180.
- Remis, M.J. (1997) Western lowland gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*) as seasonal frugivores: Use of variable resources. *American Journal of Primatology*, **43**, 87-109.
- Remis, M.J., Dierenfeld, E.S., Mowry, C.B. & Carroll, R.W. (2001) Nutritional Aspects of Western Lowland Gorilla (*Gorilla gorilla gorilla*) Diet During Seasons of Fruit Scarcity at Bai Hokou, Central African Republic. *International Journal of Primatology*, **22**, 807-836.
- Rensch, B. (1954) Neuere Probleme der Abstammungslehre: die Transspezifische Evolution. Zweite, stark veränderte Auflage. *Stuttgart (Enke)*. VIII,
- Ricklefs, R.E. (2000) The relationship between local and regional species richness in birds of the Caribbean Basin. *Journal of Animal Ecology*, **69**, 1111-1116.
- Ricklefs, R.E. (2004) A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. *Ecology letters*, **7**, 1-15.
- Ricklefs, R.E. & Cox, G.W. (1978) Stage of taxon cycle, habitat distribution, and population density in the avifauna of the West Indies. *The American Naturalist*, **112**, 875-895.

- Robbins, M.M., Bermejo, M., Cipolletta, C., Magliocca, F., Parnell, R.J. & Stokes, E. (2004) Social structure and life-history patterns in western gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*). *American Journal of Primatology*, **64**, 145-159.
- Rogers, M.E., Maisels, F., Williamson, E.A., Fernandez, M. & Tutin, C.E. (1990) Gorilla diet in the lope reserve, gabon. *Oecologia*, **84**, 326-339.
- Rogers, M.E., Tutin, C.E., Williamson, E.A., Parnell, R.J., Voysey, B.C. & Fernandez, M. (1994) Seasonal feeding on bark by gorillas: An unexpected keystone food?
- Rogers, M.E., Abernethy, K., Bermejo, M., Cipolletta, C., Doran, D., McFarland, K., Nishihara, T., Remis, M. & Tutin, C.E. (2004) Western gorilla diet: a synthesis from six sites. *Am J Primatol*, **64**, 173-92.
- Rohde, K. (1992) Latitudinal gradients in species diversity: the search for the primary cause. *Oikos*, 514-527.
- Rosen, B.R. (1988) Progress, problems and patterns in the biogeography of reef corals and other tropical marine organisms. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, **42**, 269.
- Rosenzweig, M.L. (1992) Species diversity gradients: we know more and less than we thought. *Journal of mammalogy*, **73**, 715-730.
- Rosenzweig, M.L. (1995) *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press.
- Rothman, J.M., Pell, A.N., Nkurunungi, J.B. & Dierenfeld, E.S. (2006a) Nutritional aspects of the diet of wild gorillas. *Primates of Western Uganda*, pp. 153-169. Springer.
- Rothman, J.M., Dierenfeld, E.S., Molina, D.O., Shaw, A.V., Hintz, H.F. & Pell, A.N. (2006b) Nutritional chemistry of foods eaten by gorillas in Bwindi Impenetrable National Park, Uganda. *American Journal of Primatology*, **68**, 675-691.
- Sabater Pí, J. (1977) Contribution to the study of alimentation of lowland gorillas in the natural state, in Rio Muni, Republic of Equatorial Guinea (West Africa). *Primates*, **18**, 183-204.
- Sanz, C., Morgan, D., Strindberg, S. & Onononga, J.R. (2007) Distinguishing between the nests of sympatric chimpanzees and gorillas. *Journal of Applied Ecology*, **44**, 263-272.
- Schaller, G.B. (1963) *The Mountain Gorilla*. Chicago, University of Chicago Press.
- Sop, T., Cheyne, S., Maisels, F., Wich, S. & Williamson, E. (2015) Abundance annex: ape population abundance estimates. *State of the Apes*, 1-41.
- Souza-Alves, J.P. (2013) Ecology and Life-history of Coimbra-Filho's titi monkeys (*Callicebus coimbrai*) in the Brazilian Atlantic Forest. *DSc thesis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brazil. AMBIGUOUS (1131650 citations)*,
- Stevenson, P.R., Quiñones, M.J. & Ahumada, J.A. (2000) Influence of fruit availability on ecological overlap among four neotropical primates at Tinigua National Park, Colombia. *Biotropica*, **32**, 533-544.
- Stokes, E.J., Strindberg, S., Bakabana, P.C., Elkan, P.W., Iyenguet, F.C., Madzoké, B., Malanda, G.A.F., Mowawa, B.S., Moukoubou, C. & Ouakabadio, F.K. (2010) Monitoring great ape and elephant abundance at large spatial scales: measuring effectiveness of a conservation landscape. *PloS one*, **5**, e10294.
- Strindberg, S., Maisels, F., Williamson, E.A., Blake, S., Stokes, E.J., Aba'a, R., Abitsi, G., Agbor, A., Ambahe, R.D., Bakabana, P.C., Bechem, M., Berlemont, A., Bokoto de Semboli, B., Boundja, P.R., Bout, N., Breuer, T., Campbell, G., De Wachter, P., Ella Akou, M., Esono Mba, F., Feistner, A.T.C., Fosso, B., Fotso, R., Greer, D., Inkamba-Nkulu, C., Iyenguet, C.F., Jeffery, K.J., Kokangoye, M., Köhl, H.S., Latour, S., Madzoke, B., Makoubou, C., Malanda, G.-A.F., Malonga, R., Mbolo, V., Morgan, D.B., Motsaba, P., Moukala, G., Mowawa, B.S., Murai, M., Ndzai, C., Nishihara, T., Nzooh, Z., Pintea, L., Pokempner, A., Rainey, H.J., Rayden, T., Ruffler, H., Sanz, C.M., Todd, A., Vanleeuwe, H., Vosper, A., Warren, Y. & Wilkie, D.S. (2018) Guns, germs, and trees determine density and distribution of gorillas and chimpanzees in Western Equatorial Africa. *Science Advances*, **4**
- Stokes, E.J. (2008) *Conservation through Scientific Collaboration: Case study- Western - Gorilla.org*.

