

---

## **Le concept d IFL est-il pertinent pour la gestion des p Afrique Centrale ? Analyse comparative de différentes modalités de gestion**

**Auteur :** Havaux, Simon

**Promoteur(s) :** Doucet, Jean-Louis

**Faculté :** Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

**Diplôme :** Master architecte paysagiste, à finalité spécialisée

**Année académique :** 2016-2017

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/3041>

---

### *Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

COMMUNAUTE FRANCAISE DE BELGIQUE  
UNIVERSITE DE LIEGE – GEMBLOUX AGRO-BIO TECH  
UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES  
HAUTE ECOLE CHARLEMAGNE

---



Le concept d'IFL est-il pertinent pour la gestion des paysages forestiers en Afrique  
Centrale ?  
Analyse comparative des différentes modalités de gestion

---

Simon HAVAUX

TRAVAIL DE FIN D'ETUDES PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
DE MASTER EN ARCHITECTURE DU PAYSAGE

ANNEE ACADEMIQUE 2016 - 2017

Promoteur : Pr. Jean-Louis DOUCET

© Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisé qu'avec l'autorisation de l'auteur et du président du Comité de Gestion en Architecture du Paysage.

Le présent document n'engage que son auteur.

COMMUNAUTE FRANCAISE DE BELGIQUE  
UNIVERSITE DE LIEGE – GEMBLOUX AGRO-BIO TECH  
UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES  
HAUTE ECOLE CHARLEMAGNE

---



Le concept d'IFL est-il pertinent pour la gestion des paysages forestiers en Afrique  
Centrale ?  
Analyse comparative de différentes modalités de gestion

---

Simon HAVAUX

TRAVAIL DE FIN D'ETUDES PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
DE MASTER EN ARCHITECTURE DU PAYSAGE

ANNEE ACADEMIQUE 2016 - 2017

Promoteur : Pr. Jean-Louis DOUCET

Université de Liège  
Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech  
Axe de Gestion des Ressources Forestières  
Foresterie des Régions Tropicales  
Passage des Déportés, 2  
5030 Gembloux – Belgique



## Remerciements

En guise de préambule, je souhaiterais adresser tous mes remerciements aux personnes avec lesquelles j'ai pu échanger sur ce travail et qui ont participé à la rédaction de ce mémoire.

Je voudrais commencer par remercier le Professeur Doucet, mon promoteur, pour son aide précieuse ainsi que pour tout le temps qu'il m'a consacré. La rigueur de son suivi ainsi que sa patience à mon égard m'ont été d'une aide incommensurable.

Ensuite, j'aimerais remercier Mademoiselle Barbara Haurez, sans qui, ce travail n'aurait pas été possible. Je lui suis reconnaissant pour ses nombreux conseils, au même titre que pour sa disponibilité quotidienne et plus particulièrement lors des analyses.

Je tiens également à adresser mes sincères remerciements au Professeur Yves Brostaux pour m'avoir partagé ses connaissances et éclairé à bien de nombreux points en statistique et programmation.

Je souhaiterais aussi remercier Dakis-Yaoba Ouédraogo, Gauthier Ligot ainsi qu'Anaïs-Pasiphaé Gorel pour leur grande disponibilité et la bonne humeur avec laquelle ils ont toujours répondu à mes questions.

Enfin, je tiens à remercier mes amis Nicolas, Maxime et Alexandre ainsi que mon frère, Jérôme, pour le soutien et leurs multiples encouragements tout au long de ce travail.

## Résumé

Havaux S., 2017. Le concept d'IFL est-il pertinent pour la gestion des paysages forestiers en Afrique centrale ? Analyse comparative de différentes modalités de gestion. Travail de fin d'étude : Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, pp. + Annexes.

---

Les Intact Forest Landscapes (IFLs) couvrent un peu plus de 86 millions d'hectares en Afrique centrale, dont 21 % sont situés dans les concessions forestières. L'adoption récente d'une motion par le Forest Stewardship Council (FSC), principal système de certification durable des forêts en Afrique centrale, est à l'origine de nombreux débats. Cette motion vise à limiter, voire à interdire, toute exploitation forestière, même certifiée, dans les zones IFL. Ces IFL étant identifiées uniquement par télédétection, la pertinence du concept est critiquée par certains qui recommandent d'inclure dans les analyses la biodiversité. En conséquence, la présente étude vise à comparer les richesses potentielles en espèces animales (amphibiens, mammifères et reptiles) et les impacts anthropiques des principales modalités d'utilisation des terres en Afrique centrale : zone non concédée, aire protégée et concession forestière (non certifiée, concession certifiée légale et concession certifiée FSC). Cette comparaison est en outre effectuée au sein et en dehors des IFLs qui juxtaposent les différentes modalités. Notre analyse a porté sur 25 000 pixels caractérisés sur base de données collectées dans la littérature. Il s'avère que les modalités de gestion influencent significativement les richesses spécifiques potentielles. Les concessions certifiées FSC se singularisent par les richesses potentielles les plus élevées et les impacts anthropiques les plus faibles. En fonction des groupes taxonomiques considérés, les IFLs ne sont pas potentiellement plus riches en espèces que les zones hors IFL. La mise en protection intégrale des zones IFL situées dans les concessions certifiées FSC, comme le suggère la Motion 65, ne paraît donc pas être l'option la plus pertinente.

---

**Mots clés** : pression de chasse, richesse spécifique, IFL, Paysage Forestier Intact, empreinte humaine, affectation du sol.

## Abstract

Havaux S., 2017. *Relevance of the IFL concept in Central Africa forest landscape? Comparative analysis of the different managing methods*. Master thesis: Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liège, Free University of Brussels, Charlemagne High School, pp. + Annexes.

---

Intact Forest Landscapes (IFLs) cover a bit more than 86 million hectares in Central Africa. Almost 21% of this area is located in forest concessions. The recent adoption of a motion by the Forest Stewardship Council (FSC), which is the main sustainable forest certification scheme in Central Africa, has generated many discussions among the stakeholders. This motion aims to limit or even prohibit all logging activities, even in certified concessions, in the IFL zones. Due to their identification based only on remote sensing, the relevance of this concept is criticized by some authors which recommend to take into account the biodiversity in the delimitation of the IFLs. The aim of our study is to compare the species richness of three taxa (amphibians, reptiles and mammals) and anthropogenic impacts in the main land uses: non-granted, protected areas and logging concessions (certified or not). Our analysis focused on 25 000 pixels based on data collected in the literature. It turns out that the management modalities significantly influence the specific potential richness. FSC-certified concessions are characterized by the highest potential richness and the weakest anthropogenic impacts. Depending on the taxonomic groups considered, the specific potential richness is not necessarily higher in the IFL zone than outside. The full protection of the IFL areas in FSC-certified concessions is therefore probably not the most relevant option.

---

**Key words:** hunting pressure, specific wealth, Intact Forest Landscape, human footprint, land use.



## Table des matières

Remerciements .....	ii
Résumé.....	iii
Abstract.....	iv
Table des matières .....	v
Liste des figures .....	vii
Liste des tableaux .....	viii
Liste des acronymes .....	ix
1 Introduction.....	1
2 Etat de l'Art.....	3
2.1 Les différents modes d'affectation du sol en Afrique centrale.....	3
2.1.1 Les zones non attribuées .....	4
2.1.2 Les aires protégées .....	4
2.1.3 Les concessions minières.....	5
2.1.4 Les forêts communautaires .....	6
2.1.5 Les concessions forestières .....	6
2.1.6 Les concessions forestières certifiées.....	8
a. Les certifications de légalité .....	8
b. Les certifications de durabilité .....	9
c. Forêts à Haute Valeur de Conservation et Haute Valeur de Conservation...9	
2.1.7 Les Paysages Forestiers Intacts (PFI) – Intact Forest Landscapes (IFL) 13	
3 Objectifs et méthodologie.....	15
3.1 Objectifs.....	15
3.2 Zone d'étude .....	15
3.3 Données utilisées .....	16
3.3.1 Richesse spécifique .....	17
3.3.2 Pression de chasse .....	19
3.3.3 Empreinte humaine.....	20
3.3.4 Couvert forestier .....	23
3.3.5 Modalités de gestions. ....	25
3.3.1 Les IFLs.....	25
3.3.2 Compilation des cartes et création du dataframe. ....	26
a. Compilation des rasters. ....	26
b. Création du dataframe.....	26
c. Tri du dataframe. ....	27
d. Suppression de l'autocorrélation spatiale. ....	27
e. Analyse de la variance .....	28
4 Résultats.....	29
4.1 Le couvert forestier, les IFLs et les modalités de gestion.....	29
4.1 Les richesses spécifiques .....	31
4.2 Les impacts anthropiques.....	33
4.3 Influences des modalités de gestion.....	35
4.4 L'influence des IFLs.....	36
5 Discussions .....	38
5.1 Le choix des variables.....	38

5.2	Influence des modalités de gestion .....	38
5.3	Pertinence de la mise en protection des zones IFLs dans les concessions forestières.....	39
6	Conclusions.....	40
7	Références.....	41
ANNEXES	.....	46

## Liste des figures

Figure 1 Dimensionnement d'une zone IFL .....	13
Figure 2 Grands bassins hydrographiques d'Afrique centrale. Source : WRI – OFAC. En vert, le Bassin du Congo, en mauve le Bassin du Tchad, en rouge, le Bassin du Niger et les Fleuves côtiers du golfe de Guinée en brun et gris. ....	15
Figure 3 Couverture forestière du Bassin du Congo.....	16
Figure 4 Aire de répartition des espèces d'amphibiens .....	17
Figure 5 Exemple d'aires de répartition de plusieurs espèces se juxtaposant .....	18
Figure 6 Décomposition de la répartition spatiale de plusieurs espèces. ....	18
Figure 7 Carte de la prévision spatiale de la pression de chasse (Ziegler et al., 2016). Gris : zones présentant un faible risque ; jaune : zone à risque modéré ; orange : zones à haut risque (surexploitation probable) ; rouge : zones à haut risque. CD : République Démocratique du Congo ; CG : République du Congo ; CM : Cameroun ; CF : République Centrafricaine ; GA : Gabon ; GQ : Guinée équatoriale.....	20
Figure 8 Carte de l'empreinte humaine en Afrique (Sanderson et al., 2002).....	22
Figure 9 Carte du couvert forestier (A), de la perte (B) ainsi que du gain (C) de forêt à l'échelle du monde (Hansen et al., 2013) .....	23
Figure 10 Carte des principales phytochories d'Afrique (White, 1979). ....	24
Figure 11 Carte représentant les concessions forestières non certifiées en Afrique centrale en 2008. ....	25
Figure 12 Carte représentant l'état des IFLs en 2000 à l'échelle mondiale.....	26
Figure 13 Extrait du dataframe.....	27
Figure 14 Couvert forestier $\geq 40\%$ en 2000 (Hansen et al. 2013).....	29
Figure 15 Carte représentant le couvert forestier $\geq 40\%$ (Hansen et al. 2013) associée aux grandes zones chorologiques d'Afrique centrale (White 1979). ....	29
Figure 16 Carte représentant les zones IFL en Afrique centrale en 2000 .....	30
Figure 17 Carte représentant les concessions non certifiées en Afrique centrale en 2008 .....	30
Figure 18 Carte représentant les concessions certifiées FSC en Afrique centrale en 2008 .....	31
Figure 19 Carte représentant les Aires protégées en Afrique centrale en 2014 .....	31
Figure 20 Carte représentant la richesse spécifique en amphibiens en Afrique centrale en 2009 .....	32
Figure 21 Carte représentant la richesse spécifique en mammifères en Afrique centrale en 2009 .....	32
Figure 22 Carte représentant la richesse spécifique en reptiles en Afrique centrale en 2009 .....	33
Figure 23 Carte de pression de chasse de Ziegler et al. (2016) dont l'extend a été adapté et traduit en indice chiffré : 1 = faible (low) ; 2 = modéré (moderate) ; 3 = haut (high) (surexploitation probable) ; 4 = haut (high). ....	33
Figure 24 Carte de l'empreinte humaine de Sanderson et al (2002) en Afrique centrale	34

## Liste des tableaux

Tableau 1 Principales affectations des terres en Afrique centrale (Nasi et al., 2012) .....	3
Tableau 2 Concessions forestières aménagées, certifiées légales, certifiées durable (Nasi et al. 2010 ; OFAC, 2016) et présence ou non de forêts communautaires (Karsenty, 2005).....	4
Tableau 3 Nombres de pixels (km <sup>2</sup> ) présents dans chacune des modalités de gestion. ....	27
Tableau 4 Analyse multiple de la variance et moyennes obtenues lors de la comparaison des modalités de gestions (valeurs moyennes par km <sup>2</sup> et écart-types, les lettres différents illustrent les différences significatives).....	35
Tableau 5 Analyse multiple de la variance et moyennes obtenues lors de la comparaison des modalités de gestions au sein et hors des IFLs (valeurs moyennes par km <sup>2</sup> et déviation standard, les lettres différents illustrent les différences significatives)....	36

## Liste des acronymes

AAC	Assiette Annuelle de Coupe
ANOVA	Analysis Of Variance Analyse de la variance
AOV	Analysis Of Variance Analyse de la variance
APV	Accord de partenariat volontaire
ATIBT	Association Technique Internationale des Bois Tropicaux
CARPE	Central African Regional Program for the Environment Programme régional pour l'environnement en Afrique Centrale
COMIFAC	Commission des Forêts d'Afrique Centrale
FAO	Food and Agriculture Organization Organisation des Nations Unies pour alimentation et l'agriculture
FHVC	Forêt à haute valeur de conservation
FLEGT	Forest Law Endorcement, Governance and Trade Plan d'action de l'Union Européenne sur l'application de la législation forestière, la gouvernance et les échanges commerciaux
FSC	Forest Stewartship Council
HVC	Haute valeur de conservation
IFL	Intact Forest Landscape
IUCN	International Union for Conservation of Nature Union Internationale pour la Conservation de la Nature
MEA	Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire
OFAC	Office of Foreign Assets Control Bureau de contrôle des avoirs étrangers
OLB	Origine et Légalité des Bois
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PEFC	Program of Endorsement of Forest Certification Schemes Programme de reconnaissance des certifications forestière
PFI	Paysage Forestier Intact
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
RCA	République Centrafricaine
RDC	République Démocratique du Congo
SIG	Système d'Information Géographique
TLTV	Timber Legality and Traceability Verification Vérification de légalité et traçabilité du bois
UFA	Unité Forestière d'Aménagement
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
VLC	Verification of Legal Compliance Vérification de conformité juridique
VLO	Verification of Legal Origin Vérification de l'origine légale
WGS	World Geodesic System

## LISTE DES ABREVIATIONS

Ha	Hectare
I.	Indice
Nb	Nombre
NA	Non attribué
R.	Richesse spécifique potentielle
Sign.	Significativité



## 1 Introduction

Les forêts denses humides d'Afrique centrale couvrent une superficie avoisinant les 190 millions d'hectares. Elles constituent, à ce titre, le second massif continu de forêts denses tropicales. Elles renferment une grande diversité biologique et jouent un rôle clé dans le stockage du carbone (Laurance *et al.*, 2002 ; Dargie *et al.*, 2017). Elles ont également un rôle économique crucial en fournissant aux populations locales de nombreux produits ligneux et non-ligneux (Marquant *et al.*, 2015).

Les forêts du Bassin du Congo régressent et se dégradent respectivement à raison de 0,14 et 0,09 % par an (Desclée *et al.*, 2013 ; Ernst *et al.*, 2010). Les causes directes de la déforestation sont liées à la progression de l'agriculture, de l'exploitation minière, des infrastructures et de l'urbanisation. En termes de dégradation, l'exploitation du bois de feu et du bois d'œuvre joue un rôle prépondérant (Honsonuma *et al.*, 2012). Les forêts les moins impactées par l'activité humaine sont reconnues comme celles fournissant la plus grande gamme de services écosystémiques (Gibson *et al.*, 2011). C'est dans ce contexte qu'a été promu le concept de paysage forestier intact.

Un paysage forestier intact (PFI) ou *Intact Forest Landscape (IFL)* est défini comme une mosaïque ininterrompue de forêt et d'écosystèmes naturels qui ne présente aucun signe d'activité humaine ou de fragmentation de l'habitat (Potapov *et al.*, 2008). Cette mosaïque doit être suffisamment étendue pour pouvoir maintenir toute la diversité biologique d'origine ainsi que des populations viables d'espèces de grande envergure. Le caractère intact de ces paysages n'empêche pas que ceux-ci soient affecté par une influence humaine, pour autant que celle-ci soit faible et historique (Potapov *et al.*, 2017).

En Afrique centrale, les IFLs couvrent une superficie estimée à un peu plus de 86 millions d'hectares dont 21% sont situés dans les concessions forestières (Haurez *et al.*, 2016). Ces concessions forment la principale affectation des sols dans la région. L'exploitation du bois d'œuvre est régie par des législations nationales censées promouvoir la gestion durable. On estime qu'est consenti un effort d'aménagement sur 47 % de la superficie affectée et que 12 % de cette même superficie sont certifiées par des organismes indépendants. Cette certification peut porter sur la légalité et/ou la gestion durable (Bayol *et al.*, 2010, 2013).

La seule certification de gestion durable actuellement active en Afrique centrale est celle qui suit les normes du Forest Stewardship Council (FSC). L'adoption récente d'une motion déposée par Greenpeace, la motion 65, requiert la mise en œuvre de mesures de conservation particulières lorsque des IFLs sont situées dans les concessions certifiées FSC. Cette décision a suscité de nombreuses controverses, vue par certains comme une chance unique de préserver les dernières « forêts primaires », et par d'autres comme une perception biaisée de la naturalité. Ces derniers mettent notamment en exergue que l'identification des IFLs n'intègrent aucunement la diversité ou l'abondance de la faune (Haurez *et al.*, 2017).



Le présent travail vise à alimenter ces débats en comparant la diversité en faune de différentes affectations du sol, dont les IFLs. La première partie aura pour but de faire un état des lieux des connaissances relatives à la question de recherche alors que la seconde partie développera la méthodologie utilisée ainsi que les données utilisées dans l'analyse. La troisième partie sera quant à elle consacrée aux résultats obtenus. Ceux-ci seront discutés dans une dernière partie.

## 2 Etat de l'Art

### 2.1 Les différents modes d'affectation du sol en Afrique centrale

Selon Nasi *et al.* (2012), outre les zones non affectées qui couvrent 438 801 km<sup>2</sup>, les forêts peuvent être réparties en deux types dominants d'affectation du sol : les zones protégées (444 973 km<sup>2</sup>) et les concessions forestières (595 381 km<sup>2</sup>) (Tableau 1).

Tableau 1 Principales affectations des terres en Afrique centrale (Nasi *et al.*, 2012)

Pays	Territoire Aire (km <sup>2</sup> )	Zones de protection		Zones de production de bois	
		Aire (km <sup>2</sup> )	%	Aire (km <sup>2</sup> )	%
Cameroun	465 445	37 450	8,05	60 935	13,09
République Centrafricaine	620 152	76 743	12,37	34 293	5,53
République du Congo	342 766	35 993	10,50	147 127	42,93
République Démocratique du Congo	2 328 225	261 063	11,21	248 276	10,66
Guinée Equatoriale	26 730	5 104	19,09	14 375	42,93
Gabon	262 538	28 620	10,96	90 375	34,60
A l'échelle de la région	4 045 856	444 973	11,00	595 381	14,72

Les titres d'affectation des terres sont délivrés par les Etats. Parmi les affectations possédant un titre, on retrouve dans les zones de protection, qui comprennent les aires protégées, et les zones de production comprenant les concessions minières, les forêts communautaires et les concessions forestières. Ces dernières peuvent elles-mêmes être subdivisées en trois catégories en fonction de leur certification ou non. Les concessions peuvent donc avoir une certification de légalité attestant de l'origine légale du bois, une certification de durabilité ou aucune certification.

Tous les pays d'Afrique centrale ne possèdent pas automatiquement tous les différents modes d'affectation de sol. La République Centrafrique ne possède par exemple pas de concessions certifiées durable (Tableau 2). La RCA, la République du Congo et la République Démocratique du Congo ne possède pas non plus de forêts communautaires actuellement en activité.

Tableau 2 Concessions forestières aménagées, certifiées légales, certifiées durable (Nasi et al. 2010 ; OFAC, 2016) et présence ou non de forêts communautaires (Karsenty, 2005).

	Cameroun	République du Congo	Gabon	RCA	RDC	Guinée Equatoriale
<i>Présence de forêts communautaires</i>	Oui	Non	Oui	Non	Concessions des communautés	Oui
<i>Concessions (km<sup>2</sup>)</i>	144 080,1	204 369,18	82 081	76 841,07	91 702,46	0*
<i>Concessions aménagées (km<sup>2</sup>)</i>	63 816,84	82 795,61	40 668,54	76 841,07 **	15 692,03	0
<i>Responsabilité de la réalisation du plan d'aménagement</i>	Concessions	Etat, mais dans la pratique c'est le concessionnaire	Concessions	Etat	Concessions	/
<i>Certification légale (km<sup>2</sup>)</i>	16 132,45	3 379,47	6 223,99	0	8 280,33	0
<i>Certification durable</i>	7 631,6	27 269,96	31 110,94	0	0	0

\* Toutes les concessions forestières ont été annulées en Guinée Equatoriale depuis 2008.

\*\* La RCA est le seul pays d'Afrique centrale dont l'ensemble de ses concessions est, aujourd'hui, engagé dans un processus d'aménagement (Corbier-Barthaux et Oktar, 2011).

### 2.1.1 Les zones non attribuées

Les zones non attribuées correspondent aux forêts n'ayant pas de titre particulier. Il n'y a donc aucune restriction concernant les conditions de chasse, de collecte de produits forestiers non ligneux ou encore concernant l'agriculture (Nasi *et al.*, 2010).

Ce type de forêt est en réalité une mosaïque comprenant des reliquats de forêts primaires, de forêts secondaires et de parcelles agricoles. Le type d'agriculture pratiquée consiste généralement en de l'agriculture itinérante sur brûlis pour subvenir aux besoins des populations locales (Finegan et Nasi, 2004). Toutefois ce type d'occupation du sol est considéré comme la principale cause de déforestation dans les forêts tropicales. En effet, ce changement d'occupation du sol transforme des forêts naturelles en un patchwork associant forêt et agriculture, ce qui conduit à une fragmentation de l'écosystème et une perte en stockage de carbone (Nasi *et al.*, 2009).

### 2.1.2 Les aires protégées

Les aires protégées ont pour objectif la protection à long terme du patrimoine naturel ainsi que des ressources biologiques (IUCN, 2012). Il s'agit « *d'un espace géographique clairement défini, reconnu, consacré et géré par tout moyen efficace, juridique ou autre, afin d'assurer à long terme la conservation de la nature ainsi que les services écosystémiques et les valeurs culturelles qui lui sont associées* » (IUCN, 2012).

Afin de garantir une plus grande efficacité, les aires protégées ne doivent pas être considérées comme des entités isolées mais comme faisant partie de paysages plus larges.

Celles-ci devraient donc s'inclure dans des systèmes d'aires protégées cohérents (Dudley, 2008).

A l'origine, au début du XX<sup>ème</sup> siècle, la gestion des aires protégées avait pour but de mettre un terme à l'exploitation excessive de la grande faune ainsi que du bois d'œuvre. C'est vers la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle que certains pays vont renforcer leur réseau d'aires protégées dont la conservation n'est plus le seul but. Des réserves de faune ainsi que des domaines de chasse virent ainsi le jour. Durant les années 2000 à 2010, un renforcement des dynamiques régionales a été mis en place, induisant l'apparition de bon nombre d'aires protégées (Doumenge *et al.*, 2015). Couvrant près de 12% de la surface terrestre, celles-ci ont chacune des objectifs de gestion très variés, dû entre autres à la participation de nombreuses parties prenantes (Dudley, 2008).

Aujourd'hui, six catégories d'aires protégées ont été définies par l'IUCN. Le classement dans une catégorie plutôt qu'une autre dépend principalement des objectifs de gestion à long terme.

- i. Réserve naturelle intégrale et zone de nature sauvage ;
- ii. Parc national ;
- iii. Monument naturel ;
- iv. Aire de gestion des habitats ou des espèces ;
- v. Paysage terrestre ou marin protégé ;
- vi. Aire protégée de ressources naturelles.

### 2.1.3 Les concessions minières

Jusqu'à présent, peu de projets miniers industriels ont vu le jour dû à un manque de capitaux. En effet, la lourdeur administrative ainsi que la volatilité des cours du minerais découragent les potentiels investisseurs (de Wasseige *et al.*, 2015).

De nombreux permis d'exploration ont d'ores et déjà été accordés dans les forêts denses d'Afrique centrale (de Wasseige *et al.*, 2015). Ces permis d'exploration peuvent couvrir des territoires déjà occupés par des concessions forestières, des communautés villageoises ou encore des zones de conservation. Des taux d'intérêt avantageux peuvent être accordés par certaines institutions financières si l'entreprise minière s'engage à mettre en œuvre une politique écologique conforme à certains standards internationaux (Quétier *et al.*, 2015). En effet, afin d'éviter les conflits, des mesures de compensation peuvent être mises en place. Celles-ci ont pour but d'indemniser les parties prenantes concernées. Ces mesures peuvent être d'ordre social, économique ou écologique. Elles ne sont toutefois pas reprises dans un cadre légal et dépendent donc en grande partie du volontariat de l'opérateur minier (de Wasseige *et al.*, 2015).

Même si peu d'exploitations industrielles sont actuellement actives, de nombreuses exploitations artisanales sont d'ores et déjà présentes. L'importance des revenus générés par la vente de matériaux précieux constituent une source de motivation majeure auprès des populations les plus pauvres (Hammond *et al.*, 2007). Cependant le manque de connaissances et les techniques utilisées par ces petits exploitants peuvent causer de nombreuses dégradations environnementales, sociales et sanitaires (Gond et Brognoli, 2005).

#### 2.1.4 Les forêts communautaires

La foresterie communautaire est une composante spécifique de la foresterie participative qui se focalise sur les communautés locales comme acteurs principaux assurant la pérennité de la gestion forestière. La gestion et l'exploitation des forêts communautaires permettent de générer des emplois au sein de la communauté villageoise et les revenus obtenus grâce à son exploitation permettent généralement de développer le village (Meunier *et al.*, 2013).

En Afrique centrale, tous les pays se sont dotés d'une législation permettant la création de forêts gérées directement par les communautés locales. Toutefois, seuls le Cameroun et le Gabon ont des forêts communautaires reconnues par les administrations compétentes. La communauté doit définir ensemble un objectif et créer une entité de gestion de la forêt communautaire. Cette entité a le devoir de se former et les membres de la communauté doivent respecter les règles établies sous peine de se voir annuler le droit de gestion (Meunier *et al.*, 2013).

Au Cameroun, il y a près de 300 forêts communautaires attribuées couvrant une superficie dépassant les 9 000 km<sup>2</sup> (Doucet *et al.*, 2012). Elles ont une taille individuelle inférieure à 5 000 hectares et sont attribuées pour une période de 25 ans.

#### 2.1.5 Les concessions forestières

Le Thésaurus du Foncier publié par la FAO (Food and Agriculture Organisation) en 1999 définit les concessions comme « *un acte juridique bilatéral ou unilatéral en vertu duquel une personne, le concédant, accorde à une autre, le concessionnaire, la jouissance d'un droit ou d'un avantage particulier* ». Il s'agit donc, indépendamment des droits de propriétés foncières, d'un contrat permettant à une personne ou une organisation d'exploiter une parcelle et ses ressources selon certaines modalités. En règle générale, les concessions forestières implantées en Afrique Centrale sont octroyées par l'Etat. Le concessionnaire peut être une personne physique ou une société commerciale et bénéficie d'un droit d'exploitation exclusif sur un ou plusieurs produits présents dans un périmètre donné pour une durée déterminée. Les obligations du concessionnaire sont définies dans un cahier des charges. Ce document comprend des clauses communes à toutes les concessions mais également des clauses spécifiques qui sont particulières à chaque concession. En acceptant cela, le concessionnaire s'engage à respecter diverses obligations sur les plans technique, social, économique, fiscal et écologique. Sur le plan technique, il s'engage à définir un programme d'exploitation ainsi qu'à réaliser un plan d'aménagement.

Trois niveaux de planification peuvent se distinguer en fonction de leur durée (ATIBT, 2001).

- Planification à court terme (1 an) : Plan Annuel d'Opérations ou Plan Annuel d'Exploitation

Cet outil de gestion permet principalement la planification et le suivi annuel de la mise en œuvre du plan d'aménagement au niveau de l'assiette annuelle de coupe (AAC).

- Planification à moyen terme (+/- 5 ans) : Plan de Gestion

Ce document fixe les recommandations quant à la gestion des blocs comprenant généralement 5 AAC

- Planification à long terme (+ 20 ans) : Plan d'aménagement.

Il s'agit d'un document, révisable tous les 5 à 10 ans en fonction de la loi en vigueur. Toutes les décisions validées par l'entreprise ainsi que par les pouvoirs publics y sont consignées et constituent la ligne de conduite des politiques forestières.

Quatre phases sont nécessaires à l'élaboration d'un plan d'aménagement forestier (ATIBT, 2001).

#### 1. Phase 1 : Etude et collecte d'informations sur le territoire à aménager

Cette phase vise à rassembler les caractéristiques du massif à aménager (stratification forestière, inventaire des ressources ligneuses, ...) ainsi que de son environnement socio-économique.

#### 2. Phase 2 : Analyse

Sur base des informations récoltées durant la première phase, le gestionnaire doit être en mesure de définir la liste des essences à exploiter. Il doit également pouvoir définir ou préciser le contenu ou l'évolution du projet industriel. L'industrie forestière doit à la fois tenir compte des potentialités de la forêt ainsi que des exigences du marché.

#### 3. Phase 3 : Choix des objectifs et des orientations de l'aménagement

Les résultats de l'analyse vont permettre de prendre les décisions relatives à l'aménagement telles que la durée de la rotation, les volumes d'exploitation ainsi que les différentes mesures sociales et écologiques.

#### 4. Phase 4 : Planification des activités.

Une planification spatio-temporelle des interventions sera également notifiée dans le document. Pour se faire, différentes affectations seront attribuées au sein de la concession. Différentes séries verront ainsi le jour dont les séries de conservation et de production. Cette dernière sera subdivisée en blocs ou unités de gestion. Gérés par un plan de gestion, ces blocs sont des unités territoriales de superficie variable offrant un approvisionnement constant en bois d'œuvre. La durée d'exploitation ne varie pas au sein d'un même bloc. Chacun de ces blocs est lui-même divisé en AAC qui fera l'objet d'un Plan Annuel d'Exploitation.

Le Plan d'Aménagement s'inscrit dans une démarche globale, chacune des quatre phases est donc nécessaire à sa réalisation. Cependant, les modalités de mise en œuvre ainsi que le canevas de mise en œuvre peuvent varier en fonction du pays, du contexte socio-économique, des caractéristiques forestières et environnementales, etc. Chaque plan d'aménagement doit être adapté aux réalités de terrain.

Dans la pratique, lorsqu'une société acquiert une nouvelle Unité Forestière d'Aménagement (UFA), elle se voit attribuer un permis provisoire de trois ans, durant lesquels le concessionnaire doit élaborer un plan d'aménagement sur une durée allant de 20 à 40 ans (FAO, 2003). L'élaboration du plan d'aménagement se fait sur base des données contenues dans l'inventaire d'aménagement et permet ainsi, entre autres, de réaliser les calculs de possibilité forestière compatible avec le capital naturel de régénération et de reconstitution forestières. Cet inventaire est un inventaire botanique de type systématique. Des layons sont réalisés sur toute la longueur de l'UFA. Ceux-ci sont parallèles entre eux, équidistants et généralement perpendiculaires au réseau hydrographique. Des parcelles de comptage sont ensuite réparties le long de ces layons. Celles-ci mesurent généralement 250 mètres de long, 20 mètres de large et sont contiguës. A terme, la proportion de territoire inventorié varie entre 0,5 et 1% en fonction de l'équidistance des layons (Anthonissen, 2014).

Le plan d'aménagement a également un coût qui varie de 4 à 5€ par hectare. Ce coût peut toutefois être absorbé par l'entreprise forestière car il constitue un investissement. En effet, les connaissances acquises lors de la confection du plan d'aménagement, à savoir, une meilleure connaissance des ressources boisées ainsi que leur répartition dans l'espace, permettent d'accroître la productivité tout en diminuant les coûts de fonctionnement (Karsenty et Nasi, 2004). Pour l'Agence Française de Développement, l'aménagement durable des forêts doit permettre une production soutenue à long terme et donc engranger plus de bénéfices qu'une exploitation rapide et à court terme. Cependant, ce principe n'est pas très attrayant financièrement. En effet, les retours sur investissement sont beaucoup plus longs (Niesten et Rice, 2004).

### **2.1.6 Les concessions forestières certifiées**

Il existe plusieurs types de certification. Dans ce document, nous nous focaliserons sur les certifications de légalité et de gestion durable.

#### **a. Les certifications de légalité**

Comme le nom l'indique, cette certification vise à garantir au consommateur que le bois qu'il achète est du bois légal, c'est-à-dire du bois qui a été produit en respectant la législation du pays producteur (Bureau Veritas, 2010). Elle garantit le respect des lois en termes de gestion et d'exploitation des bois, d'emploi et de sécurité des personnes, de droit des communautés et de respect de l'environnement. Pour se faire, elle se base notamment sur un système de traçabilité adaptée qui va de l'entreprise forestière jusqu'au consommateur.

Couvrant une superficie de 4 942 138 ha en Afrique centrale, ce type de certificat est particulièrement avantageux pour des entreprises qui commercialisent du bois vers l'Union Européenne. Cette dernière a adopté dans le cadre du programme FLEGT un ensemble de mesures visant à promouvoir la légalité dans le commerce du bois. En l'absence d'accord de partenariat volontaire (APV) avec un pays producteur, il revient à

l'importateur de faire preuve de « diligence raisonnée » et de prouver que son bois est bien légal. Un certificat de légalité attribué par un auditeur indépendant facilite le processus.

Plusieurs bureaux de certification délivrent de tels certificats, les plus connus en Afrique centrale étant Véritas, Rainforest Alliance, SGS. Chaque bureau possède son propre référentiel : OLB (Origine et Légalité des Bois pour Véritas), VLC/O (Verification of Legal Origin/Compliance pour Rainforest Alliance), TLTV (Timber Legality & Traceability Verification pour SGS, mais dont le dernier certificat en Afrique Centrale a expiré fin 2015) ([www.atibt.org](http://www.atibt.org))

## **b. Les certifications de durabilité**

Deux grands systèmes internationaux visent à promouvoir le bois issu d'une gestion durable : le PEFC et le FSC.

Le PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes) est le système mondialement le plus présent avec 93 773 034 hectares certifiés ([www.pefc.org](http://www.pefc.org)). En Afrique centrale, seul le Gabon dispose d'un référentiel validé par le PEFC international. Toutefois, aucune concession n'est à ce jour certifiée PEFC.

Le système promu par le FSC (Forest Stewardship Council) couvre quant à lui une surface totale de 199 089 868 hectares, dont 5 6519 860 hectares dans le Bassin du Congo ([www.ic.fsc.org](http://www.ic.fsc.org)). Le référentiel repose sur 10 principes :

- i. Respect des lois ;
- ii. Droit des travailleurs et conditions de travail ;
- iii. Droit des populations locales ;
- iv. Relations avec les communautés ;
- v. Bénéfices ;
- vi. Impacts et valeur environnementale ;
- vii. Plan de gestion ;
- viii. Suivi et bilan ;
- ix. Haute valeur de conservation ;
- x. Mise en œuvre et activités liées à la gestion.

Considéré comme le label le plus exigeant ([www.wwf.fr](http://www.wwf.fr)) cette certification va au-delà de la bonne mise en œuvre des plans d'aménagements et requiert des mesures complémentaires, notamment en termes d'identification des hautes valeurs de conservation.

## **c. Forêts à Haute Valeur de Conservation et Haute Valeur de Conservation**

Introduit en 1999 sur base du Principe 9 du FSC, le concept de Forêts à Hautes Valeurs de Conservation (FHVC) avait pour but d'identifier et de gérer les valeurs sociales et environnementales présentes dans un paysage de production. Ce concept s'applique à



tous types de forêts, qu'elles soient intactes ou morcelées car cette appellation repose uniquement sur la présence de haute valeur de conservation (Brown *et al.*, 2013). Le FSC (2000) établit six définitions pour les HVC :

i. HVC 1 Diversité spécifique

« *Concentration de diversité biologique, y compris les espèces endémiques et les espèces rares, menacées ou en voie de disparition, importantes au niveau mondial, régional ou national* » (FSC, 2012a).

Quatre composantes peuvent être intégrée dans les HVC 1 selon PROFOREST (2003).

- Aires protégées
- Espèces menacées ou en danger
- Espèces endémiques
- Lieux de concentration saisonnière d'espèces.

Jouant un rôle clé dans la conservation de la biodiversité, les aires protégées se retrouvent naturellement dans la première définition des Hautes Valeurs de Conservation. Cependant, certaines aires protégées peuvent également être classées dans d'autres HVCs. Les aires protégées gérées (IUCN) peuvent par exemple se retrouver dans les HVC 4 – Service écosystémique.

ii. HVC 2 Ecosystèmes et mosaïques à l'échelle du paysage

« *Zones forestières abritant à l'échelon mondial, régional ou national, des forêts constituant de vastes paysages au sein de l'unité de gestion, ou constituant une unité de gestion, où les populations viables de la plupart si pas toutes les espèces naturelles vivent dans des conditions naturelles de répartition et d'abondance* » (FSC, 2012a).

Si les écosystèmes sévèrement dégradés ne peuvent évidemment pas trouver leur place dans ces HVC, il n'est toutefois pas nécessaire que la zone soit totalement vierge ou intacte pour être considérée comme HVC 2 (Brown *et al.*, 2013).

A titre d'exemple, les aires reconnues comme HVC 2 peuvent comprendre les sites Ramsar, les paysages inscrits au Programme Régional pour l'Environnement en Afrique Centrale (CARPE) ou les Paysages Forestier Intacts (PFI / IFL) (Brown *et al.*, 2013).

iii. HVC 3 Ecosystèmes et habitats rares ou menacés

« *Zone forestière qui se trouve dans des écosystèmes rares, menacés ou en voie de disparition, y compris des refuges, ou qui contiennent de tels écosystèmes et habitats.* » (FSC, 2012a ; FSC, 2015)

Afin de pouvoir définir la notion d'écosystème rare, il faut avant tout définir une échelle spatiale car un écosystème rare dans un pays ou une région du monde peut être courant dans un(e) autre. Il s'agit donc de définir une zone géographique relativement homogène d'un point de vue climatique, géomorphologique et écologique. Les dimensions de ces zones

géographiques peuvent varier en fonction des classifications du territoire, à savoir, politique, nationale, régionale ou provinciale (Brown *et al.*, 2013).

Les écosystèmes considérés dans cette catégorie de HVC peuvent être naturellement rares de par leur dépendance climatique, géomorphologique, chimique ou physique. Cependant ils peuvent également être devenu rares suite à une diminution considérable de leur superficie initiale. Les écosystèmes menacés peuvent aussi être considérés comme HVC 3. Ceux-ci peuvent être menacés suite à des interventions humaines actuelles ou programmées ou alors être déjà classés dans un système national ou international tel que la liste rouge des écosystèmes de l'UICN par exemple.

#### iv. HVC 4 Services écosystémiques

« *Zones qui fournissent des services environnementaux de base dans des conditions critiques* » (FSC, 2012a).

Les services écosystémiques sont des services environnementaux rendus par un écosystème dont bénéficie les populations humaines. Ceux-ci sont de trois types :

- Services d'approvisionnement qui assurent l'alimentation en eau, en nourriture, en énergie, etc. ;
- Services de régulation découlant entre autres des processus écosystémiques tels que la pollinisation, la régulation climatique etc. (Daïnou *et al.*, 2016) ;
- Services culturels représentant les bénéfices immatériels que l'homme peut tirer des écosystèmes.

Parallèlement à ces trois catégories, un quatrième type de service a été mis en évidence par le MEA (2005). Celui-ci sert d'appui aux trois autres. Il s'agit donc d'un service de soutien qui reprend la formation des sols ou encore le cycle de nutriments.

Les HVC 4 reprennent l'ensemble de ces services pour autant qu'ils se trouvent en situations critiques (Brown *et al.*, 2013) alors que les HVC5 traitent des services d'approvisionnement et les HVC 6 des services culturels (Daïnou *et al.*, 2016). Un service écosystémique est considéré en situation critique lorsque les dommages ou les pertes qu'il a subi portent atteinte aux bénéficiaires de ce service ou dans les cas où il n'y aurait pas d'alternative viable à la problématique. Les dommages peuvent être perçus directement ou périodiquement.

Cette catégorie de HVC peut elle-même être subdivisée en 3 catégories.

- Les zones critiques à l'échelle pour un bassin versant ;
- Les zones critiques pour les zones d'érosion ;
- Les zones faisant office de protection contre les feux de forêts.

Une zone peut être considérée comme HVC 4 à partir du moment où elle protège un service écosystémique d'une situation critique (Brown *et al.*, 2013). La canopée et le système racinaire des forêts denses humides situées en région tropicale protègent naturellement

le système hydrographique ainsi que les sols en limitant les risques d'érosion (Daïnou *et al.*, 2016).

v. HVC 5 Besoin des communautés

« *Zones et ressources fournissant les produits nécessaires à la satisfaction des besoins élémentaires des communautés locales* » (FSC, 2012a ; FSC, 2015).

Il s'agit ici des zones fournissant les ressources nécessaires aux communautés locales. Ces communautés dépendent grandement de ces ressources et ne pourraient s'en passer. Elles doivent être irremplaçables et leur disparition serait grandement préjudiciable (Brown *et al.*, 2013). Ces ressources doivent donc être déterminées avec l'aide des parties prenantes car ce sont elles qui sont au cœur de la problématique. En plus de cela, leurs traditions et leurs utilisations des ressources peuvent avoir des conséquences sur d'autres HVC telles que les HVC 1 par exemple. Il est donc primordial de les intégrer au processus d'identification des HVC potentielles afin de garantir le caractère durable des activités. L'approche participative, basée sur des échanges avec les populations vivant au sein de l'UFA ainsi qu'avec les populations situées à proximité, prend alors tout son sens (Daïnou *et al.* 2016). Il s'agit d'arriver à un Consentement Libre, Informé et Préalable (CLIP), de façon à obtenir l'accord des communautés locales sur les modalités d'exploitation durable de l'UFA.

Toutefois, Brown *et al.* (2013) soulignent le fait que, suite à leur impact négatif sur le couvert forestier, l'agriculture de subsistance n'entre pas en ligne de compte dans le concept des HVCs. Or cette agriculture pratiquée par les populations locales constitue une ressource essentielle.

L'intensité ainsi que la durée d'utilisation des ressources sont également de bons indicateurs de l'importance qu'accordent les communautés locales à ces ressources (Brown *et al.*, 2013).

vi. HVC 6 Valeurs culturelles

« *Site, ressources, habitats et paysages d'intérêt culturel, archéologique ou historique significatifs à l'échelle nationale ou globale et/ou d'importance culturelle, économique, écologique, religieuse ou sacrée pour les communautés locales, identifiés en association avec ces communautés et peuplement autochtones* » (FSC, 2012a ; FSC, 2015).

Traitant des valeurs culturelles, la HVC 6 a la particularité de pouvoir être perçue aux échelles nationale et internationale. Elle ne concerne donc plus uniquement les communautés locales contrairement aux autres HVCs (Brown *et al.*, 2013). Elles sont d'ailleurs généralement reconnues pour leur importance, historique, religieuse ou spirituelle. Les paysages culturels de l'UNESCO en sont un parfait exemple. A l'échelle locale, ce sont les sites historiques, religieux et spirituels qui sont visés. Ceux-ci sont d'une importance primordiale pour les peuples autochtones (Daïnou *et al.*, 2016).

### 2.1.7 Les Paysages Forestiers Intacts (PFI) – Intact Forest Landscapes (IFL)

Introduit par l'ONG environnementale « Greenpeace » en 2000, les paysages forestiers intacts ont pour but d'identifier des zones de forêt ne présentant pas de signes significatifs de fragmentation ni d'activités humaines (Potapov *et al.*, 2008). L'identification de ces zones se fait par télédétection spatiale à échelle mondiale sur base des perturbations anthropiques. En effet, l'approche cartographique des IFLs repose sur une logique inverse dont le but est d'identifier les zones forestières intactes comme étant celles dépourvues d'activités humaines. Sont donc exclues toutes les zones présentant des établissements humains ou des infrastructures de transport ainsi que les zones d'activité industrielle ayant eu lieu ces 30 à 70 dernières années. Une zone tampon de 1 km a par ailleurs été mise en place autour de ces composantes anthropiques afin de s'assurer que l'entièreté de la perturbation ait bien été prise en compte. En plus de ces caractères d'exclusion, pour faire partie d'une IFL, la zone forestière doit encore répondre à différentes caractéristiques (Figure 1) :

- Superficie minimale de 500 km<sup>2</sup> ;
- Largeur minimum à l'endroit le plus large supérieure à 10km ;
- Largeur minimale à l'endroit le moins large de 2km.

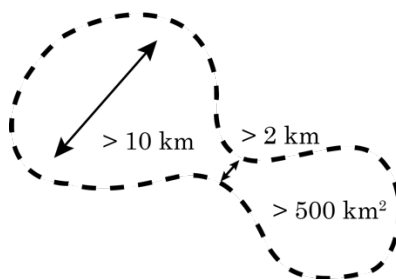


Figure 1 Dimensionnement d'une zone IFL

Selon Yaroshenko *et al.* (2001), la taille des zones naturelles représente un critère important pour la préservation de la biodiversité. La surface minimum des IFLs a été établie sur base de la taille minimum nécessaire à la survie d'espèces emblématiques. Toutefois, les travaux d'origine se focalisant sur les forêts boréales, ce sont les domaines vitaux des ours et lynx qui ont été pris en compte (Potapov *et al.*, 2008 ; Yarashenko *et al.*, 2001).

La majorité des IFLs se retrouvent dans deux grands biomes essentiels en matière de stockage de carbone, de refuge pour la biodiversité, de régulation des régimes hydriques ainsi que pour d'autres services écosystémiques ; les forêts tropicales et les forêts boréales. Bien que les IFLs ne couvrent que 20% des forêts tropicales, elles participeraient à hauteur de 40% au stockage de carbone des régions tropicales. Depuis les années 2000, la surface des paysages forestiers intacts a diminué de 7,2% ([www.intactforest.org](http://www.intactforest.org)) suite à l'exploitation industrielle du bois, à la mise en place d'exploitations minières et à l'extension des pratiques agricoles (Potapov *et al.*, 2017).

La méthode IFL représente une approche pratique, rapide et rentable pour évaluer le caractère intact, l'altération et la dégradation des forêts aux échelles mondiales et régionales. Elle peut être considérée comme un outils pour l'aide à la gestion forestière à l'échelle du paysage (Haurez, 2016).

Deux séries d'images satellitaires ont été utilisées pour définir les IFLs. Le premier jeu de données date de 1990 alors que le second date de 2000. En plus de mettre en évidence les perturbations les plus récentes, la comparaison des images de 1990 et de 2000 a également permis repérer des perturbations qui auraient eu lieu entre 1990 et 2000 et qui seraient devenues moins perceptibles avec le temps. En effet, les forêts en milieu tropicale ont une résilience nettement supérieure par rapport aux forêts boréales ou tempérées. Selon Kleinschroth *et al.*, (2015 et 2016), une route d'exploitation secondaire ne pourrait d'ailleurs déjà plus être détectée au bout de 20 ans. De plus, l'analyse satellitaire du territoire ne permet pas de prendre en compte le contexte local or celui-ci est primordial pour définir un mode de gestion pour protéger les IFLs. En effet, même s'il existe une relation entre l'analyse globale et régionale, la mise en œuvre d'un plan de gestion se fait toujours à échelle nationale ou locale (Woolmer *et al.*, 2008). De plus, l'analyse satellitaire ne permet pas non plus de détecter tous les types de perturbations (Laurance *et al.*, 2012). En effet, en ne se basant que sur le caractère intact de la canopée, ce concept ne prend donc pas non plus en compte l'impact anthropique sur les communautés animales telles que la chasse par exemple (Abernethy *et al.*, 2013). On peut donc considérer que l'identification des IFLs a tendance à surestimer le caractère réellement intact des écosystèmes (Laestadius *et al.*, 2011).

Considérée comme un type de forêt à Haute Valeur de Conservation (HVC), les IFLs seraient prisent en compte dans les HVC 2. En 2014, l'assemblée générale du FSC a adopté la Motion 65, initialement proposée par Greenpeace, qui oblige les détenteurs de certificats FSC à prendre des mesures de protection pour les IFLs situées dans des Unités de Gestion Forestière. Il peut s'agir de mesures de mise en défend, de mises en place d'aires de conservation ou de zones protégées indigènes (Rodrigues *et al.*, 2014). Cette motion insiste aussi sur le fait que si ces mesures de protection n'ont pas été prises avant la fin 2016<sup>1</sup>, un indicateur par défaut sera appliqué. Celui-ci exigera la protection d'au moins 80% de la superficie de l'IFL présente dans la concession forestière.

Depuis septembre 2014, lors de la première approbation de la motion 65, les zones IFLs tolèrent l'exploitation forestière pour autant que celle-ci n'impacte pas plus de 20% de la zone et ne réduit pas sa surface à moins 500 km<sup>2</sup>.

L'adoption de cette motion a provoqué un véritable tollé parmi les sociétés certifiées qui sont déjà dans l'obligation de protéger 10 % de leur concession. Les Etats ont également protesté au nom de leur souveraineté (Haurez *et al.*, 2017). En conséquence, afin d'adapter le concept aux réalités des pays concernés, des groupes de travail ont été constitués<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Cette décision a finalement été reportée à fin 2017 suite à la demande des sociétés certifiées FSC.

<sup>2</sup> <https://africa.fsc.org/fr-cd/actualits/congo-basin-updates/id/110>

### 3 Objectifs et méthodologie

#### 3.1 Objectifs

La présente étude a pour but d'alimenter les discussions internationales sur les IFLs en comparant la biodiversité entre les principales affectations des forêts denses humides (concessions forestières, aires protégées, zones non affectées), situées au sein et en dehors des IFLs.

L'Afrique centrale a été choisie comme zone d'étude suite à l'importance économique qu'occupe l'exploitation industrielle de bois d'œuvre en forêts naturelles (Potapov *et al.* 2017) ainsi que pour les importantes surfaces certifiées par le label FSC et les nombreuses zones IFLs déjà présentes.

#### 3.2 Zone d'étude

L'Afrique centrale comprend 10 pays pour une superficie totale de 5.300.470 km<sup>2</sup> et abrite une population de plus ou moins 150 millions d'habitants. Cette région peut elle-même être subdivisée en cinq grands bassins hydrographiques : le Bassin du Congo, le Bassin du Lac du Tchad, le Bassin du Niger, le Bassin du Nil et les fleuves côtiers du Golfe de Guinée (Figure 2).

Le Bassin du Congo, avec une superficie de 3 600 000 km<sup>2</sup>, constitue le plus grand bassin hydrographique d'Afrique et contribue à fournir près de 30% des ressources en eau du continent (observatoire-comifac.net).



Figure 2 Grands bassins hydrographiques d'Afrique centrale. Source : WRI – OFAC. En vert, le Bassin du Congo, en mauve le Bassin du Tchad, en rouge, le Bassin du Niger et les Fleuves côtiers du golfe de Guinée en brun et gris.

Les forêts denses représentent la plus grande occupation du sol et couvrent jusqu'à 90% du territoire d'Afrique centrale (Figure 3) (Megevand *et al.*, 2013).

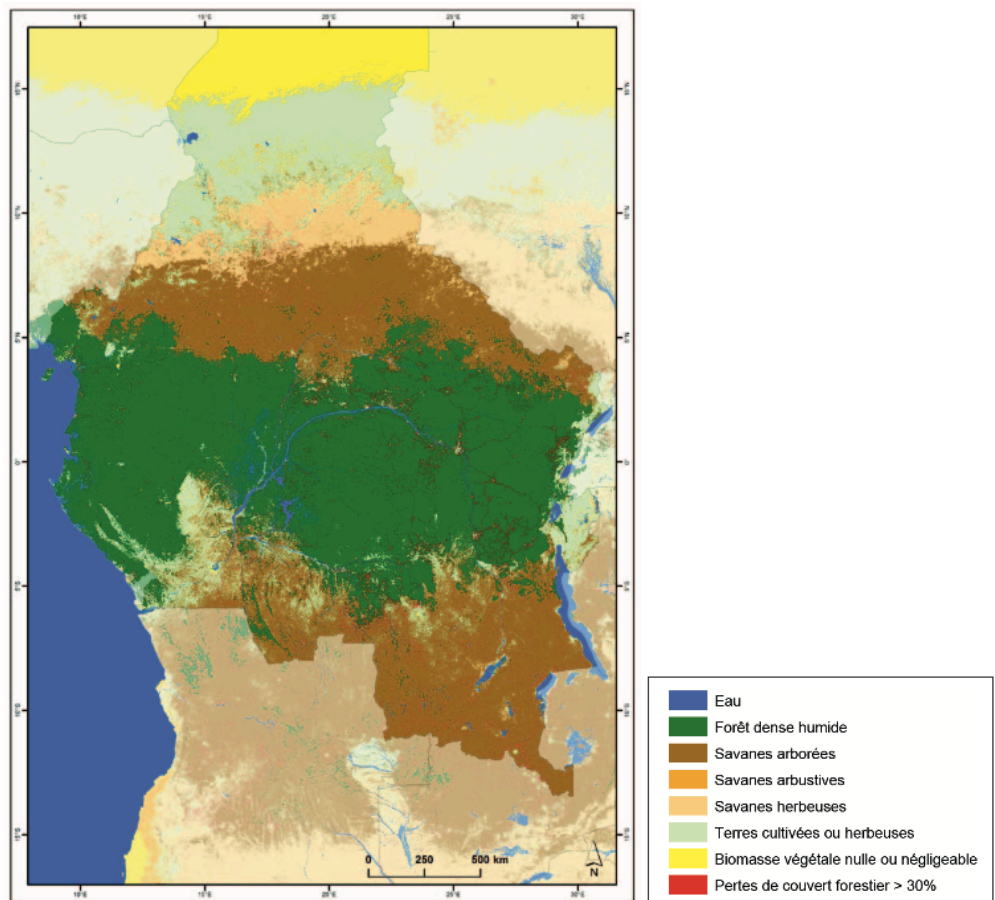


Figure 3 Couverture forestière du Bassin du Congo

Sources : Hansen *et al.*, 2013 ; Marquant *et al.*, 2015

### 3.3 Données utilisées

L'ensemble des données et cartes utilisées dans l'analyse sont le fruit d'une recherche préalable sur internet. Certaines d'entre elles ont pu être exploitées directement alors que d'autres ont nécessité certaines adaptations. Nous avons retenu, les informations suivantes :

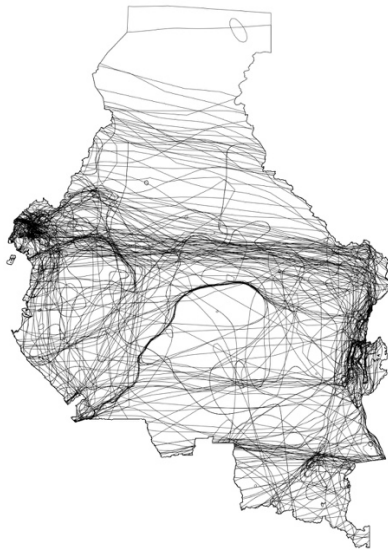
- Aire de répartition des espèces de mammifères (IUCN, 2014) ;
- Aire de répartition des espèces d'amphibiens (IUCN, 2014) ;
- Aire de répartition des espèces de reptiles (IUCN, 2014) ;
- Pression de chasse (Ziegler *et al.*, 2016) ;
- Empreinte humaine (Sanderson, 2002) ;
- Couvert forestier (Hansen *et al.*, 2013) ;
- Les grandes zones chorologiques d'Afrique centrale (White, 1979) ;
- Différentes modalités de gestions :
  - OLB et TLTV (OFAC, 2016)
  - FSC (OFAC, 2016)
  - IFL (Potapov *et al.*, 2008)
  - Concessions (OFAC, 2016)

- Aires protégées (OFAC, 2016)

Les données cartographiques n'étant pas disponible pour toutes les modalités de gestions, les forêts communautaires n'ont pu être incluses dans l'analyse.