- Taylor, A.B. (2006) Diet and Mandibular Morphology in African Apes. *International Journal of Primatology*, **27**, 181.
- Tedonzong, D.L.R. (2013) Caractérisation des fruitiers consommés par les gorilles des plaines de l'Ouest (*Gorilla gorilla gorilla*, Savage et Wyman, 1847) dans la périphérie Nord de la Réserve de Biosphère du Dja (Est, Cameroun). In: *Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur des Eaux, des Forêts et des Chasses*, p. 103. FASA, Université de Dschang
- Tédonzong, L.R.D., Willie, J., Keuko, A.M.P., Kuenbou, J.K., Njotah, G., Tchamba, M.N., Tagg, N. & Lens, L. (2018) Using abundance and habitat variables to identify high conservation value areas for threatened mammals. *Biodiversity and Conservation*, **27**, 1115-1137.
- Terborgh, J. (1973) On the notion of favorableness in plant ecology. *The American Naturalist*, **107**, 481-501.
- Terborgh, J., Nuñez-Iturri, G., Pitman, N.C., Valverde, F.H.C., Alvarez, P., Swamy, V., Pringle, E.G. & Paine, C. (2008) Tree recruitment in an empty forest. *Ecology*, **89**, 1757-1768.
- Thalmann, O., Wegmann, D., Spitzner, M., Arandjelovic, M., Guschanski, K., Leuenberger, C., Bergl, R.A. & Vigilant, L. (2011) Historical sampling reveals dramatic demographic changes in western gorilla populations. *BMC evolutionary biology*, **11**, 85.
- Ting, S., Hartley, S. & Burns, K. (2008) Global patterns in fruiting seasons. *Global Ecology and Biogeography*, **17**, 648-657.
- Tshimanga, R. & Hughes, D. (2012) Climate change and impacts on the hydrology of the Congo Basin: The case of the northern sub-basins of the Oubangui and Sangha Rivers. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, **50**, 72-83.
- Tsuji, Y., Ito, Y.T., Wada, K. & Watanabe, K. (2015) Spatial patterns in the diet of the Japanese macaque *Macaca fuscata* and their environmental determinants. *Mammal Review*, **45**, 227-238.
- Turner, J.R., Gatehouse, C.M. & Corey, C.A. (1987) Does solar energy control organic diversity? Butterflies, moths and the British climate. *Oikos*, 195-205.
- Turner, J.R., Lennon, J.J. & Lawrenson, J.A. (1988) British bird species distributions and the energy theory. *Nature*, **335**, 539.
- Tutin, C., Fernandez, M., Rogers, M.E., WILLIAMSON, E.A. & Mc GREW, W. (1991) Foraging profiles of sympatric lowland gorillas and Chimpanzees in the Lopé Reserve, Gabonb. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, **334**, 8.
- Tutin, C.E. & Fernandez, M. (1985) Foods consumed by sympatric populations of *Gorilla g. gorilla* and *Pan t. troglodytes* in Gabon: Some preliminary data. *International Journal of Primatology*, **6**, 27.
- Tutin, C.E. & Fernandez, M. (1993) Composition of the diet of chimpanzees and comparisons with that of sympatric lowland gorillas in the Lopé Reserve, Gabon. *American Journal of Primatology*, **30**, 195-211.
- Tutin, C.E., Parnell, R.J., White, L.J. & Fernandez, M. (1995) Nest building by lowland gorillas in the Lopé Reserve, Gabon: environmental influences and implications for censusing. *International Journal of Primatology*, **16**, 53.
- Tutin, C.E.G. (1998) Gorillas and their Food Plants in the Lopé Reserve, Gabon. (C. R. Huxley, J. M. Lock, & D. F. Cutler, Éd.). *Chorology, Taxonomy and Ecology of the Floras of Africa and Madagascar*, 227-243.
- UICN (2017) The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3. In:
- Valdovinos, C., Navarrete, S.A. & Marquet, P.A. (2003) Mollusk species diversity in the Southeastern Pacific: why are there more species towards the pole? *Ecography*, **26**, 139-144.
- Valker, A. (1931) La vie du gorille au Gabon. *Bulletin Museum Natural d'Histoire Naturelle*, **3**, 393-398.
- Verhegghen, A., Mayaux, P., De Wasseige, C. & Defourny, P. (2012) Mapping Congo Basin vegetation types from 300 m and 1 km multi-sensor time series for carbon stocks and forest areas estimation. *Biogeosciences*, **9**, 5061.