### 3.3.1 Richesse spécifique

La réalisation de la carte de la richesse spécifique potentielle en mammifères, reptiles et amphibiens s'est faite sur base des aires de répartitions des espèces disponibles sur le site internet de l'IUCN (Figure 4).



*Figure 4 Aire de répartition des espèces d'amphibiens*

Les aires de répartitions des espèces à travers le monde sont représentées à l'aide de polygones qui sont eux-mêmes représentés par la multitude de traits sur la Figure 4. Ceux-ci correspondent aux zones géographiques où les conditions environnementales nécessaires à la vie et au développement d'une espèce sont réunies. Chaque espèce possède donc sa propre aire de répartition même si ces aires peuvent se chevaucher, voir se superposer (Figure 5).



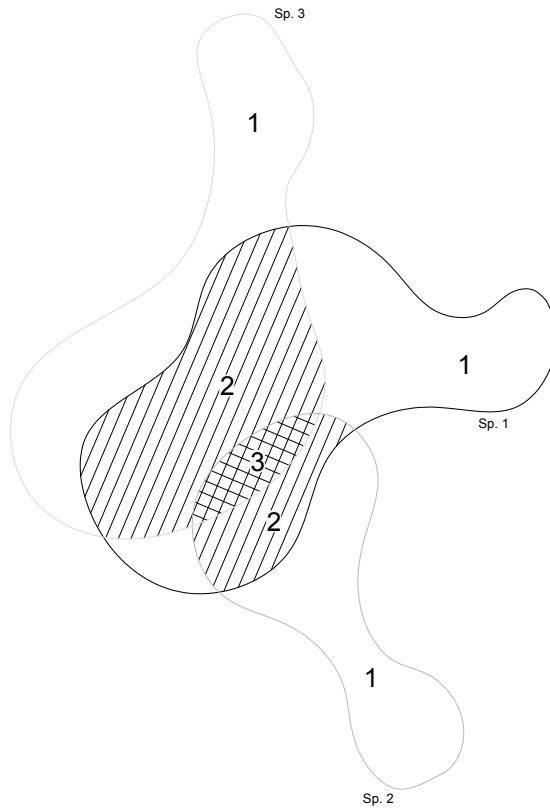


Figure 5 Exemple d'aires de répartition de plusieurs espèces se juxtaposant

Plus ces aires se recouvriront, plus il y aura un nombre important d'espèces en un même endroit (Figure 5 et Figure 6).

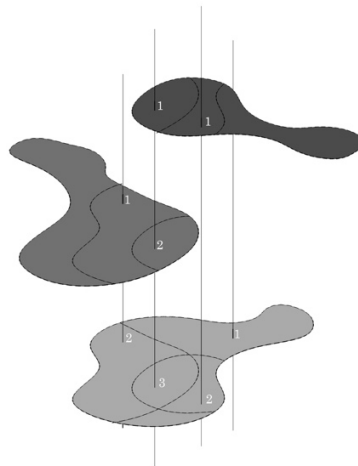


Figure 6 Décomposition de la répartition spatiale de plusieurs espèces.

Sur base de ce principe il est possible de réaliser une carte représentant la richesse spécifique en comptabilisant le nombre de couches présentes par unité de surface, ici des pixels de 1 km<sup>2</sup>. Pour réaliser de telles cartes, nous avons, avec l'aide du programme R comptabilisé, le nombre d'aires de répartition d'espèces présents par kilomètre carré. Il

s'agit donc ici d'un nombre d'espèce potentiel d'espèces et non d'un nombre d'espèce directement observé dans une zone donnée.

### 3.3.2 Pression de chasse

Basée sur le nombre de carcasses et d'espèces chassées dans les différents sites d'études à l'échelle de l'Afrique centrale, l'étude de Ziegler *et al.* (2016) a pour but de développer une carte illustrant l'intensité de l'extraction de la viande sauvage en Afrique centrale. L'étude se concentre principalement sur les mammifères forestiers car Fa *et al.* (2005) considèrent que ce sont eux qui apportent la plus grande proportion en termes de nombre d'espèces et de biomasse. En effet, ceux-ci constituent la plus grande source de protéines de viande de brousse de toute l'Afrique. De plus, Fa *et al.* (2006) montrent qu'au Nigéria et au Cameroun, sur 1000 carcasses commercialisées sur 100 sites, 99% étaient des mammifères.

Les données retenues de Ziegler *et al.* (2016) ont été recueillies sur base d'observations ou d'entrevues avec les acteurs locaux. Celles-ci concernent le nombre d'animaux et d'espèces chassés ou vendus pendant une période déterminée. Ainsi, le nombre total d'animaux de chaque espèce chassée par an et la biomasse annuelle totale (en kg) ont permis de déterminer le prélèvement annuel de chaque site. Ces deux variables ont été introduites comme variables dépendantes dans l'analyse et afin de réduire l'influence de la taille des zones de chasse, la biomasse annuelle a été recalculée pour obtenir des valeurs par km<sup>2</sup> et non plus par site.

En plus de ces deux variables, quatre variables environnementales ont également été utilisées. Chacune d'elle a été normalisée à une résolution de 1 km<sup>2</sup> (Ziegler *et al.*, 2016) (Figure 7).

- i. Densité de population humaine (Balk et Yetman 2004) ;
- ii. Accessibilité aux marchés pour les chasseurs, cette accessibilité est définie comme la distance euclidienne<sup>3</sup> en kilomètre entre les sites d'études (CARPE 2013) et les marchés potentiels de viande de brousse. Ces marchés potentiels sont définis comme des établissements humains avec plus de 10 000 habitants (Balk et Yetman, 2004) ;
- iii. Distance entre la zone de chasse et la zone protégée la plus proche (UNEP-WCMC, 2012);
- iv. Densité de route. Celle-ci est définie comme la distance avec la route la plus proche.

Pour la réalisation de la carte illustrant la pression de chasse, les quatre variables environnementales ont été utilisées selon un modèle de régression linéaire analysant : (i) l'extraction annuel en fonction de la densité en route et la distance vis à vis des zones protégées ; et (ii) la richesse en espèces en fonction de la densité des routes et de la densité de population humaine. La valeur de chaque pixel de la carte, a donc été calculée sur base de ces deux valeurs. Les classes potentielles de pression de chasse ont été définies en

---

<sup>3</sup> Distance la plus courte entre deux points.

fonction de la médiane des deux variables. La médiane pour l'extraction annuelle totale est de 156 kg/km<sup>2</sup> et la médiane pour le nombre d'espèces chassées est de 16. En fonction de cela, 4 classes ont pu être définies :

- i. Faible pression de chasse qui correspond à une extraction annuelle inférieure à 156 kg/km<sup>2</sup> et un nombre d'espèces chassées inférieur à 16 ;
- ii. Pression de chasse modérée qui correspond à une extraction annuelle supérieure à 156 kg/km<sup>2</sup> et un nombre d'espèces chassées inférieur à 16 ;
- iii. Pression de chasse élevée qui correspond à une extraction annuelle inférieure à 156 kg/km<sup>2</sup> et un nombre d'espèces chassées supérieur à 16 ;
- iv. Pression de chasse élevée qui correspond à une extraction annuelle supérieure à 156 kg/km<sup>2</sup> et un nombre d'espèces chassées supérieur à 16.

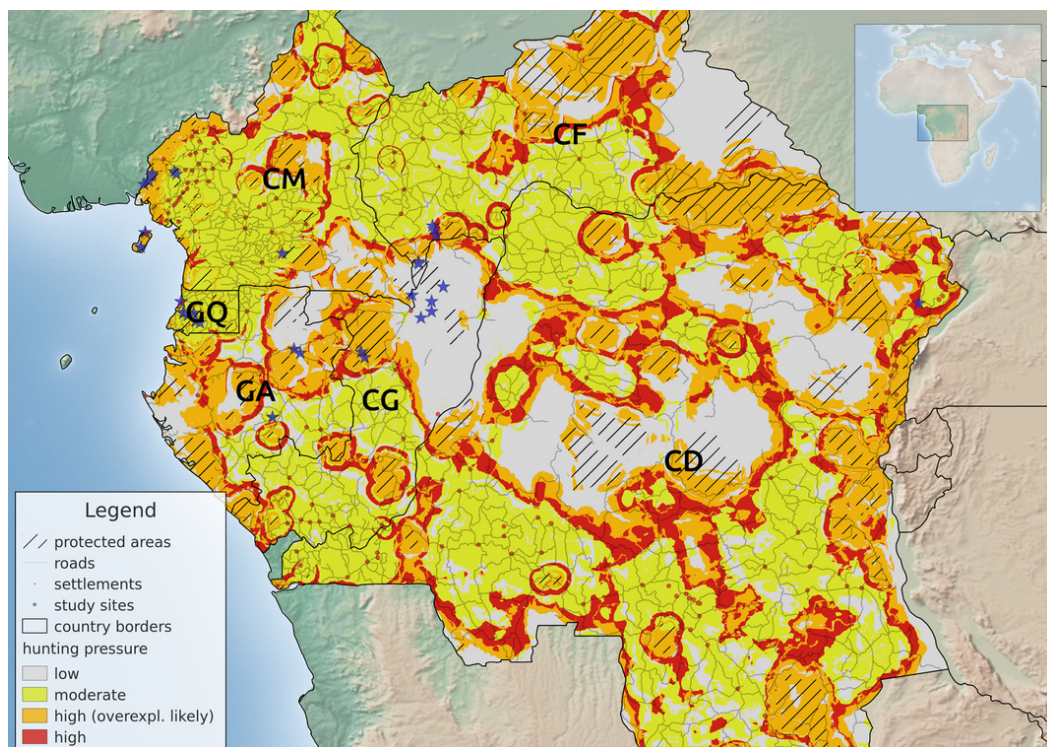


Figure 7 Carte de la prévision spatiale de la pression de chasse (Ziegler et al., 2016). Gris : zones présentant un faible risque ; jaune : zone à risque modéré ; orange : zones à haut risque (surexploitation probable) ; rouge : zones à haut risque. CD : République Démocratique du Congo ; CG : République du Congo ; CM : Cameroun ; CF : République Centrafricaine ; GA : Gabon ; GQ : Guinée équatoriale.

### 3.3.3 Empreinte humaine

La carte de Sanderson *et al.* (2002) représente l'empreinte écologique d'une population humaine et son intensité. Cette carte a été établie sur base de données caractérisant 4 variables d'influence humaine telles que la densité de population, l'accessibilité, la puissance des infrastructures électriques et le changement d'occupation du sol.

- Densité de population

Selon *Cincotta et Engelman (2000)*, la densité de population est généralement en corrélation direct avec le déclin des espèces et des écosystèmes. Plus la densité sera élevée, plus l'impact sur l'environnement le sera aussi. L'importance de cet impact ne dépend pas seulement de la densité mais également de la nature des interactions entre les populations et leur environnement.

- Accessibilité

Le réseau de communication constitue une des principales menaces pour la flore et la faune sauvage. En effet, l'accès aux ressources par la route ainsi que par la rivière rend son exploitation et l'ouverture à la chasse possibles, tout en induisant également d'autres nuisances telles que l'apparition de pollution et de déchets (*Gucinski et al., 2001*).

*Sanderson et al. (2002)* ont mesuré l'accès suivant une estimation de la distance qu'une personne pourrait parcourir en un jour en fonction de la difficulté d'accès de l'écosystème considéré. Cette distance a été estimée à 15 kilomètres en forêt tropicales humides (*Wilkie et al., 2000*). Suite à cette estimation, un score a été établi et les zones situées entre 2 et 15 kilomètres d'une route, d'une rivière ou d'une côte ont été qualifiées par une influence humaine moyenne. Au-delà de 15 kilomètres, l'influence est considérée comme faible alors en dessous de 2km celle-ci est considérée comme élevée.

Cette définition de l'accessibilité a été largement simplifiée car de nombreux éléments n'entrent pas en ligne de compte. La sélection des rivières dans cette étude ne tient pas compte des chutes d'eau ou encore des barrages par exemple. De plus, seules les rivières ayant un accès à la mer ainsi qu'une taille suffisante pour être représentées sous forme de polygones dans un logiciel SIG ont été sélectionnées alors que chaque rivière navigable en pirogue peut être considérée comme un accès potentiel.

- Puissance des infrastructures électriques

La puissance électrique produite ainsi que la consommation en énergie fossile sont d'excellents indicateurs du degré de développement d'une zone (*Elvidge et al., 1997a*). Associé à la télédétection spatiale, un score allant de 0 à 10 a été assigné en fonction de la visibilité nocturne. 0 étant les zones où aucune lumière n'est perceptible et 10 quand la lumière visible est présente plus de 89% de la nuit.

- Changement d'occupation du sol

Considéré comme la plus grande menace pour la diversité biologique, le changement d'occupation du sol induit une perte ainsi que la fragmentation de l'habitat dans différents types d'écosystèmes. En plus de cela, le changement d'occupation du sol induit également des perturbations plus globales influençant les processus écosystémiques ainsi que la qualité de l'habitat (*Forman, 1995*). Le changement d'occupation du sol inclut également la présence de voies de communication. Celles-ci sont en corrélation directe avec le changement de composition des populations d'espèces. Lors de l'attribution des scores, un « buffer » ou zone tampon de 2 kilomètres a donc été réalisé autour des routes et chemins

de fer afin de s'assurer que ceux-ci aient bien été pris en compte. Ceux-ci se sont vu attribué une valeur de 8 sur 10 alors que les zones construites se sont vu attribuer le score maximal de 10.

Lors de la réalisation de la carte de l'empreinte humaine, chacun des scores a été additionné de façon à obtenir un pourcentage d'influence humaine pour chaque biome<sup>4</sup> à l'échelle mondiale (Figure 8). Le résultat de 1% pour les forêts denses humides d'Afrique centrale n'a donc pas la même valeur que le résultat de 1% dans les forêts de feuillus nord-américaine. Cela signifie simplement qu'il s'agit du secteur subissant le moins l'influence humaine au sein du biome.

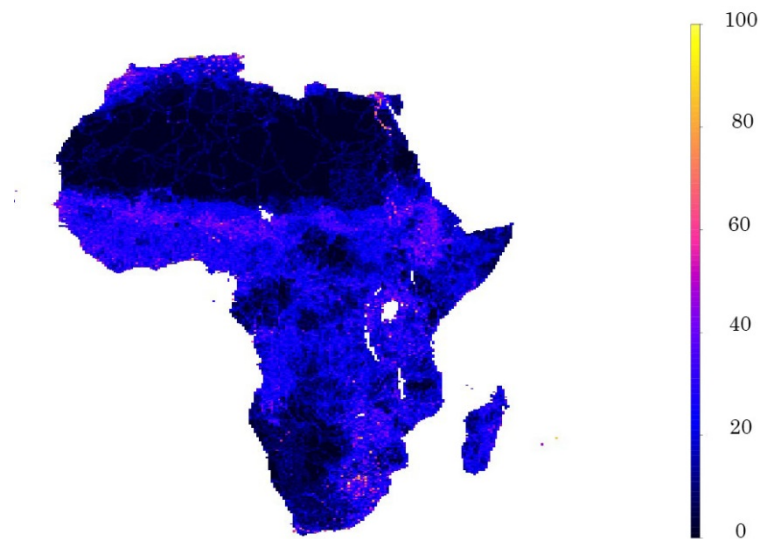


Figure 8 Carte de l'empreinte humaine en Afrique (Sanderson et al., 2002)

---

<sup>4</sup> « Un biome est une vaste région biogéographique s'étendant sous un même climat. » Larousse.

### 3.3.4 Couvert forestier

Réalisée à l'échelle mondiale (Figure 9), la carte du couvert forestier a été définie par Hansen *et al.* (2013) sur base du pourcentage de couvert arboré pour toute végétation atteignant une hauteur supérieure à 5 mètres avec une résolution spatiale de 30 mètres.

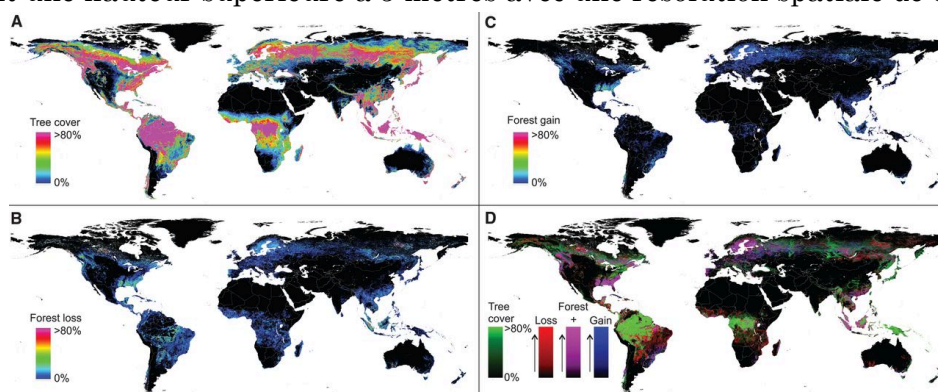


Figure 9 Carte du couvert forestier (A), de la perte (B) ainsi que du gain (C) de forêt à l'échelle du monde (Hansen *et al.*, 2013)

En vue de se focaliser uniquement sur les forêts denses humides, la carte classification chorologique de White (1979) a été considérée (Figure 10). Il s'agit d'une carte de répartition des espèces qui subdivise l'Afrique en quatre régions possédant une composition floristique relativement uniforme, la phytochorie. Ces quatre types fondamentaux de phytochorie se présentent comme suit : les centres régionaux d'endémisme, les centres morcelés d'endémisme, les centres morcelés d'endémisme d'appauvrissement floristique extrême et les zones de transitions et mosaïques régionales. Tel qu'il a été défini par White (1979), un centre régional d'endémisme est une phytochorie possédant plus de 50% d'espèces endémiques et un total de plus de 1000 espèces endémiques.

Trois centres régionaux endémiques couvrent le territoire d'Afrique central, le centre régional endémique soudanien (III), le centre endémique guinéo-congolais et le centre endémique zambézien (II), cependant, seul le centre endémique guinéo-congolais (I) est concerné par de la forêt dense humide. En effet, la canopée des forêts situées dans le centre endémique guinéo-congolais culmine généralement à une hauteur supérieure à 30 mètres et trois types de forêts y sont repris, les forêts ombrophiles humide, les forêts ombrophiles sèches et les forêts ombrophiles de transitions (White, 1983).

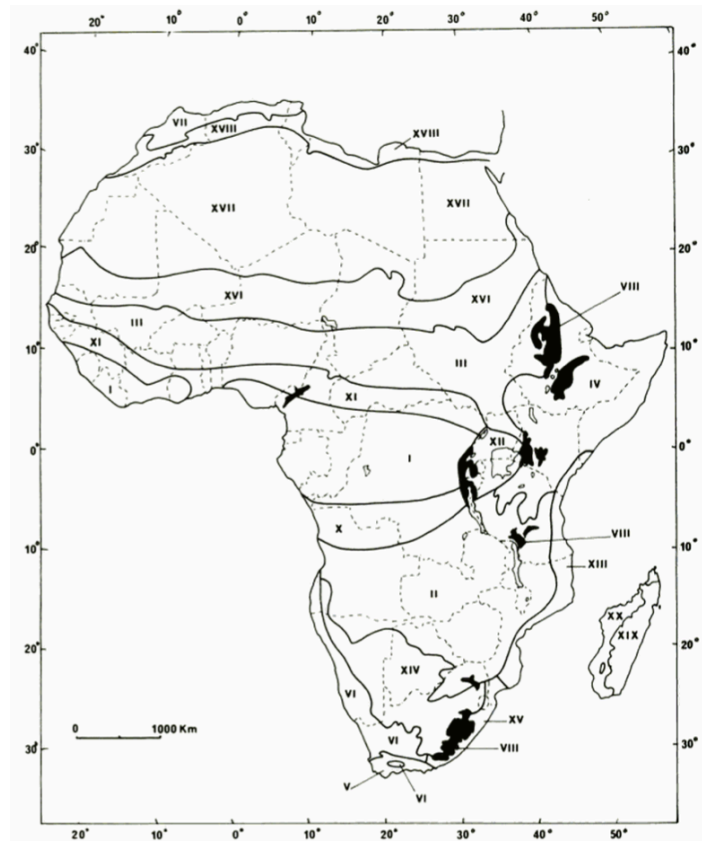


Figure 10 Carte des principales phytochories d'Afrique (White, 1979).

I. Centre régional d'endémisme guinéo-congolais. II. Centre régional d'endémisme zambézien. III. Centre régional d'endémisme soudanien. IV. Centre régional d'endémisme de Somalie et du pays Masai. V. Centre régional d'endémisme du Cap. VI. Centre régional d'endémisme du Karoo-Namib. VII. Centre régional d'endémisme méditerranéen. VIII. Centre régional d'endémisme morcelé afro montagnard. IX. Centre morcelé d'appauvrissement floristique extrême afro alpin. X. Zone de transition régionale guinéo-congolaise / zambézienne. XI. Zone de transition régionale guinéo-congolaise / soudanienne. XII. Mosaïque régionale du lac Victoria. XIII. Zone de transition régionale méditerranéo-saharienne. XIX. Centre régional d'endémisme malgache oriental. XX. Centre régional d'endémisme malgache occidental.

L'utilisation simultanée des deux cartes (White et Hansen et al.) permet d'associer des données obtenues par télédétection spatiale ainsi que des données floristiques. Les données floristiques apportent des informations quant à la composition de la végétation alors que la télédétection spatiale permet d'exclure les zones caractérisées par une absence de couvert forestier telles que les zones urbanisées.



### 3.3.5 Modalités de gestions.

Les modalités de gestion ont été définie pour chaque pixel de 1 km<sup>2</sup> sur base des données disponible sur le site internet de la COMIFAC<sup>5</sup>. Ces données sont disponibles sous la forme de Shapefile et ont donc dû être transformée en Raster pour pouvoir être exploitée dans l'analyse. Pour chacune des modalités de gestions les pixels se sont vu attribué une valeur de « 1 » ou « 0 » en fonction de leur appartenance ou non à la modalité visée (Figure 11).

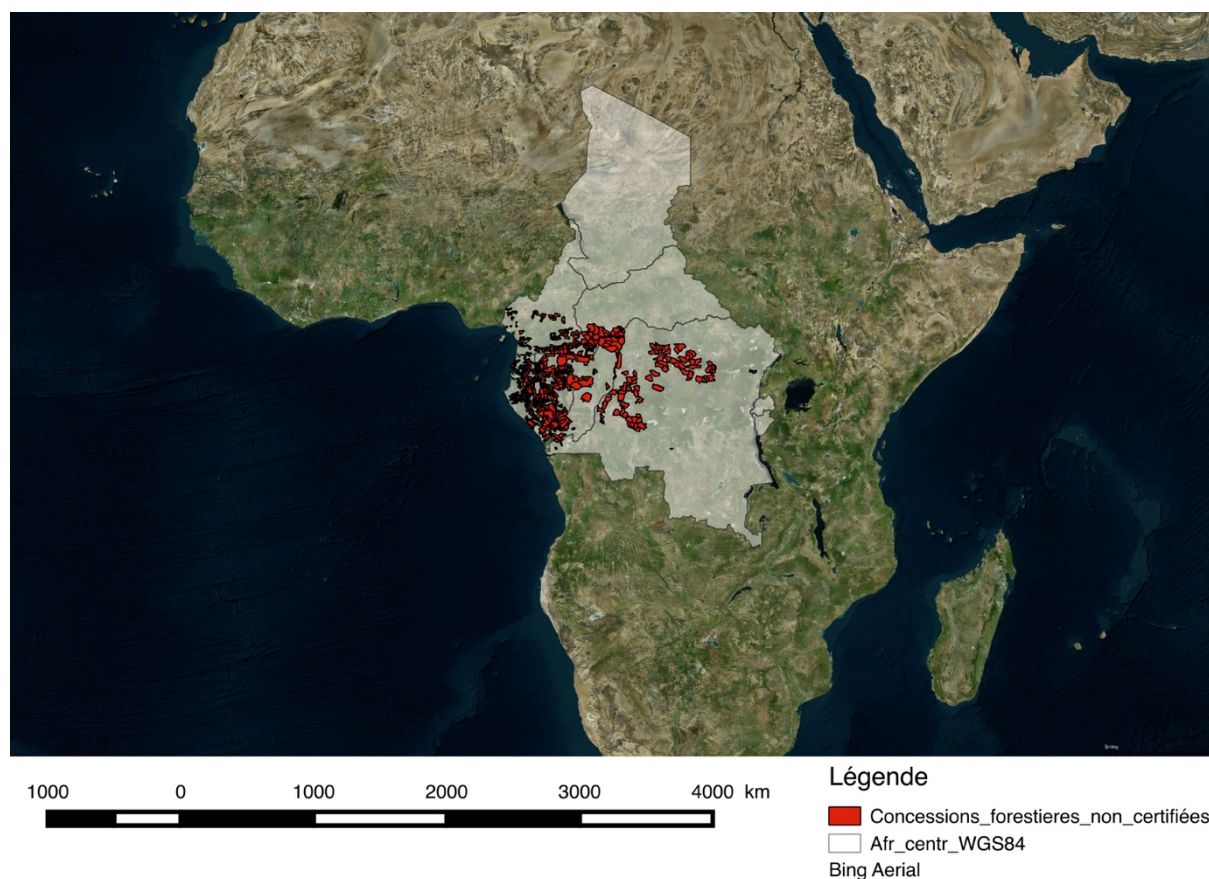


Figure 11 Carte représentant les concessions forestières non certifiées en Afrique centrale en 2008.