- Voysey, B.C., McDonald, K.E., Rogers, M.E., Tutin, C.E. & Parnell, R.J. (1999) Gorillas and seed dispersal in the Lopé Reserve, Gabon. II: Survival and growth of seedlings. *Journal of Tropical Ecology*, **15**, 39-60.
- Wallace, A.R. (1876) The geographical distribution of animals: with a study of the relations of living and extinct faunas as elucidating the past changes of the Earth's surface: in two volumes.
- White, F. (1979) The Guineo-Congolian Region and its relationships to other phytochoria. *Bulletin du Jardin botanique national de Belgique/Bulletin van de Nationale Plantentuin van België*, 11-55.
- Williamson, E.A., Tutin, C.E. & Fernandez, M. (1988) Western lowland gorillas feeding in streams and on savannas. *Primate Report*, **19**, 29-34.
- Williamson, E.A., Tutin, C.E.G., Rogers, M.E. & Fernandez, M. (1990) Composition of the Diet of Lowland Gorillas at Lopé in Gabon. *American Journal of Physical Anthropology*, **21**, 13.
- Williamson, E.A., Maisel, F.G., Groves, C.P., Fruth, B.I., Humle, T., Morton, F.B., Richardson, M.C., Russon, A.E. & Singleton, I. (2013) Family Hominidae (great apes).
- Willie, J., Petre, C.A., Tagg, N. & Lens, L. (2013) Density of herbaceous plants and distribution of western gorillas in different habitat types in south-east Cameroon. *African Journal of Ecology*, **51**, 111-121.
- Wrangham, R., Conklin, N., Chapman, C. & Hunt, K. (1991) The significance of fibrous foods for Kibale Forest chimpanzees. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, **334**, 171-178.
- Wright, D.H. (1983) Species-energy theory: an extension of species-area theory. *Oikos*, 496-506.
- Yamagiwa, J. (1999) Socioecological factors influencing population structure of gorillas and chimpanzees. *Primates*, **40**, 87-104.
- Yamagiwa, J. & Basabose, A.K. (2006) Diet and seasonal changes in sympatric gorillas and chimpanzees at Kahuzi-Biega National Park. *Primates*, **47**, 74-90.
- Yamagiwa, J., Mwanza, N., Yumoto, T. & Maruhashi, T. (1994) Seasonal change in the composition of the diet of eastern lowland gorillas. *Primates*, **35**, 1-14.
- Zunino, M., Zullini, A., de Cultura, F. & DF, E.M. (2003) *Biogeografía, la dimensión espacial de la evolución*.