### 3.3.1 Les IFLs

Les données utilisées pour cartographier les IFLs proviennent du site internet *Intact Forest Landscapes*<sup>6</sup>. Ces données sont présentes sous forme de Shapefile (Figure 12) et ont donc également du être transformées en rasters pour pouvoir être intréguées à l'analyse. Les données disponibles pour le couvert forestier datant de 2000 et afin d'homogénéiser un maximum les dates des données utilisées dans l'analyse, ce sont les zones IFLs inventoriées en 2000 qui seront pris en compte.

<sup>5</sup> <http://www.observatoire-comifac.net/gisrepository/#>

<sup>6</sup> <http://www.intactforests.org/data.ifl.html>



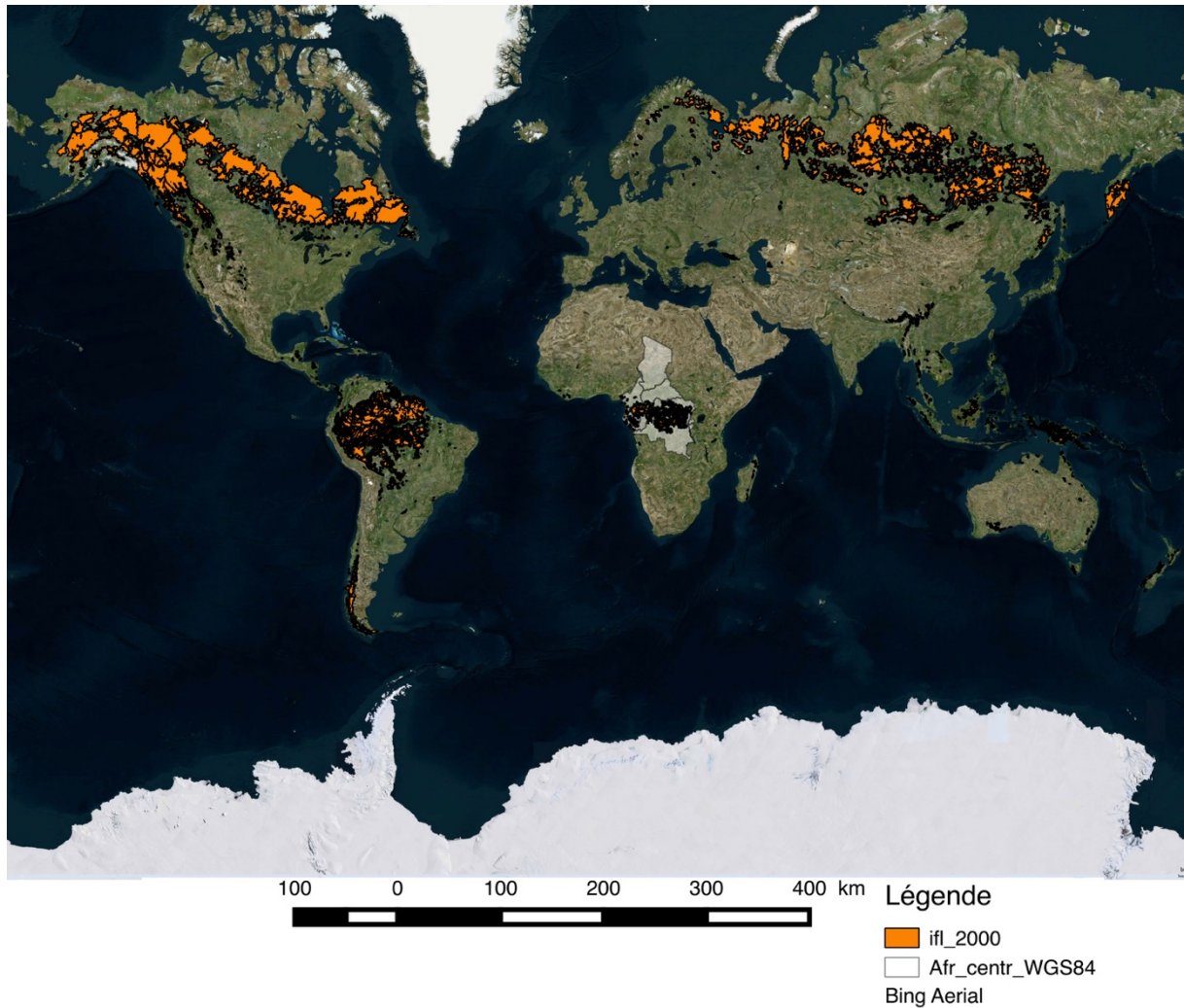


Figure 12 Carte représentant l'état des IFIs en 2000 à l'échelle mondiale.

### 3.3.2 Compilation des cartes et création du dataframe.

#### a. Compilation des rasters.

Afin de pouvoir compiler les différents rasters créés et récupérés dans les différents articles scientifiques et sites internet des différentes institutions, il a été nécessaire de s'assurer que ceux-ci se trouvaient dans le même système géodésique ainsi que la même résolution (Annexe 1).

Le système géodésique de référence choisi est le WGS 84 en raison de sa très large utilisation et de sa précision amplement suffisante pour l'exercice demandé. La résolution a été définie afin d'obtenir des pixels de la taille d'1km<sup>2</sup>, soit 1 km x 1 km.

#### b. Création du dataframe.

L'extraction des données de la compilation de rasters a donné lieu à un dataframe (ou tableau) donnant la valeur de chaque pixel présent sur la carte. Pour les cinq variables observées, les valeurs varient en fonction de l'information dispensée, il peut s'agir d'un pourcentage ou d'un indice. Dans ce cas-ci, les valeurs non-attribuées, les « NA » ont été conservées car elles ont leur importance. En effet, un pixel n'ayant pas de valeur attribuée

ne peut être considérées comme une cellule ayant la valeur « 0 ». Ces pixels sans valeur ne pouvant être utilisés lors de l'analyse seront effacés ainsi que toute la ligne à laquelle ils appartiennent.

### c. Tri du dataframe.

Afin que chaque donnée ne soit traitée qu'une seule fois, il faut s'assurer que chaque pixel n'ait été associé qu'à une seule modalité de gestion, laquelle est reprise dans une colonne spécifique (Figure 13). Le logiciel R a été utilisé pour créer la base de données.

	Couvert_forestier_30	Amphibiens	Mammiferes	Reptiles	Pression_chasse	Empreinte_humaine	Aires_protegees	Concessions	OLB	FSC	IFL	modalite
6534629	1	64	150.0000	20.00000	3.000000	17.070966	1	0	0	0	1	AP
6514964	1	64	150.0000	20.00000	3.000000	17.379518	1	0	0	0	1	AP
6601896	1	64	150.0363	19.11873	1.520504	17.729443	0	0	1	0	1	OLB
6498103	1	64	150.2638	20.00000	3.000000	17.081104	1	0	0	0	1	AP
6604689	1	64	150.2951	19.00574	1.877426	18.736731	0	0	1	0	1	OLB
6470036	1	64	150.3079	20.00000	1.000000	15.707161	1	0	0	0	1	AP
6337992	1	64	150.3578	20.00000	1.000000	17.890042	0	0	0	1	1	FSC
6593503	1	64	150.3631	18.28883	1.000000	17.298285	0	0	1	0	1	OLB
6357713	1	64	150.4650	20.00000	3.000000	13.656553	0	0	1	0	1	OLB
6354886	1	64	150.4838	20.00000	1.000000	10.860345	0	1	0	0	1	Concession
6593504	1	64	150.5298	18.28883	1.000000	17.631412	0	0	1	0	1	OLB
6590697	1	64	150.5913	18.33524	1.000000	17.974642	0	0	1	0	1	OLB
6590850	1	64	150.6702	20.00000	3.000000	10.327546	1	0	0	0	1	AP
6475644	1	64	150.7763	20.00000	3.000000	16.719674	0	1	0	0	1	Concession
6593502	1	64	150.8129	18.28883	1.000000	16.965159	0	0	1	0	1	OLB
6894029	1	64	150.8302	18.78830	1.000000	1.686082	0	1	0	0	1	Concession
6340801	1	64	150.8508	20.00000	1.000000	17.897809	0	0	0	1	1	FSC

Figure 13 Extrait du dataframe

### d. Suppression de l'autocorrélation spatiale.

L'autocorrélation spatiale est considérée comme positive quand des régions voisines tendent à avoir des propriétés semblables.

Pour supprimer cette autocorrélation spatiale un certain nombre de pixels doivent être sélectionnés aléatoirement dans chacune des modalités de gestion. Cette sélection aléatoire doit être faite en tenant compte de la modalité possédant le moins de pixels, à savoir, les concessions certifiées légale avec 25 365 valeurs (Tableau 3). Afin d'avoir suffisamment de valeur pour l'analyse tout en veillant à en sélectionner un minimum pour supprimer l'autocorrélation, 5 000 pixels ont été sélectionnés dans chacune des modalités de gestion, soit un total de 20 000 valeurs.

Tableau 3 Nombres de pixels (km<sup>2</sup>) présents dans chacune des modalités de gestion.

	Aires protégées	Concessions non certifiées	Concession certifiées légale	Concessions certifiées FSC	IFLs
Nombre de pixels	216 549	437 156	25 365	56 493	1 067 344

Dans le but de contrôler l'homogénéité des résultats, une itération a été effectuée. Dix jeux de données ont été utilisés pour l'analyse de la variance. Chacun des jeux de données

comprends 5 000 valeurs sélectionnées aléatoirement dans chacune des modalités. Un total de 200 000 pixels entre donc en ligne de compte pour l'analyse finale. Chacun des jeux de données s'est vu attribué une valeur allant de B1 à B10 afin de pouvoir faire une analyse de la variance sur l'itération.

#### e. Analyse de la variance

L'analyse de la variance (ANOVA) peut être mise en place à partir du moment où la recherche comporte deux groupes ou plus. La variable dépendante est une variable quantitative. Dans ce cas-ci, les groupes sont toujours les modalités de gestions *versus* ce qui se trouve en dehors de ces modalités de gestion. Les variables quantitatives ne sont autres que la pression de chasse, l'empreinte humaine et les richesses spécifiques.

Dans ce cas-ci, l'analyse de la variance a été effectuée selon deux critères, le premier étant les variables quantitatives et le second étant l'itération<sup>7</sup>. Dans l'idéal, une différence significative devrait être observée sur les variables quantitatives alors qu'aucune différence ne devrait être relevée pour l'itération.

Cette première analyse de la variance permet de se faire une idée globale quant à la significativité entre les variables et les modalités prises globalement.

Une analyse multiple de la variance a ensuite été effectuée selon le test de Tukey. Celui-ci se veut très conservatif et ne peut être utilisé que lorsque tous les échantillons de l'ANOVA sont de la même taille. L'analyse multiple permet d'analyser la variance entre les variables et les différentes modalités prises séparément, entre les aires protégées et les zones non définies par exemple.

Les analyses ont été effectuées dans R en utilisant les packages `aov{stats}` pour l'analyse globale et `glht{multcomp}` pour l'analyse multiple.

---

<sup>7</sup> Répétition du processus de sélection aléatoire.

## 4 Résultats

### 4.1 Le couvert forestier, les IFLs et les modalités de gestion

Les figures 14 à 19 présentent respectivement la répartition du couvert forestier, la répartition des IFLs et des modalités de gestion.

Concernant le couvert forestier, le seuil de 40 % retenu sur base du seuil de couverture utilisé par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) caractérisant les « forêts fermées », se traduit par la prise en compte des forêts claires et des savanes boisées du sud de la RDC.

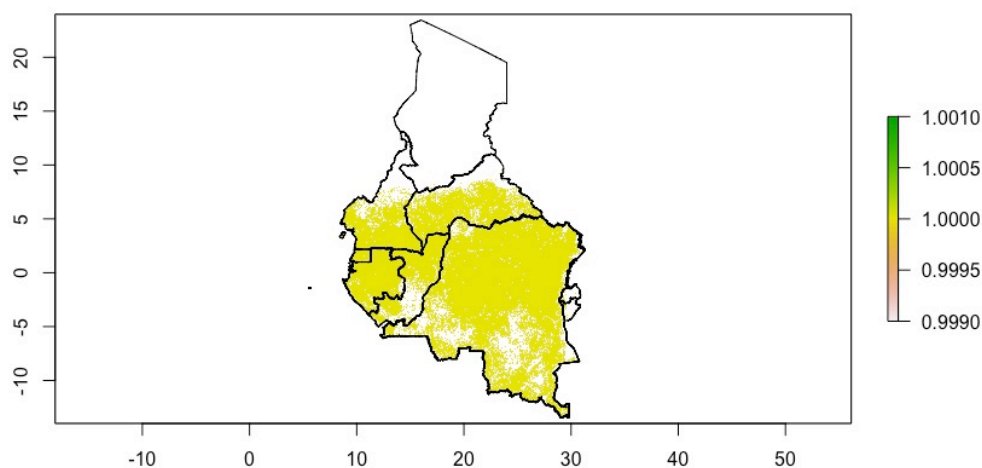


Figure 14 Couvert forestier  $\geq 40\%$  en 2000 (Hansen et al. 2013)

Afin de ne se focaliser que sur les forêts denses humides, seuls les pixels situés en région guinéo-congolaise ont été conservés (Figure 15).

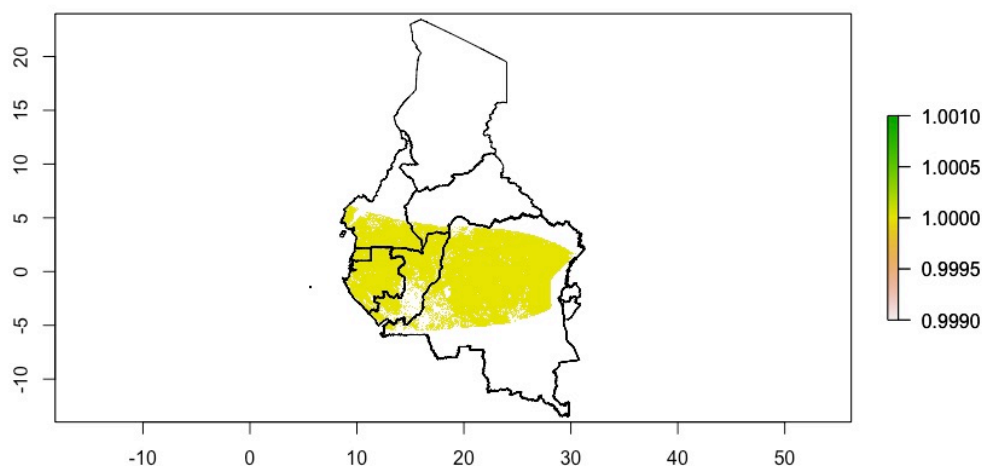


Figure 15 Carte représentant le couvert forestier  $\geq 40\%$  (Hansen et al. 2013) associée aux grandes zones chorologiques d'Afrique centrale (White 1979).

Les IFLs se retrouvent essentiellement en RDC où elles couvrent une surface de 64 920 000 ha. Egalement fortement présente en République du Congo, et au Gabon, les IFLs sont très peu représentées en République Centrafricaine et absente au Tchad.

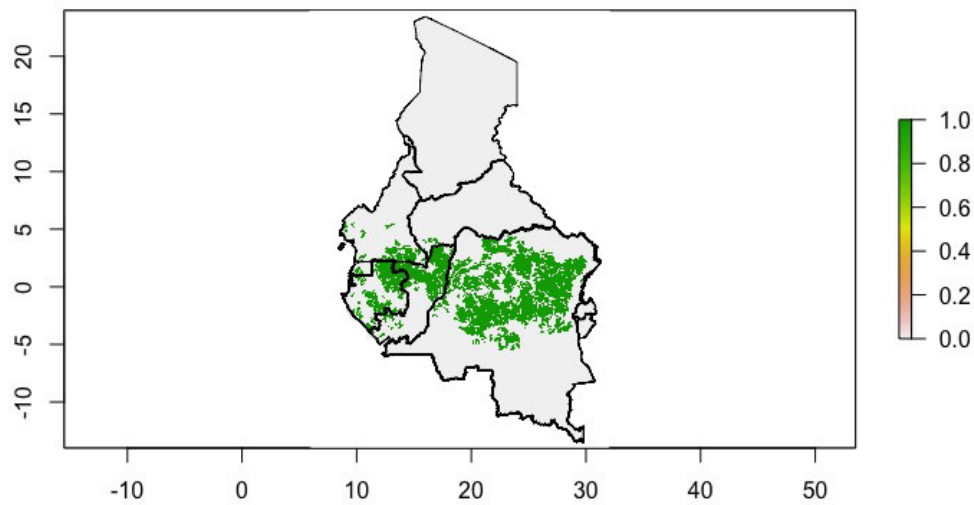


Figure 16 Carte représentant les zones IFL en Afrique centrale en 2000

Les concessions forestières (figure 17) se concentrent essentiellement dans la partie Ouest de l'Afrique centrale. Celles-ci sont fortement présentes au Gabon (14 272 630 ha), et beaucoup plus disséminées en RDC (12 184 130 ha).

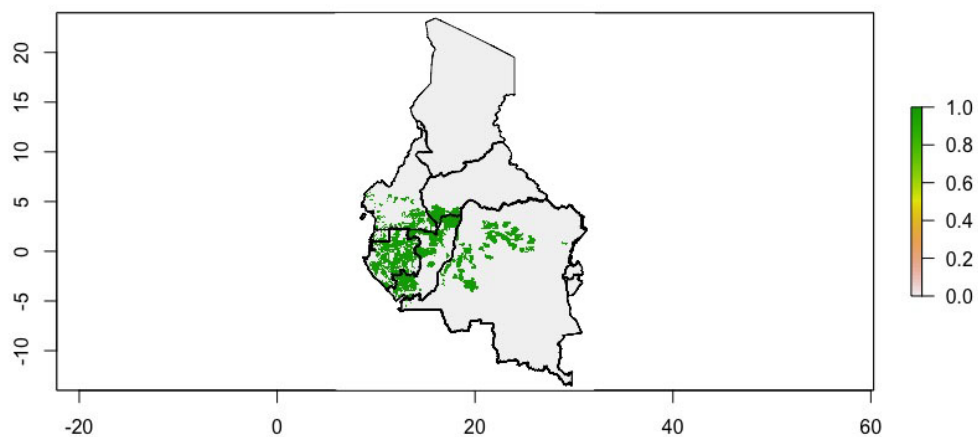


Figure 17 Carte représentant les concessions non certifiées en Afrique centrale en 2008

Les concessions certifiées FSC (figure 18) couvrent les plus grandes superficies au Congo avec 2 478 943 ha et 2 042 616 ha au Gabon. La RDC et la RCA n'ont pas de concessions certifiées FSC.

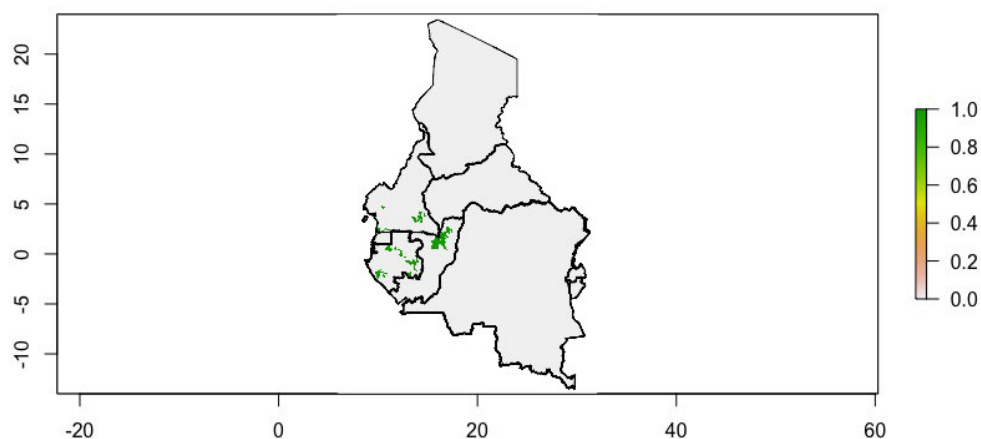


Figure 18 Carte représentant les concessions certifiées FSC en Afrique centrale en 2008

Enfin, en ce qui concerne les aires protégées (Figure 19), une répartition relativement homogène est observable à l'échelle de l'Afrique Centrale. On peut toutefois constater que les zones présentes au Nord de l'Afrique centrale semblent individuellement plus grandes (8 941 517 ha pour la plus grande au Nord contre 2 293 063 ha pour la plus grande aire protégée au Sud).

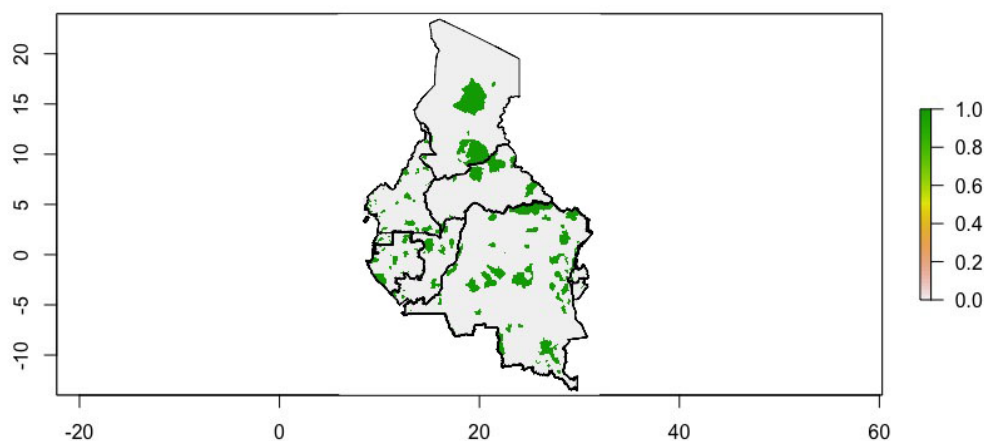


Figure 19 Carte représentant les Aires protégées en Afrique centrale en 2014

#### 4.1 Les richesses spécifiques

Les figures 20 à 22 illustrent les richesses potentielles en espèces des groupes taxonomiques retenus par pixel de 1 x 1 km.

Les zones les plus riches en Amphibiens (Figure 20) couvrent le Gabon et le sud du Cameroun avec près de 80 espèces par km<sup>2</sup>. En dehors de ces zones, la richesse spécifique de l'ensemble de la carte oscille aux alentours des 20 espèces par km<sup>2</sup>.

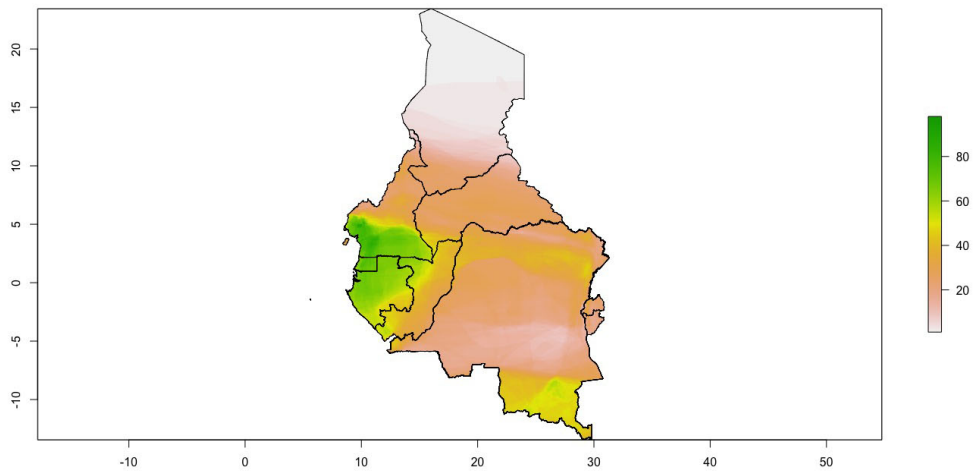


Figure 20 Carte représentant la richesse spécifique en amphibiens en Afrique centrale en 2009

Concernant les mammifères (Figure 21), nous pouvons constater que la richesse potentielle la plus élevée est présente le long d'une bande s'étirant du sud Cameroun avec l'est de la RDC, avec des valeurs moyennes approchant les 200 espèces par kilomètres carrés.

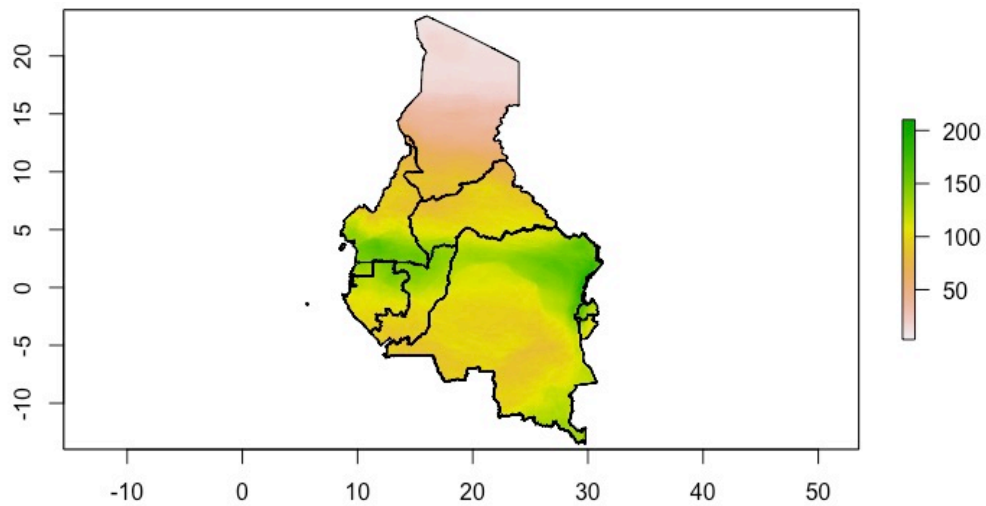


Figure 21 Carte représentant la richesse spécifique en mammifères en Afrique centrale en 2009



Enfin, la richesse spécifique potentielle en reptiles (Figure 22) montre une forte dominance à l'ouest de l'Afrique centrale, principalement au Cameroun. Les valeurs moyennent tournent alors aux alentours des 20 espèces par km<sup>2</sup>.

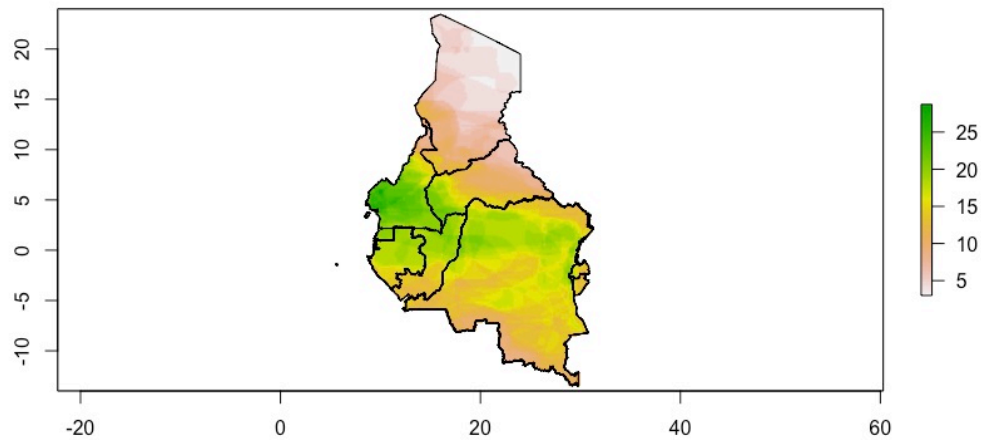


Figure 22 Carte représentant la richesse spécifique en reptiles en Afrique centrale en 2009

## 4.2 Les impacts anthropiques

Les figures 23 et 24 détaillent respectivement la pression de chasse et l'empreinte humaine. La pression de chasse (Figure 23) la plus importante s'observe généralement autour des taches blanches qui correspondent à des zones sans valeurs (NA). La majeure partie de la zone d'étude a des valeurs proches de 2.

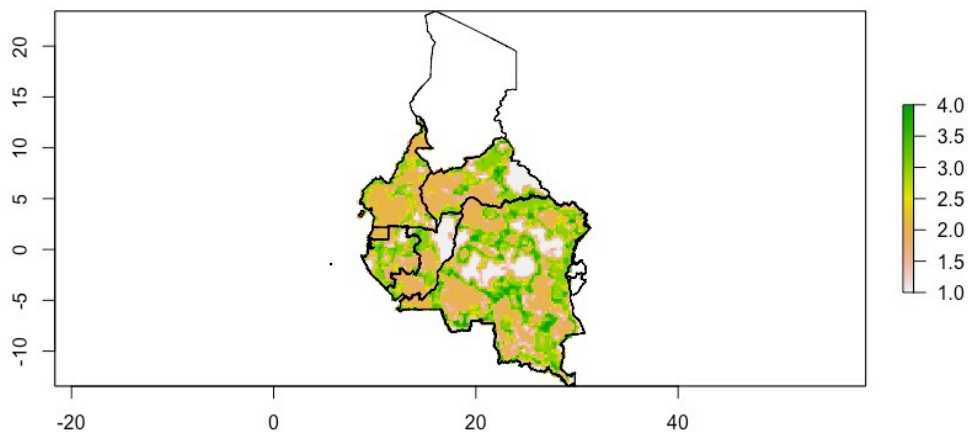


Figure 23 Carte de pression de chasse de Ziegler et al. (2016) dont l'extend a été adapté et traduit en indice chiffré : 1 = faible (low) ; 2 = modéré (moderate) ; 3 = haut (high) (surexploitation probable) ; 4 = haut (high).



Quant à l’empreinte humaine (Figure 24), celle-ci semble relativement homogène et varier aux alentours de 20%. Les valeurs ont tendance à légèrement augmenter vers le Nord-Ouest de l’Afrique centrale, au niveau de la frontière entre le Cameroun et le Tchad avant d’être réduit à néant au Nord du Tchad et dans le centre du Gabon.

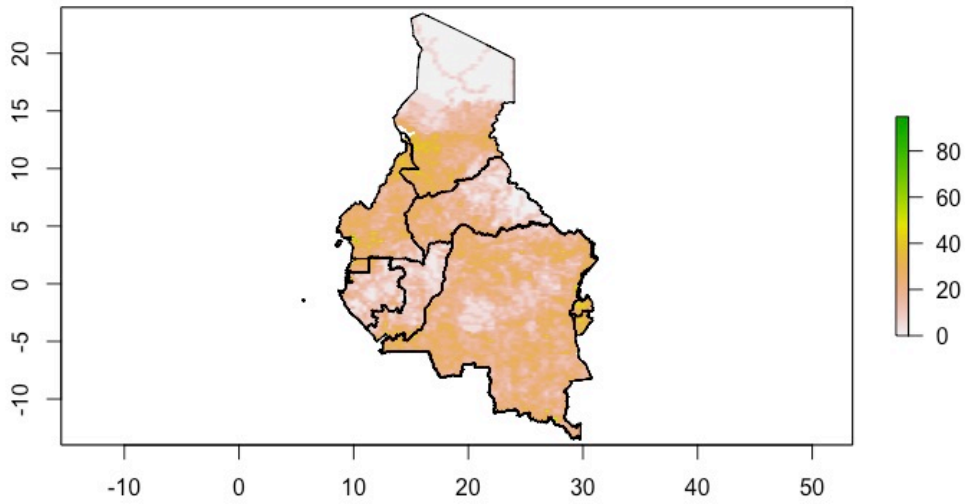


Figure 24 Carte de l’empreinte humaine de Sanderson et al (2002) en Afrique centrale

### 4.3 Influences des modalités de gestion

Le Tableau 4 illustre l'influence des modalités de gestion sur les différents indices. La présentation des résultats complets extraits du programme R ainsi que le script se trouvent en annexe 2 et 3.

Tableau 4 Analyse multiple de la variance et moyennes obtenues lors de la comparaison des modalités de gestions (valeurs moyennes par km<sup>2</sup> et écart-types, les lettres différents illustrent les différences significatives).

	Aires protégées	Concessions non certifiées	Concessions certifiées légales	Concessions certifiées FSC	Non défini	Significativité globale
<i>R. amphibiens</i>	39,44±18,03 <sup>a</sup>	45,68±15,59 <sup>b</sup>	58,12±10,42 <sup>c</sup>	53,70±10,77 <sup>d</sup>	33,09±16,60 <sup>e</sup>	P < 2e-16
<i>R. mammifères</i>	121,24±22,99 <sup>a</sup>	120,07±17,98 <sup>b</sup>	145,38±7,48 <sup>c</sup>	129,96±14,91 <sup>d</sup>	118,68±21,26 <sup>e</sup>	P < 2e-16
<i>R. reptiles</i>	17,32±2,76 <sup>a</sup>	17,75±2,40 <sup>b</sup>	20,05±0,79 <sup>c</sup>	19,14±2,01 <sup>d</sup>	17,43±2,68 <sup>e</sup>	P < 2e-16
<i>I. pression de chasse</i>	2,02±0,95 <sup>a</sup>	2,34±0,98 <sup>b</sup>	2,10±1,04 <sup>c</sup>	1,77±0,95 <sup>d</sup>	2,23±1,00 <sup>e</sup>	P < 2e-16
<i>I. empreinte humaine</i>	12,56±7,64 <sup>a</sup>	15,28±7,87 <sup>b</sup>	14,01±7,59 <sup>c</sup>	9,85±7,45 <sup>d</sup>	18,93±7,86 <sup>e</sup>	P < 2e-16

Le facteur « répétition » n'influence pas significativement les résultats (F= 0,448, p = 0,599).

#### i. Richesse spécifique (R)

On observe globalement que les moyennes du nombre potentiel d'espèces présentes par km<sup>2</sup> sont plus élevées dans les concessions certifiées que dans les autres modalités de gestion, y compris les aires protégées. Ce sont dans les concessions certifiées « légales » que les valeurs sont les plus élevées.

#### ii. Indice de pression de chasse (I)

La pression de chasse la plus élevée est observée au sein des concessions non certifiées alors que la pression de chasse la plus faible s'observe dans les concessions certifiées, avec une valeur significativement plus basse dans les concessions FSC. L'indice de pression de chasse au sein des aires protégées ainsi que des concessions certifiées légales ont une moyenne intermédiaire.

#### iii. Indice d'empreinte humaine (I)

La moyenne la plus faible s'observe au sein des concessions certifiées FSC alors que la valeur la plus haute s'observe dans les zones non définies. Les concessions non certifiées, les concessions certifiées légales présentent des valeurs intermédiaires relativement proches l'une de l'autre.

#### 4.4 L'influence des IFLs

Le Tableau 5 illustre l'influence des IFLs sur les différents indices ainsi que sur les différentes modalités de gestions. La présentation des résultats complets extraits du programme R se trouvent en annexe 3.

Tableau 5 Analyse multiple de la variance et moyennes obtenues lors de la comparaison des modalités de gestions au sein et hors des IFLs (valeurs moyennes par km<sup>2</sup> et déviation standard, les lettres différents illustrent les différences significatives).

	Aires protégées			Concessions certifiées			Concessions certifiées non légales			Concessions certifiées FSC			Non défini		
	IFL	Hors IFL	Sign.	IFL	Hors IFL	Sign.	IFL	Hors IFL	Sign.	IFL	Hors IFL	Sign.	IFL	Hors IFL	Sign.
<b>R. amphibiens</b>	38,01 ±17,4 5	46,41 ±19,1 0	<2e- 16 ***	44,99 ±15,8 1	46,32 ±15,3 6	<2e- 16 ***	54,95 ±10,7 1	61,74 ±8,78	<2e- 16 ***	51,23 ±10,4 0	55,96 ±10,6 0	<2e- 16 ***	29,75 ±10,9 4	36,97 ±19,4 2	<2e- 16 ***
<b>R. mammifères</b>	122,6 2 ±23,3 2	114,5 4 ±20,0 3	<2e- 16 ***	123,9 5 ±18,4 3	116,4 9 ±16,7 9	<2e- 16 ***	145,2 1 ±7,06	145,5 9 ±7,94	7.95e- 09 ***	132,9 8 ±18,4 3	127,2 0 ±15,5 7	<2e- 16 ***	120,5 1 ±21,1 1	117,2 2 ±21,2 8	<2e- 16 ***
<b>R. reptiles</b>	17,27 ±2,61	17,56 ±3,38	<2e- 16 ***	17,85 ±1,99	17,66 ±2,72	<2e- 16 ***	19,84 ±0,75	20,29 ±0,77	<2e- 16 ***	19,30 ±1,88	18,98 ±2,11	<2e- 16 ***	17,21 ±1,98	17,61 ±3,11	<2e- 16 ***
<b>I. pression de chasse</b>	1,95 ±0,96	2,40 ±0,80	<2e- 16 ***	2,29 ±1,05	2,39 ±0,92	<2e- 16 ***	2,18 ±1,09	2,02 ±0,97	<2e- 16 ***	1,65 ±0,88	1,87 ±1,00	<2e- 16 ***	2,06 ±1,11	2,36 ±0,89	<2e- 16 ***
<b>I. empreinte humaine</b>	11,66 ±6,75	16,99 ±9,85	<2e- 16 ***	13,38 ±7,07	17,03 ±8,16	<2e- 16 ***	12,81 ±5,74	15,38 ±9,07	<2e- 16 ***	9,19 ±6,63	10,46 ±8,08	<2e- 16 ***	15,30 ±6,72	21,84 ±7,48	<2e- 16 ***

Le facteur « répétition » n'a pas d'influence significative sur les résultats ( $F= 1,23$ ,  $p = 0,48$ ).

Toutes les valeurs sont significativement différentes entre les zones situées en IFLs et en dehors des IFLs ( $p < 0,001 \rightarrow ***$ ).

i. Richesse spécifique (R)

Bien que les différences soient partout significatives, les différences entre les zones IFLs et non IFLs demeurent faibles. A plusieurs reprises, les valeurs sont significativement plus élevées dans les zones non IFLs. Ainsi, la richesse en amphibiens est toujours plus élevée à l'extérieur des IFLs tandis que la richesse en reptiles est généralement plus élevée dans à l'intérieur des IFL. Enfin, la richesse en mammifères donne des résultats plus variables en fonction des modalités de gestion.

Concernant les concessions certifiées FSC, lesquelles sont principalement concernées par la mise en œuvre des IFL, il y aurait en moyenne, par  $\text{km}^2$ , 5,7 et 0,3 espèces supplémentaires de mammifères et de reptiles dans les zones IFL. A l'inverse, il y aurait 4,7 espèces supplémentaires d'amphibiens dans les zones hors IFL.

ii. Indice de pression de chasse (I)

La pression de chasse est toujours plus faible dans les zones IFLs sauf dans le cas des concessions certifiées légales où la pression de chasse est plus élevée dedans que dehors.

iii. Indice d'empreinte humaine (I)

Les différences au niveau des moyennes de l'indice d'empreinte humaine entre les zones situées dans les IFLs et hors des IFLs sont généralement élevées sauf dans le cas des concessions certifiées FSC. Plus le niveau de certification augmente, plus la différence tend à diminuer. La différence maximale est donc observée au niveau des zones non définies.

## 5 Discussions

### 5.1 Le choix des variables

Le choix des variables a été effectué en fonction des données disponibles et exploitables. En effet, d'autres groupes taxonomiques auraient très bien pu être intégrés à l'analyse tels que les oiseaux par exemple (www.comifac.org : 400 espèces de mammifères pour 1 300 oiseaux et 10 000 espèces végétales). De plus, compte tenu des données disponibles, seule une richesse spécifique potentielle a pu être établie. Les résultats ne portent donc pas sur une richesse réellement observée ou sur l'abondance des taxons considérés. De telles données ne sont effectivement pas disponibles pour l'ensemble des pixels couverts par les forêts denses humides.

Il aurait aussi été possible de se concentrer sur certaines espèces rares ou emblématiques comme les gorilles ou les éléphants lesquelles sont considérées comme tous les autres mammifères dans la présente étude (Blake *et al.* 2008 ; Maisels *et al.* 2013 ; Haurez *et al.* 2017). Or, il serait envisageable de leur accorder des valeurs différentes en fonction de leur statut de protection IUCN par exemple.

Il aurait également été intéressant de pouvoir intégrer des données floristiques afin de produire une carte de « maturité ». De telles cartes peuvent être produites à l'échelle des concessions forestières en valorisant les données issues des inventaires d'aménagement (Fayolle *et al.*, 2014 ; Réjou-Méchain *et al.*, 2008). Cependant, en se focalisant à l'échelle des concessions l'analyse aurait été biaisée.

La présente analyse se focalise sur la richesse spécifique locale,  $\alpha$ , cependant, il serait intéressant d'également procéder à une analyse de la richesse spécifique globale,  $\gamma$ . Cette dernière analyse n'a pu être réalisée dans les temps impartis suite la lourdeur des données à traiter. En effet, en voulant garder la même résolution que l'analyse précédente, cela sous-entend la création d'une matrice avec des centaines de millions de données.

La présente analyse se contente donc de déterminer si des pixels d'un km<sup>2</sup> situés dans les IFs possèdent potentiellement plus d'espèces que les pixels situés en dehors.

### 5.2 Influence des modalités de gestion

Les concessions certifiées ont toujours des richesses spécifiques potentielles plus élevée que les autres modalités de gestions, en ce compris, les aires protégées. Les concessions certifiées, souvent gérées par des capitaux étrangers, sont de grande taille, comparable en termes de surface aux aires protégées (Corbier-Barthaux et Oktar, 2011 ; Buttoud et Nguinguiri, 2016). Par ailleurs, c'est dans les concessions certifiées que les deux variables anthropiques observées sont les plus faibles. Ces deux variables, étant le résultat de travaux récents, amènent à penser que ce sont bel et bien les modalités de gestions qui les influencent. En effet, la certification FSC suppose un contrôle strict de l'accès au territoire concédé et limite ainsi la chasse ainsi que la progression des fronts agricoles

(www.wwf.be). Ces concessions jouent donc un rôle essentiel et complémentaire aux aires protégées. Cette assertion confirme les observations de nombreux auteurs quant aux impacts réduits de l'exploitation forestière pour autant que l'accès au réseau routier soit contrôlé (Clarck et al. 2009 ; Putz et al. 2012 ; Gibson et al., 2011).

### **5.3 Pertinence de la mise en protection des zones IFLs dans les concessions forestières**

Les IFLs ne sont pas nécessairement potentiellement plus riche en espèces. Pour certains groupes taxonomiques tels que les amphibiens, c'est même la tendance inverse qui s'observe. Ceci peut s'expliquer par des facteurs environnementaux et historiques expliquant la distribution actuelle des espèces (Van Couwenberghe, 2011 ; Bourgeois, 2008). On constate par exemple une présence potentielle maximale en amphibiens au Nord du Gabon ainsi qu'au Sud du Cameroun alors que cette région est très peu couverte par les IFLs.

Le seuil de 50 000 ha interpelle également. Le concept d'IFL est défini à l'échelle mondiale et sur base de critères propres à la faune présente dans les régions boréales correspondant à des espèces telles que l'ours noir et lynx (Potapov *et al.*, 2008 ; Yorashenko *et al.*, 2001). Ce seuil devrait être adapté en fonction des grands mammifères vivant dans les forêts d'Afrique centrale. La superficie estimée pour le maintien d'une population viable d'éléphants (*Loxodonta cyclotis Matshie*) va jusqu'à 200 000 ha, soit 4 fois la valeur prédéfinie pour une IFL (Blake *et al.*, 2008).

## 6 Conclusions

Pour conclure, les différentes modalités de gestion proposée par Nasi *et al.*, (2012) permet de donner un aperçu représentatif de l'utilisation des forêts d'Afrique centrale en termes d'affectation du sol. Celles-ci ont permis de distinguer différentes modalités de gestion (Nasi *et al.*, 2012). La comparaison de ces différentes modalités ainsi que la mise en évidence de leurs caractéristiques respectives ont permis de se rendre compte du fait que ce n'est pas tant l'usage fait de ces ressources qui cause leur régression ainsi que la dégradation des forêts mais bien le degré de gestion qui leur est affecté.

En conséquence, sur base des résultats en termes de richesses potentielles, la protection quasi totale des zones situées dans les IFL n'est pas la solution la plus pertinente. Toutefois, la prise en compte des richesses réelles et des abondances (densités par km<sup>2</sup>) pourrait donner des résultats différents. En outre, considérant les plus faibles pressions de chasse et empreinte humaine dans les zones gérées et certifiées, la mise sous cloche des IFL dans de telles zones ne semble pas se justifier. L'obligation de protéger 80 % de la superficie des IFL présente dans les concessions certifiées FSC pourrait même s'avérer contreproductive puisque cela se traduirait probablement par le retrait du processus la certification FSC des sociétés concernées, or c'est bien dans de telles concessions que les impacts anthropiques sont les moins importants.

Enfin, la faiblesse du concept d'IFL réside peut-être dans la conception même du mot « paysage ». Tel que le conçoit la Convention de Florence, le paysage est une portion de territoire tel que perçu par les populations locales. Dès lors, il serait intéressant de agrémenter ce concept de données locales rendant compte de l'état effectif de l'écosystème.

## 7 Références

- ATIBT, (2001). *Etude sur le plan pratique d'aménagement des forêts naturelles de production tropicales africaines. Application au cas de l'Afrique Centrale Volet 1 « Production Forestière »*.
- Abernethy, K.A., et al., 2013. *Extent and ecological consequences of hunting in Central African rainforests in twenty-first century*. Phil. Trans. R. Soc.
- Anthonissen F., 2014. *Délimitation des séries de protection et de conservation au sein de l'UFA 10.047b attribuée à la société Pallisco*. Travail de fin d'études: Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, pp. + Annexes.
- Balk, D. et G. Yetman (2004). *La répartition mondiale de la population : évaluation des gains de résolution*.
- Bayol N., Demarquez B. et Pelissier C., (2007). *Etude sur le plan pratique d'Aménagement des Forêts Naturelles de Production Tropicales Africaines. Application au cas de l'Afrique Centrale Volet 1 « Production Forestière »*. Paris, ATIBT
- Bellassen V., Crassous R., Dietzsch L. & Schwartzman S., (2008). *Réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts : quelle contribution de la part des marchés du carbone*. Etud. Climat, 14 , 43.
- Blake S. et al., (2008). Roadless wilderness area determines forest elephant movements in the Congo Basin. PloS one, **3**(10), e3546.
- Bourgeois P-A., (2008). *L'importance des amphibiens pour la conservation des petits fragments forestiers dans les forêts tropicales humides*. Sherbrooke, Canada.
- Bureau Veritas Certification, (2010). *Programme de Verification OLB « Origine et Légalité des bois »*. Référentiel de chaîne de contrôle. PDF consulté le 20/07/17.
- Buttoud G. et J.C. Nguingiri (éds). (2016). *La gestion inclusive des forêts d'Afrique centrale : passer de la participation au partage des pouvoirs*. FAO-CIFOR : Libreville-Bogor.
- Brown E., Dudley N., Lindhe A., Muhtaman D.R., Stewart C., et Synnott T.. (2013). *Directives communes pour l'identification des Hautes Valeurs de Conservation*. HCV Resource Network.
- Cincotta, R. P. and R. Engelman, (2000). *Nature's Place: Human Population Density and the Future of Biological Diversity*. Washington (DC): Population Action International
- Convention-cadre sur les changements climatiques, (2011), Rapport de la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au Protocole de Kyoto sur sa septième session, tenue à Durban du 28 novembre au 11 décembre 2011.
- Corbier-Barthaux C., Ohtar S., (2011). *Secteur forestier dans les pays du Bassin du Congo : 20 ans d'interventions de l'AFD*. Ex Post – Notes de Synthèse N°10 + annexes.
- Dainou K., Bracke C., Vermeulen C., Haurez B., De Vleeschouwer J-Y, Fayolle A., Doucet J-L., (2016). *Hautes Valeurs de Conservation (HVC) dans les Unités Forestières d'Aménagement du Cameroun : Concept, choix et pratiques*. Presses agronomiques de Gembloux, Belgique.
- Dargie, G. C., Lewis, S. L., Lawson, I. T., Mitchard, E. T., Page, S. E., Bocko, Y. E., & Ifo, S. A. (2017). *Age, extent and carbon storage of the central Congo Basin peatland complex*. Nature, **542**(7639), 86-90.



- Desclée B, Simonetti D, Mayaux P, Achard F (2013) *Multi-sensor monitoring system for forest cover change assessment in central Africa*. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, **6**, 110–120.
- de Wasseige C., Tadoum M., Eba'a Atyi R. et Doumenge C. (2015). *Les forêts du Bassin du Congo - Forêts et changements climatiques*. Weyrich. Belgique. 128 p.
- de Wasseige C. Flynn J., Louppe D., Hiol Hiol F., Mayaux Ph., (2014). *Les forêts du bassin du Congo : état des forêts 2013*. Neufchâteau, Weyrich. Belgique.
- Doucet, J-L., Vermeulen, C., De Vleeschouwer, J-Y., Nzoyem Saha, N., Julve Larrubia, C., Laporte, J., Federspiel, M. (2012). *Regards croisés sur la foresterie communautaire. L'expérience camerounaise*. Les presses agronomiques de Gembloux, A.S.B.L. Gembloux. Belgique.
- Doumenge C., Palla F., Scholte P., Hiol Hiol F. & Larzillière A. (Eds.), (2015). *Aires protégées d'Afrique centrale. – Etat 2015*. OFAC, Kinshasa, République Démocratique du Congo et Yaoundé, Cameroun : 256 p.
- Dudley, N. (2008). *Lignes directrices pour l'application des catégories de gestion aux aires protégées*. Gland, Suisse : IUCN. x + 96p.
- Elvidge, C. D., K. E. Baugh, E. A. Kihn, H. W. Kroehl, E. R. Davis, and D.W. Davis, (1997a). *Relation between satellite-observed visible-near infrared emissions, population, economic activity and electric power consumption*. International Journal of Remote Sensing **18** : 1373 – 1379.
- Ernst C., Verhegghen A., Mayaux P., Hansen M., Defourny P., (2010). *Central African Forest Cover And Cover Change Mapping*.
- Fa, J.E., Seymour, S., Dupain, J., Amin, R., Albrechtsen, L. & Macdonald, D. (2006) *Getting to grips with the magnitude of exploitation: bushmeat in the Cross-Sanaga rivers region, Nigeria and Cameroon*. Biological Conservation, **129**, 497–510.
- Fa, J. E., S. F. Ryan, and D. J. Bell. 2005. *Hunting vulnerability, ecological characteristics and harvest rates of bushmeat species in afro-tropical forests*. Biol. Conserv. **121**: 167–176.
- Fayolle, A., Picard, N., Doucet, J. L., Swaine, M., Bayol, N., Bénédet, F., & Gourlet-Fleury, S. (2014). *A new insight in the structure, composition and functioning of central African moist forests*. Forest Ecology and Management, **329**, 195-205.
- Finegan, B., and R. Nasi. 2004. *The biodiversity and conservation potential of shifting cultivation landscapes*. Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Island Press, Washington, D.C. pp 153–197.
- Food and Agriculture Organization of The United Nations, (2003) *Gestion durable des forêts en Afrique centrale*, Rome, Isabelle Amsallem, Mette Loyche Wilkie, Pape Kone et Michel Ngandji.
- Forester, D. J. and G. E. Machlis. (1996). *Modeling human factors that affect the loss of biodiversity*. Conservation Biology **10** : 1253 – 1263.
- Forman, R. T. T (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge (United Kingdom): Cambridge University Press.
- FSC (2012a). FSC-STD-CAM-01-2012-EN. *Forest Stewardship Standard for the Republic of Cameroon*. FSC, Bonn, Germany.

- FSC (2015a). FSC-STD-01-001 V5-2 EN. *FSC Principles and Criteria for Forest Stewardship*. FSC, Bonn, Germany.
- FSC (2015b). *HVC Manager's Guide*. Document FSC-GD-30-009 V1-0 D1 EN. FSC International Center, Bonn, Germany.
- FSC (2015c). *High Conservation Values in Congo Basin – Project Roadmap*. FSC International Center, Bonn, Germany.
- Gibson L., Ming Lee T., Pin Koh L., Brook B. W., Gardner T. A., Barlow J., Pere C. A., Bradshaw C. J. A., Laurance W. F., Lovejoy T. E., Sodhi N. S. (2011). *Primary Forest Are Irreplaceable For Sustaining Tropical Biodiversity*. Nature 478, 378 – 381., Londres.
- Gond V. et Brognoli C., (2005). *Télédétection et aménagement du territoire : localisation et identification des sites d'orpillage en Guyane française*. Bois et forêts des tropiques. n°286, p. 5-13.
- Gucinski, H., M. J. Furniss, R. R. Ziemer, and M. H. Brookes, (2001). *Forest Roads: A Synthesis of Scientific Information*. Portland (OR): USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station. General Technical Report PNW-GTR-509.
- Hammond Gond D.S.V., de Thoisy B., de Dijn B. and Forget P-M., (2007). *Causes and consequences of a tropical forest gold rush in the Guiana Shield, South America*. AMBIO : A Journal of the Human Environment. Vol. 36, n°8, p. 661-670.
- Haurez, B., et al., 2016. *Short term impact of selective logging on a western lowland gorilla population*. For. Ecol. Manag. 364, 46–51.
- Haurez B., Daïnou K., Vermeulen C., Kleinschroth F., Mortier F., Gourlet-Fleury S., Doucet, J-L, (2017). *A look at Intact Forest Landscapes (IFLs) and their relevance in Central African forest policy*. Forest Policy and Economics 80, pp 192-199.
- Honsonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries, R., Brockhaus, M., Verchot, L., Angelsen, A., Romijn, E. 2012. *An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries*. Environmental Research Letters 7: 1-12.
- Houghton, J.T, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson, eds. (2001). *Climate Change 2001 : The Scientific Basis. Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, and New York: Cambridge University Press.
- IUCN (2012). *Catégorie et Critères de la Liste Rouge de l'UICN: Version 3.1*. UICN, deuxième édition, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni.
- Kanninen M. et al., (2007). *Do trees grow on money? The implications of deforestation research for policies to promote REDD*. Bogor, Indonesia : Cifor.
- Karsenty A., (2005). *Les concessions forestières en Afrique centrale. Aspects historiques, institutionnels et politiques, du point de vue de la responsabilité sociale et environnementale des entreprises concessionnaires*. CIRAD, France.
- Karsenty A. et Gourlet-Fleury S., (2016). *Quelle efficacité environnementale des plans d'aménagement forestier*, Cirad.
- Karsenty A. et Nasi R., (2004). *Un commentaire sur l'article de E. Niesten et R. Rice. Les « concessions de conservation » sonnent-elles le glas de l'aménagement forestier durable ?* Revue Tiers Monde (n°177), 153-162.