ANNEXES

Annexe 1 : Répartition des genres de fruits consommés par les GPO dans chaque site

Genres	Bai Hokou	Belinga	Concession FSC Gabon	La Belgique	Loango	Lope	Lossi	Mondika	Nouabalé- Ndoki	Rio Muni
Allophylus	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Ancistrophyllum	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Angylocalyx	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Annickia	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Anonidium	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0
Antiaris	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Antidesma	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Antrocaryon	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1
Artabotrys	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Autranella	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Baillonella	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
Barteria	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0
Berlinia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brachystegia	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Calamus	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Calpocalyx	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Canarium	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Carapa	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Carpolobia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Celtis	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
Chlamydocola	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Chrysophyllum	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Chytranthus	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
Cissus	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
Cleistopholis	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Coelocaryon	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Genres	Bai Hokou	Belinga	Concession FSC Gabon	La Belgique	Loango	Lope	Lossi	Mondika	Nouabalé- Ndoki	Rio Muni
Coffea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cola	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0
Colletocema	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Costus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coula	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Cryptosepalum	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Cucumeropsis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Dacryodes	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
Dalhousiea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplatsia	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0
Detarium	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0
Dialium	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Dichapetalum	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Dictyophleba	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0
Dioclea	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Dioscoreophyllum	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
Diospyros	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0
Discoglyprena	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Drypetes	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Duboscia	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
Duguetia	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Enantia	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Eremospatha	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Eriocoelum	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Erythrophleum	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
Ficus	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
Funtumia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ganophyllum	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0
Garcinia	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0

Genres	Bai Hokou	Belinga	Concession FSC Gabon	La Belgique	Loango	Lope	Lossi	Mondika	Nouabalé- Ndoki	Rio Muni
Gardenia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Gilbertiodendron	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Grewia	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
Guarea	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Halopegia	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Heisteria	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Hexalobus	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
Hypselodelphys	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
Irvingia	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Isolona	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Keayodendron	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Klainedoxa	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
Landolphia	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
Lecaniodiscus	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0
Leea	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Leplaea	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Leptonychia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Mammea	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1
Manilkara	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Microdesmis	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Milicia	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0
Monanthotaxis	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Monodora	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
Musanga	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0
Mussaenda	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Myrianthus	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Nauclea	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0
Omphalocarpum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Oncoba	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1

Genres	Bai Hokou	Belinga	Concession FSC Gabon	La Belgique	Loango	Lope	Lossi	Mondika	Nouabalé- Ndoki	Rio Muni
Pachypodanthium	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Palisota	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Pancovia	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Panda	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
Parinari	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Parkia	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0
Pentadesma	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Petersianthus	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Piptadeniastrum	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Plagiostyles	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
Pleiocarpa	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Podococcus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Poga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Polyalthia	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
Porterandia	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Prevostea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pseudospondias	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
Psychotria	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Pterocarpus	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0
Pycnanthus	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
Pycnobotrya	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rinorea	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Rutidea	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Saba	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Sacoglottis	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
Santiria	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Sarcocephalus	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Scyttopetalum	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Sorindeia	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0

Genres	Bai Hokou	Belinga	Concession FSC Gabon	La Belgique	Loango	Lope	Lossi	Mondika	Nouabalé- Ndoki	Rio Muni
Staudtia	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Strephonema	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Strombosia	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Strombosiosis	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Strophanthus	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Strychnos	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
Symphonia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Synsepalum	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Syzygium	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Tabernaemontana	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1
Tessmannia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Tetrapleura	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0
Theobroma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Thomandersia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tieghemella	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Tiliacora	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Treculia	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
Tricalysia	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Trichilia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichoscypha	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1
Triclisia	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Uapaca	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Uvaria	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Uvariastrum	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
Uvariadendron	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Vitex	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0
Xylopia	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1
Zanha	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Total	55	36	21	67	25	60	41	49	62	34

0 : le genre n'est pas consommé dans le site ; 1 : le genre est consommé dans le site