- Kleinschroth, F., et al., 2015. *Legacy of logging roads in the Congo Basin: how persistent are the scars in forest cover?* *Ecosphere* 6 (4), 64.
- Kleinschroth, F., et al., 2016. *How persistent are the impacts of logging roads on Central African forest vegetation?* (*J. Appl. Ecol.*) 53 (4), 1127–1137.
- Laestadius, L., Potapov, P., Yaroshenko, A., Turubanova, S., 2011. *Global forest alteration, from space.* *Unasylva* 62 (2), 8–13.
- Laurance WF, Lovejoy TE, Vasconcelos HL, Bruna EM, Didham RK, Stouffer PC, Gascon C, Bierregaard RO, Laurance SG, Sampaio E, (2002). *Ecosystem decay of Amazonian Forest fragment: a 22 years investigation.* *Conserv. Biol.* 16, 605-618.
- Maisels F, Strindberg S, Blake S, Wittemyer G, Hart J, Williamson EA, et al. (2013) *Devastating Decline of Forest Elephants in Central Africa.* Kolokotronis, Fordham University, USA.
- Marquant B. *et al.*, (2015). *Importance des forêts d’Afrique Centrale.* In : de Wasseige C., Tadoum M., Eba’a Atyi R. & Doumenge C. *Les forêts du Bassin du Congo - Forêts et changements climatiques.* Weyrich. Belgique. P. 17-35.
- Mayaux P., Achard F., (1998). *Suivi à long terme de la végétation d’Afrique centrale à partir de l’imagerie satellitaire.* In : Nasi R., Amsallem I., Drouineau S. (éd.). *La gestion des forêts denses africaines aujourd’hui.* Actes du séminaire Forafri de Libreville, 12-16 octobre 1998.
- Megevand C., (2013). *Deforestation trends in the Congo Basin : reconciling economic growth and forest protection.* World Bank, Washington, DC.
- Meunier Q., Boldrini S., Boukouendji B., Moumbogou C., Vermeulen C., (2013). *Poster réalisé dans le cadre du projet “Développement d’Alternatives Communautaires à l’Exploitation Forestière Illégale”, phase 2, qui œuvre pour une meilleure gestion des ressources naturelles par et pour les populations au Gabon et au Cameroun.*
- Nasi R., Billand A., Vanvliet N., (2012). *Managing for timber and biodiversity in the Congo Basin.* *Forest Policy and Economics* 268, pp 103-111.
- Nasi R., Mayaux P., Devers D., Bayol N., Eba’a Atyi R., Mugnier A., Cassagne B., Billand A., Sonwa D., (2009). *Un Aperçu Des Stock De Carbone Et Leurs Variations Dans Les Forêts Du Bassin Du Congo.*
- Nielsen E. et Rice R., (2004). *Gestion durable des forêts et incitations directes à la conservation de la biodiversité.* *Tiers-Monde*, volume 45, N°177, pp. 129-152.
- PROFOREST (2003). *Identifying and managing High Conservation Values Forests: a guide for forest managers.* <http://www.proforest.net/proforest/en/files/hcvf-toolkit-part-3-final.pdf> consulté le 16/06/2017.
- Potapov, P., A. Yaroshenko, S. Turubanova, M. Dubinin, L. Laestadius, C. Thies, D. Aksenov, A. Egorov, Y. Yesipova, I. Glushkov, M. Karpachevski, A. Kostickova, A. Manisha, E. Tsybikova, and I. Zhuravleva. (2008). *Mapping the World’s Intact Forest Landscapes by Remote Sensing.* *Ecology and Society* 13, no. 2: Art. 51.
- Potapov, P., C. Hansen, M., Laestadius, L., Turubanova, S., Yaroshenko, A., Thies, C., Smith, W., Zhuravleva, I., Komarova, A., Susan Minnemeyer, E. Esipova, (2017). *The last frontiers of wilderness: Tracking loss of intact forest landscapes from 2000 to 2013.* *ScienceAdvances* Vol.3 no. 1.e1600821.
- Putz F. E., Zuidema P. A., Synnott T, Pena-Claros M., Pinard M. A., Sheil D., Vanclay J. K., Sist P., Gourlet-Fleury S., Griscom B., Palmer J., Zagt R., (2012). *Sustaining*

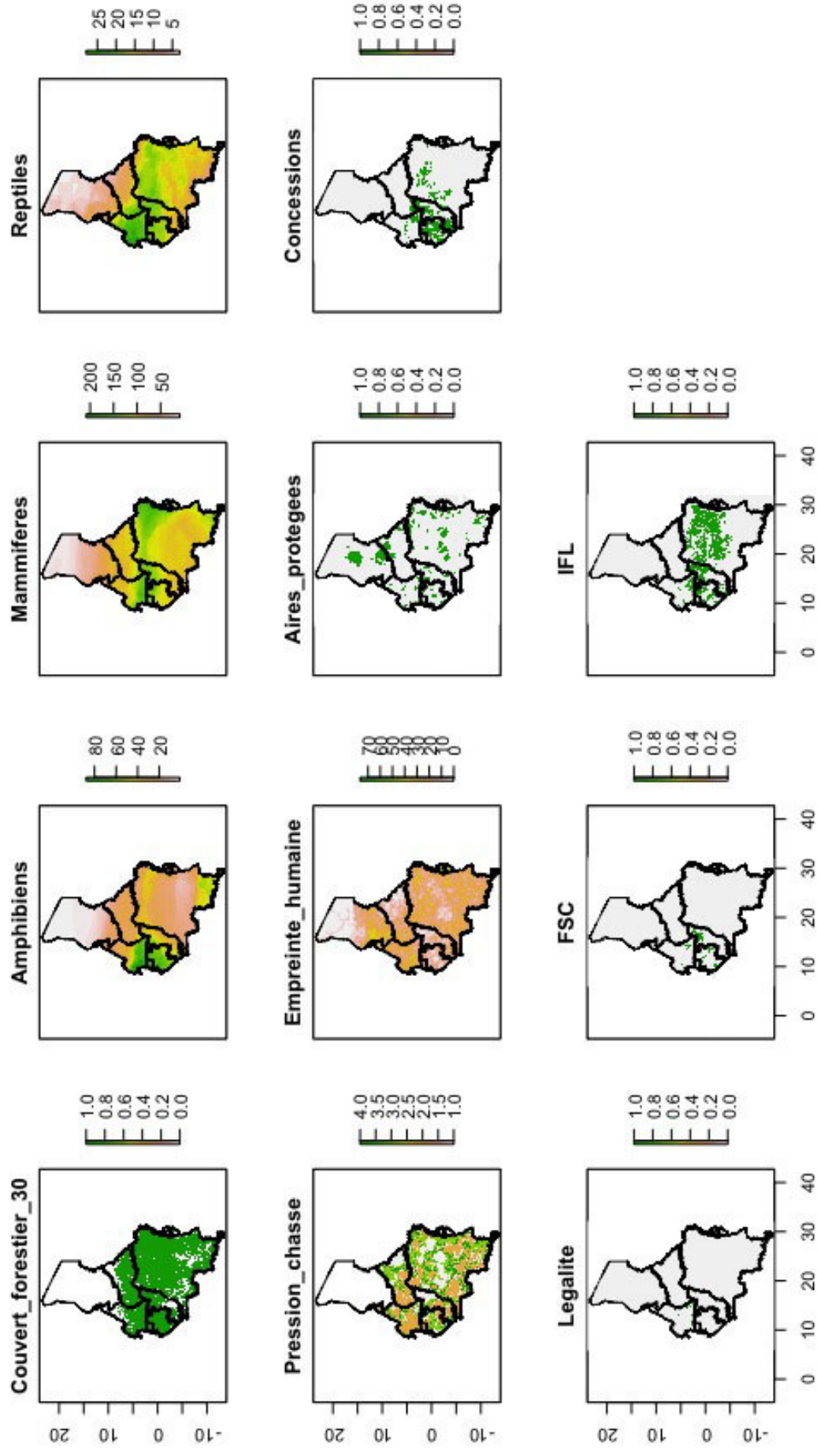
- conservation values in selectively logged tropical forests: the attained and the attainable*. *Reyers*, Vol. 5, Issue 4, pp.296-303.
- Quétier F., De Wachter P., Gersberg M., Dessard H., Nzene Halleson D. et Ndong Ndoutoume E., 2015. *La compensation volontaire : les normes de performance des institutions financières et leur application aux forêts d'Afrique centrale*. Dans : *Restaurer la nature pour atténuer les impacts du développement*. QUAE, p. 320. ISBN : 978-2-7592-2290-2.
- Réjou-Méchain, M., Pélissier, R., Gourlet-Fleury, S., Couteron, P., Nasi, R., & Thompson, J. D. (2008). *Regional variation in tropical forest tree species composition in the Central African Republic: an assessment based on inventories by forest companies*. *Journal of Tropical Ecology*, 24(6), 663-674.
- Sanderson EW., Jaiteh M., Levy MA., Redford KH., Wannebo AV., (2002). Woolmer, *The Human footprint and the last of the wild*. *Bioscience* 52, 891 – 904
- Théry H., (1997). *Routes et déboisement en Amazonie brésilienne, Rondônia 1974-1996*. *Mappe Monde Maison Géogr.*, 97 (3), 35-40.
- Van Couwenberghe R., (2011). *Effets des facteurs environnementaux sur la distribution et l'abondance des espèces végétales forestières aux échelles locales et régionales*. Thèse de doctorat, Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement. AgroParisTech.
- White F., (1983). *The vegetation of Africa*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris, France.
- White F., (1979). *The taxonomy, Ecology and Chorology of African Ebenaceae I. The Guineo-Congolian Species*. *Bulletin du Jardin botanique National de Belgique*. Vol. 48, NO 3/4, pp.245-358.
- Wilkie, D., E. Shaw, F. Rotberg, G. Morelli, and P. Auzel, (2000). *Roads, development and conservation in the Congo Basin*. *Conservation Biology* 14:1614–1622.
- Woolmer, G., et al., 2008. Rescaling the human footprint: a tool for conservation planning at an ecoregional scale. *Landsc. Urban Plan.* 87 (1), 42–53.
- Yaroshenko, A.Y., Potapov, P.V., Turubanova, S.A., 2001. *The Last Intact Forest Landscapes of Northern European Russia: Mapping of Intact Forest Landscapes in Northern European Russia Using High-resolution Satellite Images: Methods and Results (No. 634.9285 Y28)*. Greenpeace Russia, Moscou (Russia) Global Forest Watch, Washington, DC (EUA).
- Ziegler, S., Fa, J.E., Wohlfart, C., Streit, B., Jacob, S., Wegmann, M., 2016. Mapping bushmeat hunting pressure in Central Africa. *Biotropica* 48 (3), 405–412.

## WEBOGRAPHIE

- [http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest/download\\_v1.2.html](http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest/download_v1.2.html)  
<http://www.observatoire-comifac.net/gisrepository/#>

## **ANNEXES**

Annexe 1 : Compilation des différents rasters dans R (Raster Stack).



## Annexe 2 : Script R.

```
#Charger un shp
white_1979<-
readOGR(dsn="/Users/Simon/Documents/2MAP/TFE/White_guineo_congolais/
Guineo_congolaisV2.shp")

#Creation des rasters
ext<-extent(5.617049, 31.30569, -13.45568, 23.45037)
ext2<-extent(6, 32, -14, 24)
xy<-abs(apply(as.matrix(bbox(ext2)), 1, diff))
n<-100
r<-raster(ext, ncol=xy[1]*n, nrow=xy[2]*n)
rr<-rasterize(yyyy.shp, r)
plot(rr)
res(rr)

#Raster de White (1979)
white_1979.r<-rasterize(white_1979, r)
white_1979.r_res_ok<-projectRaster(white_1979.r,pression_chasse)
values(white_1979.r_res_ok)[values(white_1979.r_res_ok) > 0] = 1
plot(white_1979.r_res_ok)
treecover_white<-mask(treecover.30, white_1979.r_res_ok)
plot(treecover_white)
plot(afr, add=TRUE)

#Raster richesse
amphibians2.r<-rasterize(amphibians, r, fun="count", field=1)
plot(amphibians2.r)

#Charger le raster chasse
pression_chasse_bis<-chasse <- raster("/Users/Simon/Documents/2 MAP/TFE/TFE_IFL
/Cartographie/Ziegler et al 2016 Mapping bushmeat hunting pressure/Congo.tif")

#Mise à la bonne résolution du raster treecover
treecover00N000E_res_ok<-projectRaster(treecover00N000E,pression_chasse)
treecover00N010E_res_ok<-projectRaster(treecover00N010E,pression_chasse)
treecover00N020E_res_ok<-projectRaster(treecover00N020E,pression_chasse)
treecover00N030E_res_ok<-projectRaster(treecover00N030E,pression_chasse)
treecover10N000E_res_ok<-projectRaster(treecover10N000E,pression_chasse)
treecover10N010E_res_ok<-projectRaster(treecover10N010E,pression_chasse)
treecover10N020E_res_ok<-projectRaster(treecover10N020E,pression_chasse)
treecover10N030E_res_ok<-projectRaster(treecover10N030E,pression_chasse)
treecover10S010E_res_ok<-projectRaster(treecover10S010E,pression_chasse)
```

```

treecover10S020E_res_ok<-projectRaster(treecover10S020E,pression_chasse)
treecover10S030E_res_ok<-projectRaster(treecover10S030E,pression_chasse)
treecover20N000E_res_ok<-projectRaster(treecover20N000E,pression_chasse)
treecover20N010E_res_ok<-projectRaster(treecover20N010E,pression_chasse)
treecover20N020E_res_ok<-projectRaster(treecover20N020E,pression_chasse)
treecover30N010E_res_ok<-projectRaster(treecover30N010E,pression_chasse)
treecover30N020E_res_ok<-projectRaster(treecover30N020E,pression_chasse)

#Raster du couvert forestier
treecover<-merge(treecover00N000E_res_ok, treecover00N010E_res_ok,
treecover00N020E_res_ok, treecover00N030E_res_ok, treecover10N000E_res_ok,
treecover10N010E_res_ok, treecover10N020E_res_ok, treecover10N030E_res_ok,
treecover10S010E_res_ok, treecover10S020E_res_ok, treecover10S030E_res_ok,
treecover20N000E_res_ok, treecover20N010E_res_ok, treecover20N020E_res_ok,
treecover30N010E_res_ok, treecover30N020E_res_ok)

#Garder que ce qui est supérieur à 40%
treecover.40<-treecover>40
plot(treecover.40)
treecover.30<-mask(treecover.40, afr_uni)

#Remplacer les 0 par NA
values(treecover.40)[values(treecover.40) == 0] = NA

#Rasters
fsc.r<-rasterize(fsc_wgs84, r, fun="count", field=1)
ifl_2000.r<-rasterize(ifl_2000, r, fun="count", field=1)
olb.r<-rasterize(olb_wgs_84, r, fun="count", field=1)
concessions.r<-rasterize(concession_forestiere_wgs_84, r, fun="count", field=1)
aires_protegees.r<-rasterize(aire_protegee_wgs_84, r, fun="count", field=1)

#Tout = 1
values(concessions.r)[values(concessions.r) > 0] = 1
values(fsc.r)[values(fsc.r) > 0] = 1
values(olb.r)[values(olb.r) > 0] = 1
values(ifl_2000.r)[values(ifl_2000.r) > 0] = 1
values(aires_protegees.r)[values(aires_protegees.r) > 0] = 1

plot(fsc.r_res_ok)
plot(ifl_2000.r_res_ok)
plot(olb.r_res_ok)
plot(concessions.r_res_ok)
plot(fsc.r_res_ok)

#Refaire les résolutions des rasters

```



```

amphibians.r_res_ok<-projectRaster(amphibians.r,pression_chasse)
mammiferes.r_res_ok<-projectRaster(mammals.r,pression_chasse)
reptiles.r_res_ok<-projectRaster(reptiles.r,pression_chasse)
ifl_2000.r_res_ok<-projectRaster(ifl_2000.r,pression_chasse)
fsc.r_res_ok<-projectRaster(fsc.r,pression_chasse)
olb.r_res_ok<-projectRaster(olb.r,pression_chasse)
concessions.r_res_ok<-projectRaster(concessions.r,pression_chasse)
aires_protegees.r_res_ok<-projectRaster(aires_protegees.r,pression_chasse)
empreinte_humaine.r_res_ok<-projectRaster(human_footprint.r,pression_chasse)
empreinte_humaine.r_res_ok_mask<-mask(empreinte_humaine.r_res_ok, afr_uni)
treecover.40_res_ok<-projectRaster(treecover.40,pression_chasse)

```

```
#Tout = 1
```

```

values(concessions.r_res_ok)[values(concessions.r_res_ok) > 0] = 1
values(fsc.r_res_ok)[values(fsc.r_res_ok) > 0] = 1
values(olb.r_res_ok)[values(olb.r_res_ok) > 0] = 1
values(ifl_2000.r_res_ok)[values(ifl_2000.r_res_ok) > 0] = 1
values(aires_protegees.r_res_ok)[values(aires_protegees.r_res_ok) > 0] = 1
values(treecover.40_res_ok)[values(treecover.40_res_ok) > 0] = 1

```

```
#Ce qui n'est pas 1 est 0
```

```

concessions.r_res_ok[is.na(concessions.r_res_ok)]<-0
fsc.r_res_ok[is.na(fsc.r_res_ok)]<-0
olb.r_res_ok[is.na(olb.r_res_ok)]<-0
ifl_2000.r_res_ok[is.na(ifl_2000.r_res_ok)]<-0
aires_protegees.r_res_ok[is.na(aires_protegees.r_res_ok)]<-0
values(treecover.30_res_ok)[values(treecover.30_res_ok) == 0] = NA

```

```
#Compilation
```

```

tfe2<-stack(treecover_white, amphibians.r_res_ok, mammiferes.r_res_ok,
reptiles.r_res_ok, pression_chasse, empreinte_humaine.r_res_ok_mask,
aires_protegees.r_res_ok, concessions.r_res_ok, olb.r_res_ok,
fsc.r_res_ok,ifl_2000.r_res_ok)

```

```
#Renommer
```

```

names(tfe2) <- c('Couvert_forestier_30', 'Amphibiens','Mammiferes','Reptiles',
'Pression_chasse','Empreinte_humaine', 'Aires_protegees', 'Concessions', 'Legalite', 'FSC',
'IFL')

```

```
#Ajouter les pays d'Afrique au dessus du RasterStack
```

```

fun <- function() { plot(afr, add = TRUE, pch = 3) }
plot(tfe2, addfun=fun)

```

```
#Créer le dataframe
```

```
gVtfe2<-getValues(tfe2)
```

```

tfe2df<-data.frame(gVtfe2)

#Enlever les NA de la colonne Couvert_forestier
tfe2df2<-tfe2df[complete.cases(tfe2df[,1]),]

#Transformer les modalités de gestion en facteurs
tfe2df2$FSC<-as.factor(tfe2df2$FSC)
tfe2df2$Legalite<-as.factor(tfe2df2$Legalite)
tfe2df2$Aires_protegees<-as.factor(tfe2df2$Aires_protegees)
tfe2df2$Concessions<-as.factor(tfe2df2$Concessions)
tfe2df2$IFL<-as.factor(tfe2df2$IFL)

#Dataframe modalités:
mod_df2<-tfe2df2

#Tri du dataframe
mod_tri_df2<-mod_df2
mod_tri_df2[mod_tri_df2$FSC==1,]$Legalite<-0
mod_tri_df2[mod_tri_df2$FSC==1,]$Concessions<-0
mod_tri_df2[mod_tri_df2$FSC==1,]$Aires_protegees<-0
mod_tri_df2[mod_tri_df2$Legalite==1,]$Concessions<-0
mod_tri_df2[mod_tri_df2$Legalite==1,]$Aires_protegees<-0
mod_tri_df2[mod_tri_df2$Concessions==1,]$Aires_protegees<-0

#Creation de la colonne "modalite"
mod_df3<-mod_tri_df2
mod_df3$modalite<-"ND"
mod_df3$modalite[mod_df3$FSC==1]<-"FSC"
mod_df3$modalite[mod_df3$Aires_protegees==1]<-"AP"
mod_df3$modalite[mod_df3$Concessions==1]<-"Concession"
mod_df3$modalite[mod_df3$Legalite==1]<-"Legalite"
table(mod_df3$modalite)
mod_df3$modalite <- as.factor(mod_df3$modalite)

#Enlever tous les NA
mod_df3<-na.omit(mod_df3)
summary(mod_df3)

#Selection aleatoire de 5000 valeurs pour chaque type de gestion
fsctemp1<-mod_df3[mod_df3$modalite=="FSC",]
fsctemp1<-fsctemp1[sample(nrow(fsctemp1), 5000),]
olbtemp1<-mod_df3[mod_df3$modalite=="Legalite",]
olbtemp1<-olbtemp1[sample(nrow(olbtemp1), 5000),]
APtemp1<-mod_df3[mod_df3$modalite=="AP",]
APtemp1<-APtemp1[sample(nrow(APtemp1), 5000),]
Conctemp1<-mod_df3[mod_df3$modalite=="Concession",]

```

```

Conctemp1<-Conctemp1[sample(nrow(Conctemp1), 5000),]
NDtemp1<-mod_df3[mod_df3$modalite=="ND",]
NDtemp1<-NDtemp1[sample(nrow(NDtemp1), 5000),]
#Combiner les 5000 lignes de chaques
B1<-rbind(fsctemp1, olbtemp1, NDtemp1, APtemp1, Conctemp1)
B1$B1<-1

#Itération de 10 fois
#B2
fsctemp2<-mod_df3[mod_df3$modalite=="FSC",]
fsctemp2<-fsctemp2[sample(nrow(fsctemp2), 5000),]
olbtemp2<-mod_df3[mod_df3$modalite=="Legalite",]
olbtemp2<-olbtemp2[sample(nrow(olbtemp2), 5000),]
APtemp2<-mod_df3[mod_df3$modalite=="AP",]
APtemp2<-APtemp2[sample(nrow(APtemp2), 5000),]
Conctemp2<-mod_df3[mod_df3$modalite=="Concession",]
Conctemp2<-Conctemp2[sample(nrow(Conctemp2), 5000),]
NDtemp2<-mod_df3[mod_df3$modalite=="ND",]
NDtemp2<-NDtemp2[sample(nrow(NDtemp2), 5000),]
#Combiner les 5000 lignes de chaques
B2<-rbind(fsctemp2, olbtemp2, NDtemp2, APtemp2, Conctemp2)
B2$B1<-2

#B3
fsctemp3<-mod_df3[mod_df3$modalite=="FSC",]
fsctemp3<-fsctemp3[sample(nrow(fsctemp3), 5000),]
olbtemp3<-mod_df3[mod_df3$modalite=="Legalite",]
olbtemp3<-olbtemp3[sample(nrow(olbtemp3), 5000),]
APtemp3<-mod_df3[mod_df3$modalite=="AP",]
APtemp3<-APtemp3[sample(nrow(APtemp3), 5000),]
Conctemp3<-mod_df3[mod_df3$modalite=="Concession",]
Conctemp3<-Conctemp3[sample(nrow(Conctemp3), 5000),]
NDtemp3<-mod_df3[mod_df3$modalite=="ND",]
NDtemp3<-NDtemp3[sample(nrow(NDtemp3), 5000),]
#Combiner les 5000 lignes de chaques
B3<-rbind(fsctemp3, olbtemp3, NDtemp3, APtemp3, Conctemp3)
B3$B1<-3

#B4
....
#B10

bootstrap<-rbind(B1,B2,B3,B4,B5,B6,B7,B8,B9,B10)

```

```

#ANALYSE
#Anova Amphibiens - modalite - Effet fixe
temp2_train_Amphi_EF_aov<-aov(Amphibiens~modalite+B1, data=bootstrap)
temp2_train_Amphi_EF_aov
summary(temp2_train_Amphi_EF_aov)
#Anova PC - modalite - Interaction
temp2_train_Amphi_I_aov<-aov(Amphibiens~modalite*B1, data=bootstrap)
temp2_train_Amphi_I_aov
summary(temp2_train_Amphi_I_aov)
#Analyse multiple
temp2_train_Amphi_aov<-aov(Amphibiens~modalite, data=bootstrap)
mod2_comp_Amphi<-glht(temp2_train_Amphi_aov, linfct=mcp(modalite="Tukey"))
summary(mod2_comp_Amphi)
#Moyenne
aggregate(Amphibiens~modalite, data=bootstrap, FUN=mean)
#Standard deviation
aggregate(Amphibiens~modalite, data=bootstrap, FUN=sd)

#Anova Mammiferes - modalite - Effet fixe
temp2_train_Mammiferes_EF_aov<-aov(Mammiferes~modalite+B1, data=bootstrap)
temp2_train_Mammiferes_EF_aov
summary(temp2_train_Mammiferes_EF_aov)
#Anova PC - modalite - Interaction
temp2_train_Mammiferes_I_aov<-aov(Mammiferes~modalite*B1, data=bootstrap)
temp2_train_Mammiferes_I_aov
summary(temp2_train_Mammiferes_I_aov)
#Analyse multiple
temp2_train_Mammiferes_aov<-aov(Mammiferes~modalite, data=bootstrap)
mod2_comp_Mammiferes<-glht(temp2_train_Mammiferes_aov,
linfct=mcp(modalite="Tukey"))
summary(mod2_comp_Mammiferes)
#Moyenne
aggregate(Mammiferes~modalite, data=bootstrap, FUN=mean)
#Standard deviation
aggregate(Mammiferes~modalite, data=bootstrap, FUN=sd)

#Anova Reptiles - modalite - Effet fixe
temp2_train_Reptiles_EF_aov<-aov(Reptiles~modalite+B1, data=bootstrap)
temp2_train_Reptiles_EF_aov
summary(temp2_train_Reptiles_EF_aov)
#Anova PC - modalite - Interaction
temp2_train_Reptiles_I_aov<-aov(Reptiles~modalite*B1, data=bootstrap)
temp2_train_Reptiles_I_aov
summary(temp2_train_Reptiles_I_aov)
#Analyse multiple
temp2_train_Reptiles_aov<-aov(Reptiles~modalite, data=bootstrap)

```

```

mod2_comp_Reptiles<-glht(temp2_train_Reptiles_aov, linfct=mcp(modalite="Tukey"))
summary(mod2_comp_Reptiles)
#Moyenne
aggregate(Reptiles~modalite, data=bootstrap, FUN=mean)
#Standard deviation
aggregate(Reptiles~modalite, data=bootstrap, FUN=sd)

#Anova PC - modalite - Effet fixe
temp2_train_PC_EF_aov<-aov(Pression_chasse~modalite+B1, data=bootstrap)
temp2_train_PC_EF_aov
summary(temp2_train_PC_EF_aov)
#Anova PC - modalite - Interaction
temp2_train_PC_I_aov<-aov(Pression_chasse~modalite*B1, data=bootstrap)
temp2_train_PC_I_aov
summary(temp2_train_PC_I_aov)
#Analyse multiple
temp2_train_PC_aov<-aov(Pression_chasse~modalite, data=bootstrap)
mod2_comp_PC<-glht(temp2_train_PC_aov, linfct=mcp(modalite="Tukey"))
summary(mod2_comp_PC)
#Moyenne
aggregate(Pression_chasse~modalite, data=bootstrap, FUN=mean)
#Standard deviation
aggregate(Pression_chasse~modalite, data=bootstrap, FUN=sd)

#Anova EH - modalite - Effet fixe
temp2_train_EH_EF_aov<-aov(Empreinte_humaine~modalite+B1, data=bootstrap)
temp2_train_EH_EF_aov
summary(temp2_train_EH_EF_aov)
#Anova PC - modalite - Interaction
temp2_train_EH_I_aov<-aov(Empreinte_humaine~modalite*B1, data=bootstrap)
temp2_train_EH_I_aov
summary(temp2_train_EH_I_aov)
#Analyse multiple
temp2_train_EH_aov<-aov(Empreinte_humaine~modalite, data=bootstrap)
mod2_comp_EH<-glht(temp2_train_EH_aov, linfct=mcp(modalite="Tukey"))
summary(mod2_comp_EH)
#Moyenne
aggregate(Empreinte_humaine~modalite, data=bootstrap, FUN=mean)
#Standard deviation
aggregate(Empreinte_humaine~modalite, data=bootstrap, FUN=sd)

#IFL
temp3_train_IFL<-bootstrap
temp3_train_IFL<-temp3_train_IFL[temp3_train_IFL$IFL==1,]
#ANALYSE

```

```

#Anova Amphibiens - modalite - Effet fixe
temp3_train_IFL_Amphibiens_EF_aov<-aov(Amphibiens~modalite+B1,
data=temp3_train_IFL)
temp3_train_IFL_Amphibiens_EF_aov
summary(temp3_train_IFL_Amphibiens_EF_aov)
#Anova Amphibiens - modalite - Interaction
temp3_train_IFL_Amphibiens_I_aov<-aov(Amphibiens~modalite*B1,
data=temp3_train_IFL)
temp3_train_IFL_Amphibiens_I_aov
summary(temp3_train_IFL_Amphibiens_I_aov)
#Analyse multiple
temp3_train_IFL_AMPHI_aov<-aov(Amphibiens~modalite, data=temp3_train_IFL)
IFL_comp_AMPHI<-glht(temp3_train_IFL_AMPHI_aov, linfct=mcp(modalite="Tukey"))
summary(IFL_comp_AMPHI)
#Moyenne
aggregate(Amphibiens~modalite, data=temp3_train_IFL, FUN=mean)
#Standard deviation
aggregate(Amphibiens~modalite, data=temp3_train_IFL, FUN=sd)

#Anova Mammiferes - modalite - Effet fixe
temp3_train_IFL_Mammiferes_EF_aov<-aov(Mammiferes~modalite+B1,
data=temp3_train_IFL)
temp3_train_IFL_Mammiferes_EF_aov
summary(temp3_train_IFL_Mammiferes_EF_aov)
#Anova Mammiferes - modalite - Interaction
temp3_train_IFL_Mammiferes_I_aov<-aov(Mammiferes~modalite*B1,
data=temp3_train_IFL)
temp3_train_IFL_Mammiferes_I_aov
summary(temp3_train_IFL_Mammiferes_I_aov)
#Analyse multiple
temp3_train_IFL_Mammiferes_aov<-aov(Mammiferes~modalite, data=temp3_train_IFL)
IFL_comp_Mammiferes<-glht(temp3_train_IFL_Mammiferes_aov,
linfct=mcp(modalite="Tukey"))
summary(IFL_comp_Mammiferes)
#Moyenne
aggregate(Mammiferes~modalite, data=temp3_train_IFL, FUN=mean)
#Standard deviation
aggregate(Mammiferes~modalite, data=temp3_train_IFL, FUN=sd)

#Anova Reptiles - modalite - Effet fixe
temp3_train_IFL_Reptiles_EF_aov<-aov(Reptiles~modalite+B1, data=temp3_train_IFL)
temp3_train_IFL_Reptiles_EF_aov
summary(temp3_train_IFL_Reptiles_EF_aov)
#Anova Reptiles - modalite - Interaction
temp3_train_IFL_Reptiles_I_aov<-aov(Reptiles~modalite*B1, data=temp3_train_IFL)
temp3_train_IFL_Reptiles_I_aov

```

```

summary(temp3_train_IFL_Reptiles_I_aov)
#Analyse multiple
temp3_train_IFL_REPT_aov<-aov(Reptiles~modalite, data=temp3_train_IFL)
IFL_comp_REPT<-glht(temp3_train_IFL_REPT_aov, linfct=mcp(modalite="Tukey"))
summary(IFL_comp_REPT)
#Moyenne
aggregate(Reptiles~modalite, data=temp3_train_IFL, FUN=mean)
#Standard deviation
aggregate(Reptiles~modalite, data=temp3_train_IFL, FUN=sd)

#Anova PC - modalite - Effet fixe
temp3_train_IFL_PC_EF_aov<-aov(Pression_chasse~modalite+B1,
data=temp3_train_IFL)
temp3_train_IFL_PC_EF_aov
summary(temp3_train_IFL_PC_EF_aov)
#Anova PC - modalite - Interaction
temp3_train_IFL_PC_I_aov<-aov(Pression_chasse~modalite*B1, data=temp3_train_IFL)
temp3_train_IFL_PC_I_aov
summary(temp3_train_IFL_PC_I_aov)
#Analyse multiple
temp3_train_IFL_PC_aov<-aov(Pression_chasse~modalite, data=temp3_train_IFL)
IFL_comp_PC<-glht(temp3_train_IFL_PC_aov, linfct=mcp(modalite="Tukey"))
summary(IFL_comp_PC)
#Moyenne
aggregate(Pression_chasse~modalite, data=temp3_train_IFL, FUN=mean)
#Standard deviation
aggregate(Pression_chasse~modalite, data=temp3_train_IFL, FUN=sd)

#Anova Empreinte_humaine - modalite - Effet fixe
temp3_train_IFL_EH_EF_aov<-aov(Empreinte_humaine~modalite+B1,
data=temp3_train_IFL)
temp3_train_IFL_EH_EF_aov
summary(temp3_train_IFL_EH_EF_aov)
#Anova Empreinte_humaine - modalite - Interaction
temp3_train_IFL_EH_I_aov<-aov(Empreinte_humaine~modalite*B1,
data=temp3_train_IFL)
temp3_train_IFL_EH_I_aov
summary(temp3_train_IFL_EH_I_aov)
#Analyse multiple
temp3_train_IFL_PC_EF_aov<-aov(Empreinte_humaine~modalite,
data=temp3_train_IFL)
IFL_comp_EH<-glht(temp3_train_IFL_EH_aov, linfct=mcp(modalite="Tukey"))
summary(IFL_comp_EH)
#Moyenne
aggregate(Empreinte_humaine~modalite, data=temp3_train_IFL, FUN=mean)
#Standard deviation

```

```

aggregate(Empreinte_humaine~modalite, data=temp3_train_IFL, FUN=sd)

#NONIFL
temp3_train_NONIFL<-bootstrap
temp3_train_NONIFL<-temp3_train_NONIFL[temp3_train_NONIFL$IFL==0,]
#ANALYSE
#Anova Amphibiens - modalite - Effet fixe
temp3_train_NONIFL_Amphibiens_EF_aov<-aov(Amphibiens~modalite+B1,
data=temp3_train_NONIFL)
temp3_train_NONIFL_Amphibiens_EF_aov
summary(temp3_train_NONIFL_Amphibiens_EF_aov)
#Anova Amphibiens - modalite - Interaction
temp3_train_NONIFL_Amphibiens_I_aov<-aov(Amphibiens~modalite*B1,
data=temp3_train_NONIFL)
temp3_train_NONIFL_Amphibiens_I_aov
summary(temp3_train_NONIFL_Amphibiens_I_aov)
#Analyse multiple
temp3_train_NONIFL_AMPHI_aov<-aov(Amphibiens~modalite,
data=temp3_train_NONIFL)
NONIFL_comp_AMPHI<-glht(temp3_train_NONIFL_AMPHI_aov,
linfct=mcp(modalite="Tukey"))
summary(NONIFL_comp_AMPHI)
#Moyenne
aggregate(Amphibiens~modalite, data=temp3_train_NONIFL, FUN=mean)
#Standard deviation
aggregate(Amphibiens~modalite, data=temp3_train_NONIFL, FUN=sd)

#Anova Mammiferes - modalite - Effet fixe
temp3_train_NONIFL_Mammiferes_EF_aov<-aov(Mammiferes~modalite+B1,
data=temp3_train_NONIFL)
temp3_train_NONIFL_Mammiferes_EF_aov
summary(temp3_train_NONIFL_Mammiferes_EF_aov)
#Anova Mammiferes - modalite - Interaction
temp3_train_NONIFL_Mammiferes_I_aov<-aov(Mammiferes~modalite*B1,
data=temp3_train_NONIFL)
temp3_train_NONIFL_Mammiferes_I_aov
summary(temp3_train_NONIFL_Mammiferes_I_aov)
#Analyse multiple
temp3_train_NONIFL_Mammiferes_aov<-aov(Mammiferes~modalite,
data=temp3_train_NONIFL)
NONIFL_comp_Mammiferes<-glht(temp3_train_NONIFL_Mammiferes_aov,
linfct=mcp(modalite="Tukey"))
summary(NONIFL_comp_Mammiferes)
#Moyenne
aggregate(Mammiferes~modalite, data=temp3_train_NONIFL, FUN=mean)

```



```

#Standard deviation
aggregate(Mammiferes~modalite, data=temp3_train_NONIFL, FUN=sd)

#Anova Reptiles - modalite - Effet fixe
temp3_train_NONIFL_Reptiles_EF_aov<-aov(Reptiles~modalite+B1,
data=temp3_train_NONIFL)
temp3_train_NONIFL_Reptiles_EF_aov
summary(temp3_train_NONIFL_Reptiles_EF_aov)
#Anova Reptiles - modalite - Interaction
temp3_train_NONIFL_Reptiles_I_aov<-aov(Reptiles~modalite*B1,
data=temp3_train_NONIFL)
temp3_train_NONIFL_Reptiles_I_aov
summary(temp3_train_NONIFL_Reptiles_I_aov)
#Analyse multiple
temp3_train_NONIFL_REPT_aov<-aov(Reptiles~modalite, data=temp3_train_NONIFL)
NONIFL_comp_REPT<-glht(temp3_train_NONIFL_REPT_aov,
linfct=mcp(modalite="Tukey"))
summary(NONIFL_comp_REPT)
#Moyenne
aggregate(Reptiles~modalite, data=temp3_train_NONIFL, FUN=mean)
#Standard deviation
aggregate(Reptiles~modalite, data=temp3_train_NONIFL, FUN=sd)

#Anova PC - modalite - Effet fixe
temp3_train_NONIFL_PC_EF_aov<-aov(Pression_chasse~modalite+B1,
data=temp3_train_NONIFL)
temp3_train_NONIFL_PC_EF_aov
summary(temp3_train_NONIFL_PC_EF_aov)
#Anova PC - modalite - Interaction
temp3_train_NONIFL_PC_I_aov<-aov(Pression_chasse~modalite*B1,
data=temp3_train_NONIFL)
temp3_train_NONIFL_PC_I_aov
summary(temp3_train_NONIFL_PC_I_aov)
#Analyse multiple
temp3_train_NONIFL_PC_aov<-aov(Pression_chasse~modalite,
data=temp3_train_NONIFL)
NONIFL_comp_PC<-glht(temp3_train_NONIFL_PC_aov, linfct=mcp(modalite="Tukey"))
summary(NONIFL_comp_PC)
#Moyenne
aggregate(Pression_chasse~modalite, data=temp3_train_NONIFL, FUN=mean)
#Standard deviation
aggregate(Pression_chasse~modalite, data=temp3_train_NONIFL, FUN=sd)

#Anova Empreinte_humaine - modalite - Effet fixe
temp3_train_NONIFL_EH_EF_aov<-aov(Empreinte_humaine~modalite+B1,
data=temp3_train_NONIFL)

```

```

temp3_train_NONIFL_EH_EF_aov
summary(temp3_train_NONIFL_EH_EF_aov)
#Anova Empreinte_humaine - modalite - Interaction
temp3_train_NONIFL_EH_I_aov<-aov(Empreinte_humaine~modalite*B1,
data=temp3_train_NONIFL)
temp3_train_NONIFL_EH_I_aov
summary(temp3_train_NONIFL_EH_I_aov)
#Analyse multiple
temp3_train_NONIFL_PC_EF_aov<-aov(Empreinte_humaine~modalite,
data=temp3_train_NONIFL)
NONIFL_comp_EH<-glht(temp3_train_NONIFL_EH_aov,
linfct=mcp(modalite="Tukey"))
summary(NONIFL_comp_EH)
#Moyenne
aggregate(Empreinte_humaine~modalite, data=temp3_train_NONIFL, FUN=mean)
#Standard deviation
aggregate(Empreinte_humaine~modalite, data=temp3_train_NONIFL, FUN=sd)

#GENERAL ANALYSE IFL TABLEAU COMPARATIF
#Anova Amphibiens - AP
dat_Amphibiens_AP<-bootstrap[bootstrap$modalite=="AP",]
dat_Amphibiens_AP_aov<-aov(Amphibiens~IFL+B1, data=dat_Amphibiens_AP)
dat_Amphibiens_AP_aov
summary(dat_Amphibiens_AP_aov)
#Anova Amphibiens - ConNC
dat_Amphibiens_ConNC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Concession",]
dat_Amphibiens_ConNC_aov<-aov(Amphibiens~IFL+B1, data=dat_Amphibiens_ConNC)
dat_Amphibiens_ConNC_aov
summary(dat_Amphibiens_ConNC_aov)
#Anova Amphibiens - ConLEG
dat_Amphibiens_ConLEG<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Legalite",]
dat_Amphibiens_ConLEG_aov<-aov(Amphibiens~IFL+B1,
data=dat_Amphibiens_ConLEG)
dat_Amphibiens_ConLEG_aov
summary(dat_Amphibiens_ConLEG_aov)
#Anova Amphibiens - ConFSC
dat_Amphibiens_ConFSC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="FSC",]
dat_Amphibiens_ConFSC_aov<-aov(Amphibiens~IFL+B1,
data=dat_Amphibiens_ConFSC)
dat_Amphibiens_ConFSC_aov
summary(dat_Amphibiens_ConFSC_aov)
#Anova Amphibiens - ND
dat_Amphibiens_ND<-bootstrap[bootstrap$modalite=="ND",]
dat_Amphibiens_ND_aov<-aov(Amphibiens~IFL+B1, data=dat_Amphibiens_ND)
dat_Amphibiens_ND_aov
summary(dat_Amphibiens_ND_aov)

```

```

#Anova Mammiferes - AP
dat_Mammiferes_AP<-bootstrap[bootstrap$modalite=="AP",]
dat_Mammiferes_AP_aov<-aov(Mammiferes~IFL+B1, data=dat_Mammiferes_AP)
dat_Mammiferes_AP_aov
summary(dat_Mammiferes_AP_aov)
#Anova Mammiferes - ConNC
dat_Mammiferes_ConNC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Concession",]
dat_Mammiferes_ConNC_aov<-aov(Mammiferes~IFL+B1,
data=dat_Mammiferes_ConNC)
dat_Mammiferes_ConNC_aov
summary(dat_Mammiferes_ConNC_aov)
#Anova Mammiferes - ConLEG
dat_Mammiferes_ConLEG<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Legalite",]
dat_Mammiferes_ConLEG_aov<-aov(Mammiferes~IFL+B1,
data=dat_Mammiferes_ConLEG)
dat_Mammiferes_ConLEG_aov
summary(dat_Mammiferes_ConLEG_aov)
#Anova Mammiferes - ConFSC
dat_Mammiferes_ConFSC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="FSC",]
dat_Mammiferes_ConFSC_aov<-aov(Mammiferes~IFL+B1,
data=dat_Mammiferes_ConFSC)
dat_Mammiferes_ConFSC_aov
summary(dat_Mammiferes_ConFSC_aov)
#Anova Mammiferes - ND
dat_Mammiferes_ND<-bootstrap[bootstrap$modalite=="ND",]
dat_Mammiferes_ND_aov<-aov(Mammiferes~IFL+B1, data=dat_Mammiferes_ND)
dat_Mammiferes_ND_aov
summary(dat_Mammiferes_ND_aov)

#Anova Reptiles - AP
dat_Reptiles_AP<-bootstrap[bootstrap$modalite=="AP",]
dat_Reptiles_AP_aov<-aov(Reptiles~IFL+B1, data=dat_Reptiles_AP)
dat_Reptiles_AP_aov
summary(dat_Reptiles_AP_aov)
#Anova Reptiles - ConNC
dat_Reptiles_ConNC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Concession",]
dat_Reptiles_ConNC_aov<-aov(Reptiles~IFL+B1, data=dat_Reptiles_ConNC)
dat_Reptiles_ConNC_aov
summary(dat_Reptiles_ConNC_aov)
#Anova Reptiles - ConLEG
dat_Reptiles_ConLEG<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Legalite",]
dat_Reptiles_ConLEG_aov<-aov(Reptiles~IFL+B1, data=dat_Reptiles_ConLEG)
dat_Reptiles_ConLEG_aov
summary(dat_Reptiles_ConLEG_aov)
#Anova Reptiles - ConFSC

```

```

dat_Reptiles_ConFSC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="FSC",]
dat_Reptiles_ConFSC_aov<-aov(Reptiles~IFL+B1, data=dat_Reptiles_ConFSC)
dat_Reptiles_ConFSC_aov
summary(dat_Reptiles_ConFSC_aov)
#Anova Reptiles - ND
dat_Reptiles_ND<-bootstrap[bootstrap$modalite=="ND",]
dat_Reptiles_ND_aov<-aov(Reptiles~IFL+B1, data=dat_Reptiles_ND)
dat_Reptiles_ND_aov
summary(dat_Reptiles_ND_aov)

#Anova PC - AP
dat_PC_AP<-bootstrap[bootstrap$modalite=="AP",]
dat_PC_AP_aov<-aov(Pression_chasse~IFL+B1, data=dat_PC_AP)
dat_PC_AP_aov
summary(dat_PC_AP_aov)
#Anova PC - ConNC
dat_PC_ConNC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Concession",]
dat_PC_ConNC_aov<-aov(Pression_chasse~IFL+B1, data=dat_PC_ConNC)
dat_PC_ConNC_aov
summary(dat_PC_ConNC_aov)
#Anova PC - ConLEG
dat_PC_ConLEG<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Legalite",]
dat_PC_ConLEG_aov<-aov(Pression_chasse~IFL+B1, data=dat_PC_ConLEG)
dat_PC_ConLEG_aov
summary(dat_PC_ConLEG_aov)
#Anova PC - ConFSC
dat_PC_ConFSC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="FSC",]
dat_PC_ConFSC_aov<-aov(Pression_chasse~IFL+B1, data=dat_PC_ConFSC)
dat_PC_ConFSC_aov
summary(dat_PC_ConFSC_aov)
#Anova PC - ND
dat_PC_ND<-bootstrap[bootstrap$modalite=="ND",]
dat_PC_ND_aov<-aov(Pression_chasse~IFL+B1, data=dat_PC_ND)
dat_PC_ND_aov
summary(dat_PC_ND_aov)

#Anova Empreinte_humaine - AP
dat_Empreinte_humaine_AP<-bootstrap[bootstrap$modalite=="AP",]
dat_Empreinte_humaine_AP_aov<-aov(Empreinte_humaine~IFL+B1,
data=dat_Empreinte_humaine_AP)
dat_Empreinte_humaine_AP_aov
summary(dat_Empreinte_humaine_AP_aov)
#Anova Empreinte_humaine - ConNC
dat_Empreinte_humaine_ConNC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Concession",]
dat_Empreinte_humaine_ConNC_aov<-aov(Empreinte_humaine~IFL+B1,
data=dat_Empreinte_humaine_ConNC)

```

```

dat_Empreinte_humaine_ConNC_aov
summary(dat_Empreinte_humaine_ConNC_aov)
#Anova Empreinte_humaine - ConLEG
dat_Empreinte_humaine_ConLEG<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Legalite",]
dat_Empreinte_humaine_ConLEG_aov<-aov(Empreinte_humaine~IFL+B1,
data=dat_Empreinte_humaine_ConLEG)
dat_Empreinte_humaine_ConLEG_aov
summary(dat_Empreinte_humaine_ConLEG_aov)
#Anova Empreinte_humaine - ConFSC
dat_Empreinte_humaine_ConFSC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="FSC",]
dat_Empreinte_humaine_ConFSC_aov<-aov(Empreinte_humaine~IFL+B1,
data=dat_Empreinte_humaine_ConFSC)
dat_Empreinte_humaine_ConFSC_aov
summary(dat_Empreinte_humaine_ConFSC_aov)
#Anova Empreinte_humaine - ND
dat_Empreinte_humaine_ND<-bootstrap[bootstrap$modalite=="ND",]
dat_Empreinte_humaine_ND_aov<-aov(Empreinte_humaine~IFL+B1,
data=dat_Empreinte_humaine_ND)
dat_Empreinte_humaine_ND_aov
summary(dat_Empreinte_humaine_ND_aov)

```

### Annexe 3 : Résultats complets R

#### R. AMPHIBIENS

```
> temp2_train_Amphi_EF_aov<-aov(Amphibiens~modalite+B1, data=bootstrap)
```

```
> temp2_train_Amphi_EF_aov
```

Call:

```
aov(formula = Amphibiens ~ modalite + B1, data = bootstrap)
```

Terms:

	modalite	B1	Residuals
Sum of Squares	19948473	10	53400616
Deg. of Freedom	4	1	249994

Residual standard error: 14.61532

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(temp2_train_Amphi_EF_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
modalite	4	19948473	4987118	23347.102	<2e-16 ***
B1	1	10	10	0.049	0.825
Residuals	249994	53400616	214		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
> temp2_train_Amphi_I_aov<-aov(Amphibiens~modalite*B1, data=bootstrap)
```

```
> temp2_train_Amphi_I_aov
```

Call:

```
aov(formula = Amphibiens ~ modalite * B1, data = bootstrap)
```

Terms:

	modalite	B1	modalite:B1	Residuals
Sum of Squares	19948473	10	1575	53399040
Deg. of Freedom	4	1	4	249990

Residual standard error: 14.61522

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(temp2_train_Amphi_I_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
modalite	4	19948473	4987118	23347.417	<2e-16 ***
B1	1	10	10	0.049	0.825
modalite:B1	4	1575	394	1.844	0.117
Residuals	249990	53399040	214		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
> temp2_train_Amphi_aov<-aov(Amphibiens~modalite, data=bootstrap)
```

```
> mod2_comp_Amphi<-glht(temp2_train_Amphi_aov, linfct=mcp(modalite="Tukey"))
```

```
> summary(mod2_comp_Amphi)
```

## Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

### Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: aov(formula = Amphibiens ~ modalite, data = bootstrap)

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Concession - AP == 0	6.24412	0.09244	67.55	<2e-16 ***
FSC - AP == 0	14.25913	0.09244	154.26	<2e-16 ***
Legalite - AP == 0	18.68454	0.09244	202.14	<2e-16 ***
ND - AP == 0	-5.67344	0.09244	-61.38	<2e-16 ***
FSC - Concession == 0	8.01501	0.09244	86.71	<2e-16 ***
Legalite - Concession == 0	12.44042	0.09244	134.59	<2e-16 ***
ND - Concession == 0	-11.91756	0.09244	-128.93	<2e-16 ***
Legalite - FSC == 0	4.42541	0.09244	47.88	<2e-16 ***
ND - FSC == 0	-19.93257	0.09244	-215.64	<2e-16 ***
ND - Legalite == 0	-24.35798	0.09244	-263.51	<2e-16 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Adjusted p values reported -- single-step method)

```
> aggregate(Amphibiens~modalite, data=bootstrap, FUN=mean)
```

```
modalite Amphibiens
```

```
1 AP 39.43702
2 Concession 45.68114
3 FSC 53.69615
4 Legalite 58.12156
5 ND 33.76358
```

```
> aggregate(Amphibiens~modalite, data=bootstrap, FUN=sd)
```

```
modalite Amphibiens
```

```
1 AP 18.01852
2 Concession 15.59349
3 FSC 10.76867
4 Legalite 10.42438
5 ND 16.60054
```

R. MAMMIFERES

```
> temp2_train_Mammiferes_EF_aov<-aov(Mammiferes~modalite+B1, data=bootstrap)
```

```
> temp2_train_Mammiferes_EF_aov
```

Call:

```
aov(formula = Mammiferes ~ modalite + B1, data = bootstrap)
```

Terms:

```
modalite B1 Residuals
```

```
Sum of Squares 24857036 279 79140980
Deg. of Freedom 4 1 249994
```

Residual standard error: 17.79246

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(temp2_train_Mammiferes_EF_aov)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
modalite  4 24857036 6214259 19629.874 <2e-16 ***
B1        1   279    279    0.881 0.348
Residuals 249994 79140980 317
```

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
> temp2_train_Mammiferes_I_aov<-aov(Mammiferes~modalite*B1, data=bootstrap)
```

```
> temp2_train_Mammiferes_I_aov
```

Call:

```
aov(formula = Mammiferes ~ modalite * B1, data = bootstrap)
```

Terms:

```
      modalite  B1 modalite:B1 Residuals
Sum of Squares 24857036 279 1356 79139624
Deg. of Freedom 4 1 4 249990
```

Residual standard error: 17.79245

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(temp2_train_Mammiferes_I_aov)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
modalite  4 24857036 6214259 19629.896 <2e-16 ***
B1        1   279    279    0.881 0.348
modalite:B1  4 1356    339    1.071 0.369
Residuals 249990 79139624 317
```

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
> temp2_train_Mammiferes_aov<-aov(Mammiferes~modalite, data=bootstrap)
```

```
> mod2_comp_Mammiferes<-glht(temp2_train_Mammiferes_aov,
linfct=mcp(modalite="Tukey"))
```

```
> summary(mod2_comp_Mammiferes)
```

### Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: aov(formula = Mammiferes ~ modalite, data = bootstrap)

Linear Hypotheses:

```
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
```



```

Concession - AP == 0    -1.1690   0.1125 -10.39 <2e-16 ***
FSC - AP == 0          8.7208   0.1125  77.50 <2e-16 ***
Legalite - AP == 0     24.1429   0.1125 214.55 <2e-16 ***
ND - AP == 0           -2.5633   0.1125 -22.78 <2e-16 ***
FSC - Concession == 0   9.8898   0.1125  87.89 <2e-16 ***
Legalite - Concession == 0 25.3119   0.1125 224.94 <2e-16 ***
ND - Concession == 0    -1.3943   0.1125 -12.39 <2e-16 ***
Legalite - FSC == 0     15.4221   0.1125 137.05 <2e-16 ***
ND - FSC == 0          -11.2840  0.1125 -100.28 <2e-16 ***
ND - Legalite == 0     -26.7062  0.1125 -237.33 <2e-16 ***
---

```

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
(Adjusted p values reported -- single-step method)

```

> aggregate(Mammiferes~modalite, data=bootstrap, FUN=mean)
  modalite Mammiferes
1      AP 121.2434
2 Concession 120.0744
3      FSC 129.9641
4  Legalite 145.3863
5      ND 118.6801
> aggregate(Mammiferes~modalite, data=bootstrap, FUN=sd)
  modalite Mammiferes
1      AP 22.992692
2 Concession 17.984051
3      FSC 14.915183
4  Legalite  7.488291
5      ND 21.265693

```

## R. REPTILES

```

> temp2_train_Reptiles_EF_aov<-aov(Reptiles~modalite+B1, data=bootstrap)
> temp2_train_Reptiles_EF_aov
Call:
  aov(formula = Reptiles ~ modalite + B1, data = bootstrap)

```

Terms:

	modalite	B1	Residuals
Sum of Squares	288453.3	1.0	1261126.2
Deg. of Freedom	4	1	249994

Residual standard error: 2.246024

Estimated effects may be unbalanced

```

> summary(temp2_train_Reptiles_EF_aov)
            Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
modalite    4 288453  72113 1.43e+04 <2e-16 ***
B1          1    1    1 1.94e-01  0.66

```

```

Residuals 249994 1261126 5
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> temp2_train_Reptiles_I_aov<-aov(Reptiles~modalite*B1, data=bootstrap)
> temp2_train_Reptiles_I_aov
Call:
  aov(formula = Reptiles ~ modalite * B1, data = bootstrap)

```

```

Terms:
      modalite      B1 modalite:B1 Residuals
Sum of Squares 288453.3  1.0  11.8 1261114.4
Deg. of Freedom  4    1    4  249990

```

Residual standard error: 2.246032

Estimated effects may be unbalanced

```

> summary(temp2_train_Reptiles_I_aov)
      Df Sum Sq Mean Sq  F value Pr(>F)
modalite  4 288453  72113 14294.985 <2e-16 ***
B1        1    1    1  0.194 0.660
modalite:B1  4  12    3  0.584 0.674
Residuals 249990 1261114  5
---

```

```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> temp2_train_Reptiles_aov<-aov(Reptiles~modalite, data=bootstrap)
> mod2_comp_Reptiles<-glht(temp2_train_Reptiles_aov, linfct=mcp(modalite="Tukey"))
> summary(mod2_comp_Reptiles)

```

### Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

#### Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: aov(formula = Reptiles ~ modalite, data = bootstrap)

#### Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>  t )
Concession - AP == 0	0.42831	0.01421	30.152	<1e-10 ***
FSC - AP == 0	1.81731	0.01421	127.934	<1e-10 ***
Legalite - AP == 0	2.72934	0.01421	192.138	<1e-10 ***
ND - AP == 0	0.11388	0.01421	8.017	<1e-10 ***
FSC - Concession == 0	1.38900	0.01421	97.782	<1e-10 ***
Legalite - Concession == 0	2.30102	0.01421	161.986	<1e-10 ***
ND - Concession == 0	-0.31444	0.01421	-22.135	<1e-10 ***
Legalite - FSC == 0	0.91202	0.01421	64.204	<1e-10 ***
ND - FSC == 0	-1.70344	0.01421	-119.917	<1e-10 ***
ND - Legalite == 0	-2.61546	0.01421	-184.121	<1e-10 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
(Adjusted p values reported -- single-step method)

```
> aggregate(Reptiles~modalite, data=bootstrap, FUN=mean)
```

```
modalite Reptiles
1 AP 17.32068
2 Concession 17.74900
3 FSC 19.13800
4 Legalite 20.05002
5 ND 17.43456
```

```
> aggregate(Reptiles~modalite, data=bootstrap, FUN=sd)
```

```
modalite Reptiles
1 AP 2.7620176
2 Concession 2.3992073
3 FSC 2.0111503
4 Legalite 0.7942862
5 ND 2.6762839
```

#### I. PRESSION DE CHASSE

```
> temp2_train_PC_EF_aov<-aov(Pression_chasse~modalite+B1, data=bootstrap)
```

```
> temp2_train_PC_EF_aov
```

Call:

```
aov(formula = Pression_chasse ~ modalite + B1, data = bootstrap)
```

Terms:

	modalite	B1	Residuals
Sum of Squares	9548.66	0.03	243407.01
Deg. of Freedom	4	1	249994

Residual standard error: 0.9867378

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(temp2_train_PC_EF_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
modalite	4	9549	2387	2451.766	<2e-16 ***
B1	1	0	0	0.028	0.866
Residuals	249994	243407		1	

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
> temp2_train_PC_I_aov<-aov(Pression_chasse~modalite*B1, data=bootstrap)
```

```
> temp2_train_PC_I_aov
```

Call:

```
aov(formula = Pression_chasse ~ modalite * B1, data = bootstrap)
```

Terms:

	modalite	B1	modalite:B1	Residuals
--	----------	----	-------------	-----------

```
Sum of Squares  9548.66   0.03   1.23 243405.77
Deg. of Freedom    4     1     4  249990
```

Residual standard error: 0.9867431  
 Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(temp2_train_PC_I_aov)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
modalite    4  9549  2387.2 2451.739 <2e-16 ***
B1          1    0    0.0   0.028  0.866
modalite:B1  4    1    0.3   0.316  0.867
Residuals 249990 243406    1.0
```

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
> temp2_train_PC_aov<-aov(Pression_chasse~modalite, data=bootstrap)
> mod2_comp_PC<-glht(temp2_train_PC_aov, linfct=mcp(modalite="Tukey"))
> summary(mod2_comp_PC)
```

### Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

#### Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: aov(formula = Pression\_chasse ~ modalite, data = bootstrap)

#### Linear Hypotheses:

```
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Concession - AP == 0    0.317758  0.006241  50.92 <2e-16 ***
FSC - AP == 0          -0.256041  0.006241 -41.03 <2e-16 ***
Legalite - AP == 0     0.082185  0.006241  13.17 <2e-16 ***
ND - AP == 0           0.205049  0.006241  32.86 <2e-16 ***
FSC - Concession == 0  -0.573799  0.006241 -91.94 <2e-16 ***
Legalite - Concession == 0 -0.235573  0.006241 -37.75 <2e-16 ***
ND - Concession == 0   -0.112709  0.006241 -18.06 <2e-16 ***
Legalite - FSC == 0    0.338226  0.006241  54.20 <2e-16 ***
ND - FSC == 0         0.461090  0.006241  73.89 <2e-16 ***
ND - Legalite == 0     0.122864  0.006241  19.69 <2e-16 ***
```

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Adjusted p values reported -- single-step method)

```
> aggregate(Pression_chasse~modalite, data=bootstrap, FUN=mean)
```

```
modalite Pression_chasse
1      AP      2.022961
2 Concession      2.340720
3      FSC      1.766920
4  Legalite      2.105146
```

```

5    ND    2.228010
> aggregate(Pression_chasse~modalite, data=bootstrap, FUN=sd)
  modalite Pression_chasse
1    AP    0.9478697
2 Concession    0.9849849
3    FSC    0.9494540
4 Legalite    1.0429976
5    ND    1.0051263

```

## I. EMPREINTE HUMAINE

```

> temp2_train_EH_EF_aov<-aov(Empreinte_humaine~modalite+B1, data=bootstrap)
> temp2_train_EH_EF_aov
Call:
  aov(formula = Empreinte_humaine ~ modalite + B1, data = bootstrap)

```

Terms:

	modalite	B1	Residuals
Sum of Squares	2258438	64	14754369
Deg. of Freedom	4	1	249994

Residual standard error: 7.682375

Estimated effects may be unbalanced

```

> summary(temp2_train_EH_EF_aov)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
modalite    4 2258438  564609 9566.589 <2e-16 ***
B1          1    64     64  1.088  0.297
Residuals 249994 14754369    59
---

```

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

> temp2_train_EH_I_aov<-aov(Empreinte_humaine~modalite*B1, data=bootstrap)
> temp2_train_EH_I_aov
Call:
  aov(formula = Empreinte_humaine ~ modalite * B1, data = bootstrap)

```

Terms:

	modalite	B1	modalite:B1	Residuals
Sum of Squares	2258438	64	53	14754316
Deg. of Freedom	4	1	4	249990

Residual standard error: 7.682423

Estimated effects may be unbalanced

```

> summary(temp2_train_EH_I_aov)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
modalite    4 2258438  564609 9566.470 <2e-16 ***
B1          1    64     64  1.088  0.297

```

```
modalite:B1    4    53    13    0.224 0.925
Residuals 249990 14754316    59
```

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
> temp2_train_EH_aov<-aov(Empreinte_humaine~modalite, data=bootstrap)
> mod2_comp_EH<-glht(temp2_train_EH_aov, linfct=mcp(modalite="Tukey"))
> summary(mod2_comp_EH)
```

### Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

#### Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: aov(formula = Empreinte\_humaine ~ modalite, data = bootstrap)

#### Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>  t )
Concession - AP == 0	2.71519	0.04859	55.88	<2e-16 ***
FSC - AP == 0	-2.71235	0.04859	-55.82	<2e-16 ***
Legalite - AP == 0	1.44472	0.04859	29.73	<2e-16 ***
ND - AP == 0	6.36983	0.04859	131.10	<2e-16 ***
FSC - Concession == 0	-5.42754	0.04859	-111.71	<2e-16 ***
Legalite - Concession == 0	-1.27047	0.04859	-26.15	<2e-16 ***
ND - Concession == 0	3.65465	0.04859	75.22	<2e-16 ***
Legalite - FSC == 0	4.15706	0.04859	85.56	<2e-16 ***
ND - FSC == 0	9.08218	0.04859	186.92	<2e-16 ***
ND - Legalite == 0	4.92512	0.04859	101.37	<2e-16 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Adjusted p values reported -- single-step method)

```
> aggregate(Empreinte_humaine~modalite, data=bootstrap, FUN=mean)
```

```
modalite Empreinte_humaine
1 AP 12.563563
2 Concession 15.278750
3 FSC 9.851215
4 Legalite 14.008279
5 ND 18.933398
```

```
> aggregate(Empreinte_humaine~modalite, data=bootstrap, FUN=sd)
```

```
modalite Empreinte_humaine
1 AP 7.635182
2 Concession 7.870489
3 FSC 7.449292
4 Legalite 7.589381
5 ND 7.858963
```

## SIGNIFICATIVITE IFL – NON-IFL

### R. AMPHIBIENS - AP

```
> dat_Amphibiens_AP<-bootstrap[bootstrap$modalite=="AP",]  
> dat_Amphibiens_AP_aov<-aov(Amphibiens~IFL+B1, data=dat_Amphibiens_AP)  
> dat_Amphibiens_AP_aov
```

Call:

```
aov(formula = Amphibiens ~ IFL + B1, data = dat_Amphibiens_AP)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	498548	535	15733948
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 17.73973

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_Amphibiens_AP_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
IFL	1	498548	498548	1584.211	<2e-16 ***
B1	1	535	535	1.702	0.192
Residuals	49997	15733948	315		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### R. AMPHIBIENS – CONCESSIONS NON CERTIFIEES

```
> dat_Amphibiens_ConNC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Concession",]  
> dat_Amphibiens_ConNC_aov<-aov(Amphibiens~IFL+B1,  
data=dat_Amphibiens_ConNC)
```

```
> dat_Amphibiens_ConNC_aov
```

Call:

```
aov(formula = Amphibiens ~ IFL + B1, data = dat_Amphibiens_ConNC)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	22226	132	12135247
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 15.57946

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_Amphibiens_ConNC_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
IFL	1	22226	22226	91.569	<2e-16 ***
B1	1	132	132	0.542	0.461
Residuals	49997	12135247	243		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

R. AMPHIBIENS – CONCESSIONS CERTIFIEES LEGALES

```
> dat_Amphibiens_ConLEG<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Legalite",]  
> dat_Amphibiens_ConLEG_aov<-aov(Amphibiens~IFL+B1,  
data=dat_Amphibiens_ConLEG)
```

Call:

```
aov(formula = Amphibiens ~ IFL + B1, data = dat_Amphibiens_ConLEG)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	573780	21	4859470
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 9.858764

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_Amphibiens_ConLEG_aov)  
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)  
IFL      1 573780 573780 5903.379 <2e-16 ***  
B1       1   21    21  0.212 0.645  
Residuals 49997 4859470    97  
---
```

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

R. AMPHIBIENS – CONCESSIONS CERTIFIEES FSC

```
> dat_Amphibiens_ConFSC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="FSC",]  
> dat_Amphibiens_ConFSC_aov<-aov(Amphibiens~IFL+B1,  
data=dat_Amphibiens_ConFSC)
```

Call:

```
aov(formula = Amphibiens ~ IFL + B1, data = dat_Amphibiens_ConFSC)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	278727	308	5519060
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 10.50656

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_Amphibiens_ConFSC_aov)  
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)  
IFL      1 278727 278727 2524.978 <2e-16 ***  
B1       1  308    308  2.786 0.0951 .  
Residuals 49997 5519060   110  
---
```

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



## R. AMPHIBIENS – ZONES NON DEFINIES

```
> dat_Amphibiens_ND<-bootstrap[bootstrap$modalite=="ND",]  
> dat_Amphibiens_ND_aov<-aov(Amphibiens~IFL+B1, data=dat_Amphibiens_ND)  
> dat_Amphibiens_ND_aov
```

Call:

```
aov(formula = Amphibiens ~ IFL + B1, data = dat_Amphibiens_ND)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	642477	657	13135490
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 16.20881

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_Amphibiens_ND_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
IFL	1	642477	642477	2445.428	<2e-16 ***
B1	1	657	657	2.501	0.114
Residuals	49997	13135490	263		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

## R. MAMMIFERES - AP

```
> dat_Mammiferes_AP<-bootstrap[bootstrap$modalite=="AP",]  
> dat_Mammiferes_AP_aov<-aov(Mammiferes~IFL+B1, data=dat_Mammiferes_AP)  
> dat_Mammiferes_AP_aov
```

Call:

```
aov(formula = Mammiferes ~ IFL + B1, data = dat_Mammiferes_AP)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	460201	551	25971914
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 22.79187

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_Mammiferes_AP_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
IFL	1	460201	460201	885.906	<2e-16 ***
B1	1	551	551	1.061	0.303
Residuals	49997	25971914	519		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

## R. MAMMIFERES – CONCESSIONS NON CERTIFIEES

```

> dat_Mammiferes_ConNC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Concession",]
>
dat_Mammiferes_ConNC_aov<-aov(Mammiferes~IFL+B1,
data=dat_Mammiferes_ConNC)
> dat_Mammiferes_ConNC_aov
Call:
aov(formula = Mammiferes ~ IFL + B1, data = dat_Mammiferes_ConNC)

```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	694464	259	15476257
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 17.59385

Estimated effects may be unbalanced

```

> summary(dat_Mammiferes_ConNC_aov)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
IFL     1 694464 694464 2243.510 <2e-16 ***
B1      1   259   259   0.836 0.361
Residuals 49997 15476257 310
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

#### R. MAMMIFERES – CONCESSIONS CERTIFIEES LEGALES

```

> dat_Mammiferes_ConLEG<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Legalite",]
>
dat_Mammiferes_ConLEG_aov<-aov(Mammiferes~IFL+B1,
data=dat_Mammiferes_ConLEG)
> dat_Mammiferes_ConLEG_aov
Call:
aov(formula = Mammiferes ~ IFL + B1, data = dat_Mammiferes_ConLEG)

```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	1866.0	152.7	2801650.4
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 7.485744

Estimated effects may be unbalanced

```

> summary(dat_Mammiferes_ConLEG_aov)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
IFL     1 1866 1866.0 33.299 7.95e-09 ***
B1      1  153  152.7  2.725 0.0988 .
Residuals 49997 2801650 56.0
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

#### R. MAMMIFERES – CONCESSIONS CERTIFIEES FSC

```

> dat_Mammiferes_ConFSC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="FSC",]
> dat_Mammiferes_ConFSC_aov<-aov(Mammiferes~IFL+B1,
data=dat_Mammiferes_ConFSC)
> dat_Mammiferes_ConFSC_aov
Call:
aov(formula = Mammiferes ~ IFL + B1, data = dat_Mammiferes_ConFSC)

```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	415693	353	10706865
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 14.63387

Estimated effects may be unbalanced

```

> summary(dat_Mammiferes_ConFSC_aov)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
IFL     1 415693 415693 1941.129 <2e-16 ***
B1      1   353   353   1.648 0.199
Residuals 49997 10706865 214
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

#### R. MAMMIFERES – ZONES NON DEFINIES

```

> dat_Mammiferes_ND<-bootstrap[bootstrap$modalite=="ND",]
> dat_Mammiferes_ND_aov<-aov(Mammiferes~IFL+B1, data=dat_Mammiferes_ND)
> dat_Mammiferes_ND_aov
Call:
aov(formula = Mammiferes ~ IFL + B1, data = dat_Mammiferes_ND)

```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	133265	50	22477717
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 21.20333

Estimated effects may be unbalanced

```

> summary(dat_Mammiferes_ND_aov)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
IFL     1 133265 133265 296.420 <2e-16 ***
B1      1   50   50 0.111 0.739
Residuals 49997 22477717 450
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

#### R. REPTILES - AP

```

> dat_Reptiles_AP<-bootstrap[bootstrap$modalite=="AP",]

```

```

> dat_Reptiles_AP_aov<-aov(Reptiles~IFL+B1, data=dat_Reptiles_AP)
> dat_Reptiles_AP_aov
Call:
  aov(formula = Reptiles ~ IFL + B1, data = dat_Reptiles_AP)

```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	600.6	9.2	380819.6
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 2.759864

Estimated effects may be unbalanced

```

> summary(dat_Reptiles_AP_aov)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
IFL     1  601  600.6  78.857 <2e-16 ***
B1      1   9   9.2  1.205  0.272
Residuals 49997 380820 7.6
---

```

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#### R. REPTILES – CONCESSIONS NON CERTIFIEES

```

> dat_Reptiles_ConNC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Concession",]
> dat_Reptiles_ConNC_aov<-aov(Reptiles~IFL+B1, data=dat_Reptiles_ConNC)
> dat_Reptiles_ConNC_aov
Call:
  aov(formula = Reptiles ~ IFL + B1, data = dat_Reptiles_ConNC)

```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	437.71	0.27	287366.04
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 2.397429

Estimated effects may be unbalanced

```

> summary(dat_Reptiles_ConNC_aov)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
IFL     1  438  437.7  76.155 <2e-16 ***
B1      1   0   0.3  0.047  0.828
Residuals 49997 287366 5.7
---

```

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#### R. REPTILES – CONCESSIONS CERTIFIEES LEGALES

```

> dat_Reptiles_ConLEG<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Legalite",]
> dat_Reptiles_ConLEG_aov<-aov(Reptiles~IFL+B1, data=dat_Reptiles_ConLEG)
> dat_Reptiles_ConLEG_aov
Call:
  aov(formula = Reptiles ~ IFL + B1, data = dat_Reptiles_ConLEG)

```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	2514.839	0.001	29029.060
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 0.7619817

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_Reptiles_ConLEG_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
IFL	1	2515	2514.8	4331.329	<2e-16 ***
B1	1	0	0.0	0.001	0.972
Residuals	49997	29029	0.6		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#### R. REPTILES – CONCESSIONS CERTIFIEES FSC

```

> dat_Reptiles_ConFSC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="FSC",]
> dat_Reptiles_ConFSC_aov<-aov(Reptiles~IFL+B1, data=dat_Reptiles_ConFSC)
> dat_Reptiles_ConFSC_aov
Call:
  aov(formula = Reptiles ~ IFL + B1, data = dat_Reptiles_ConFSC)

```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	1240.33	1.71	200990.20
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 2.005005

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_Reptiles_ConFSC_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
IFL	1	1240	1240.3	308.536	<2e-16 ***
B1	1	2	1.7	0.426	0.514
Residuals	49997	200990	4.0		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#### R. REPTILES – ZONES NON DEFINIES

```

> dat_Reptiles_ND<-bootstrap[bootstrap$modalite=="ND",]
> dat_Reptiles_ND_aov<-aov(Reptiles~IFL+B1, data=dat_Reptiles_ND)

```

```
> dat_Reptiles_ND_aov
Call:
aov(formula = Reptiles ~ IFL + B1, data = dat_Reptiles_ND)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	1964.9	1.1	356151.6
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 2.668981

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_Reptiles_ND_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
IFL	1	1965	1964.9	275.834	<2e-16 ***
B1	1	1	1.1	0.153	0.696
Residuals	49997	356152	7.1		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

I. PRESSION DE CHASSE - AP

```
> dat_PC_AP<-bootstrap[bootstrap$modalite=="AP",]
> dat_PC_AP_aov<-aov(Pression_chasse~IFL+B1, data=dat_PC_AP)
> dat_PC_AP_aov
```

Call:

```
aov(formula = Pression_chasse ~ IFL + B1, data = dat_PC_AP)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	1481.17	0.06	43440.72
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 0.9321301

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_PC_AP_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
IFL	1	1481	1481.2	1704.713	<2e-16 ***
B1	1	0	0.1	0.073	0.787
Residuals	49997	43441	0.9		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

I. PRESSION DE CHASSE – CONCESSIONS NON CERTIFIEES

```
> dat_PC_ConNC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Concession",]
> dat_PC_ConNC_aov<-aov(Pression_chasse~IFL+B1, data=dat_PC_ConNC)
> dat_PC_ConNC_aov
```

Call:

```
aov(formula = Pression_chasse ~ IFL + B1, data = dat_PC_ConNC)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	138.79	0.00	48370.00
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 0.9835944

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_PC_ConNC_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
IFL	1	139	138.79	143.461	<2e-16 ***
B1	1	0	0.00	0.002	0.964
Residuals	49997	48370	0.97		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#### I. PRESSION DE CHASSE – CONCESSIONS CERTIFIEES LEGALES

```
> dat_PC_ConLEG<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Legalite",]
```

```
> dat_PC_ConLEG_aov<-aov(Pression_chasse~IFL+B1, data=dat_PC_ConLEG)
```

```
> dat_PC_ConLEG_aov
```

Call:

```
aov(formula = Pression_chasse ~ IFL + B1, data = dat_PC_ConLEG)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	331.80	0.27	54059.05
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 1.03983

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_PC_ConLEG_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
IFL	1	332	331.8	306.865	<2e-16 ***
B1	1	0	0.3	0.251	0.617
Residuals	49997	54059	1.1		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#### I. PRESSION DE CHASSE – CONCESSIONS CERTIFIEES FSC

```
> dat_PC_ConFSC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="FSC",]
```

```
> dat_PC_ConFSC_aov<-aov(Pression_chasse~IFL+B1, data=dat_PC_ConFSC)
```

```
> dat_PC_ConFSC_aov
```

Call:

```
aov(formula = Pression_chasse ~ IFL + B1, data = dat_PC_ConFSC)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	618.37	0.51	44453.36
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 0.9429319

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_PC_ConFSC_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
IFL	1	618	618.4	695.484	<2e-16 ***
B1	1	1	0.5	0.579	0.447
Residuals	49997	44453	0.9		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

I. PRESSION DE CHASSE – ZONES NON DEFINIES

```
> dat_PC_ND<-bootstrap[bootstrap$modalite=="ND",]
```

```
> dat_PC_ND_aov<-aov(Pression_chasse~IFL+B1, data=dat_PC_ND)
```

```
> dat_PC_ND_aov
```

Call:

```
aov(formula = Pression_chasse ~ IFL + B1, data = dat_PC_ND)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	1084.91	0.65	49427.38
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 0.9942872

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_PC_ND_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
IFL	1	1085	1084.9	1097.409	<2e-16 ***
B1	1	1	0.6	0.654	0.419
Residuals	49997	49427	1.0		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
> summary(dat_PC_ND_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
IFL	1	1085	1084.9	1097.409	<2e-16 ***
B1	1	1	0.6	0.654	0.419
Residuals	49997	49427	1.0		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



### I. EMPREINTE HUMAINE - AP

```
> dat_Empreinte_humaine_AP<-bootstrap[bootstrap$modalite=="AP",]  
> dat_Empreinte_humaine_AP_aov<-aov(Empreinte_humaine~IFL+B1,  
data=dat_Empreinte_humaine_AP)  
> dat_Empreinte_humaine_AP_aov
```

Call:

```
aov(formula = Empreinte_humaine ~ IFL + B1, data = dat_Empreinte_humaine_AP)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	200991.8	2.8	2713747.5
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 7.367375

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_Empreinte_humaine_AP_aov)  
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)  
IFL         1 200992 200992 3702.992 <2e-16 ***  
B1          1    3    3  0.052 0.819  
Residuals 49997 2713748    54  
---
```

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### I. EMPREINTE HUMAINE – CONCESSIONS NON CERTIFIEES

```
> dat_Empreinte_humaine_ConNC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Concession",]  
> dat_Empreinte_humaine_ConNC_aov<-aov(Empreinte_humaine~IFL+B1,  
data=dat_Empreinte_humaine_ConNC)  
> dat_Empreinte_humaine_ConNC_aov
```

Call:

```
aov(formula = Empreinte_humaine ~ IFL + B1, data =  
dat_Empreinte_humaine_ConNC)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	166321.5	9.9	2930836.7
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 7.656386

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_Empreinte_humaine_ConNC_aov)  
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)  
IFL         1 166321 166321 2837.27 <2e-16 ***  
B1          1  10    10  0.17 0.681  
Residuals 49997 2930837    59  
---
```

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

I. EMPREINTE HUMAINE – CONCESSIONS CERTIFIEES LEGALES

```
> dat_Empreinte_humaine_ConLEG<-bootstrap[bootstrap$modalite=="Legalite",]
> dat_Empreinte_humaine_ConLEG_aov<-aov(Empreinte_humaine~IFL+B1,
data=dat_Empreinte_humaine_ConLEG)
> dat_Empreinte_humaine_ConLEG_aov
```

Call:

```
aov(formula = Empreinte_humaine ~ IFL + B1, data =
dat_Empreinte_humaine_ConLEG)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	82051.6	3.5	2797822.5
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 7.480629

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_Empreinte_humaine_ConLEG_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
IFL	1	82052	82052	1466.260	<2e-16 ***
B1	1	4	4	0.063	0.802
Residuals	49997	2797823		56	

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

I. EMPREINTE HUMAINE – CONCESSIONS CERTIFIEES FSC

```
> dat_Empreinte_humaine_ConFSC<-bootstrap[bootstrap$modalite=="FSC",]
> dat_Empreinte_humaine_ConFSC_aov<-aov(Empreinte_humaine~IFL+B1,
data=dat_Empreinte_humaine_ConFSC)
> dat_Empreinte_humaine_ConFSC_aov
```

Call:

```
aov(formula = Empreinte_humaine ~ IFL + B1, data =
dat_Empreinte_humaine_ConFSC)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	20083.0	96.1	2754363.1
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 7.422302

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_Empreinte_humaine_ConFSC_aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
IFL	1	20083	20083	364.544	<2e-16 ***
B1	1	96	96	1.744	0.187
Residuals	49997	2754363		55	

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#### I. EMPREINTE HUMAINE – ZONES NON DEFINIES

```
> dat_Empreinte_humaine_ND<-bootstrap[bootstrap$modalite=="ND",]  
> dat_Empreinte_humaine_ND_aov<-aov(Empreinte_humaine~IFL+B1,  
data=dat_Empreinte_humaine_ND)  
> dat_Empreinte_humaine_ND_aov  
Call:  
aov(formula = Empreinte_humaine ~ IFL + B1, data = dat_Empreinte_humaine_ND)
```

Terms:

	IFL	B1	Residuals
Sum of Squares	528774.5	24.7	2559303.6
Deg. of Freedom	1	1	49997

Residual standard error: 7.154659

Estimated effects may be unbalanced

```
> summary(dat_Empreinte_humaine_ND_aov)  
      Df Sum Sq Mean Sq  F value Pr(>F)  
IFL      1 528775 528775 10329.818 <2e-16 ***  
B1       1   25    25    0.483 0.487  
Residuals 49997 2559304    51
```

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Annexe 4 : Diminution de la surface en IFLs entre 2000 et 2013.

