

Contribution A L'étude Sur La Cartographie Du Paysage Forestier Autour Du Parc National Des Virunga Et De Son Expansion Spatiale Entre 1987 Et 2017.

KYUNGU KASOLENE Jean-Claude

Date of Submission: 08-06-2019

Date of acceptance: 25-06-2019

I. INTRODUCTION

En République Démocratique du Congo, les parcs nationaux, les Domaines de chasse et quelques réserves sont gérés par l'Institut Congolais pour la Conservation de la nature (ICCN en sigle), une institution paraétatique dotée d'une personnalité juridique. Les autres réserves et forêts domaniales sont gérées par les services de l'environnement.

Pour les réserves et forêts domaniales, on remarque une absence d'initiatives pour autofinancer leur protection et conservation. Les ressources forestières sont souvent mal exploitées et les réserves aliénées pour les intérêts de certaines personnes à vide du pouvoir et cela parfois au mépris de la loi.

Les cas typiques sont repris dans la rubrique situation d'ensemble des réserves forestières du Nord-Kivu. Ceci fait que pour le Nord-Kivu et surtout pour le cas de cette étude, trois types de conservation ont été dégagés : le cas des aires protégées sous la responsabilité de l'ICCN, les aires protégées sous contrôle de service de l'environnement et celles pour la conservation des forêts naturelles par la coutume ou par des individus. Dans le premier cas, l'ICCN s'est montré à la hauteur de la tâche et a développé des moyens d'autofinancement via l'écotourisme et les moyens de recettes comme les amendes sur infractions commises contre la conservation, certaines taxes dues à la conservation. Ceci permet au parc et domaines de bien fonctionner. Cependant, depuis le début des conflits armés dans la région en 1990, ces moyens ont été perturbés. Actuellement, le Parc est envahi par des dissidents rwandais (Forces Démocratiques pour la Libération du Rwanda) et des Mai-mai qui sèment la terreur et qui ne permettent pas la bonne gestion du parc. Enfin, le positionnement des militaires dans toutes les zones protégées favorisent le braconnage et la dilapidation des ressources naturelles sans contrôle. Dans le dernier cas, ces initiatives sont souvent contrecarrées par les hommes d'affaires en quête des terres pour les fermes. Les guerres sont aussi des facteurs qui souvent neutralisent les actions déjà menées.

La population rurale, dont la densité est assez élevée, pratique une agriculture sur brûlis ; ce qui appauvrit rapidement le sol forestier et dégrade plusieurs centaines voire milliers d'hectares de forêts. En outre cette population n'est pas formée en matières environnementales et ne voit pas l'importance de conserver un parc par exemple car elle n'est même pas consultée ou impliquée dans la prise des décisions et dans la gestion des aires protégées, d'où un taux de braconnage élevé et la multiplicité d'autres problèmes. Le cas de pêcheries avec plus de 200 000 personnes à l'intérieur du parc est parlant.

En dehors de tout ceci, l'absence des moyens de communication, la pauvreté généralisée sont aussi des facteurs limitant pour la conservation et pour les échanges d'idées et d'expériences. Plusieurs ONG locales et nationales à vocation environnementale ont vu le jour ces dernières années. Il leur manque cependant des expériences pour faire face à tous ces problèmes. Il leur manque aussi les moyens opérationnels et se butent souvent à une méfiance vis-à-vis de certains leaders locaux car ces derniers ne voient pas l'importance de la conservation.

Les réalités actuelles dans le monde reposent sur le rapport homme-nature, qui de temps anciens le milieu naturel déterminait l'évolution des populations humaines, mais en ces jours elles déterminent l'avenir du milieu. Pour cause, on assiste à la convergence de deux domaines : « d'une part les domaines humains dus aux problèmes adaptatifs de l'homme à son milieu (biologique, social, génétique et économique) et d'autre part le domaine écologique en préservant les équilibres biophysiques et biochimiques » (Mate 2010).

Le suivi de la croissance des espaces urbanisés impose une connaissance périodique de l'occupation du sol avec un niveau de précision spatiale adapté. La télédétection est de plus en plus utilisée pour l'analyse de l'étalement urbain (Sudhira *et al.*, 2004 ; Yang et Liu, 2005 ; Haack et Rafter, 2006) en raison de l'emprise géographique des scènes enregistrées, de la périodicité des prises de vue et de la résolution spatiale de plus en plus élevée des capteurs. Plusieurs études se sont intéressées de surcroît aux conditions environnementales de la

ville (Lo *et al.*, 1997 ; Owen *et al.*, 1998 ; Roth *et al.*, 1989 ; Gallo *et al.*, 1993 ; Nowark *et al.*, 2000 ; Wągrowski et Hites, 1997) et à leurs impacts sur la santé (Miller et Small, 2003).

Depuis trente ans environ, de nombreux travaux de recherche ont été réalisés pour effectuer un suivi des changements des espaces forestiers par télédétection (Gomasasca *et al.*, 1993 ; Yeh et Li, 2001 ; Yang *et al.*, 2003 ; Haack et Rafter, 2006).

Hypothèse.

En développant cette thématique, l'on suppose qu'une analyse évolutive de la cartographie par images landsat permettrait de cerner la perte de la couverture végétale au fil du temps sur une période passée de 30ns. Une augmentation des pressions des populations sur les forêts dans la périphérie et à l'intérieur du parc.

Objectifs de l'étude.

Objectif global.

L'objectif de cette thèse est de détecter et d'analyser, à l'échelle de ce parc, les changements rapides dans la disparition de la faune sauvage et leur habitat en relation avec les dynamiques agro-démographiques

1.1. Objectifs spécifiques

- Analyser l'état de la déforestation de la cote ouest du lac Edouard
- Comprendre l'évolution de la déforestation par analyse des images satellite des massifs forestiers du PNVi et de ses environs entre 1987 et 2017
- Analyse des cartes de la déforestation dans le paysage des Virunga entre 1987 et 2017.

1. Approches méthodologiques

Par une étude documentaire, une analyse panoramique de l'ensemble du parc et de sa périphérie, utilisant le capteur de végétation de SPOT, présente la situation de l'ensemble du paysage et permettra d'identifier les niveaux d'anthropisation en fonction des données socio-économiques et physiques. Les données enregistrées par les satellites apparaissent aujourd'hui comme un outil incontournable pour détecter des changements d'occupation et d'utilisation des sols sur les surfaces terrestres (Ridd et Liu, 1998).

Il existe une grande variété de techniques utilisées pour évaluer ou mesurer les espaces occupés par les surfaces artificialisées à partir d'images satellitaires. La numérisation manuelle des surfaces artificialisées sur l'image par photo-interprétation est la technique la plus précise, mais la plus coûteuse en termes financier et de temps. L'échantillonnage de points peut être une alternative à la numérisation complète des contours, mais cette méthode est moins précise que la précédente et reste coûteuse en temps. Le traitement automatique ou semi-automatique des images de télédétection par des approches supervisées (Greenberg et Gordon, 1997 ; Vogelmann *et al.*, 1998 ; Stuckens *et al.*, 2000 ; Stefanov *et al.*, 2001 ; Lu et Weng, 2005) a été utilisé depuis plusieurs années pour quantifier les surfaces artificialisées.

Ainsi, cette section du rapport présente les résultats des analyses comparées des images satellite des massifs forestiers du PNVi et de ses environs depuis les 30 dernières années, soit du 1987 jusqu'en 2017(WWF,2018) avec celles téléchargées soit sur Google Earth soit earthexplorer(Image 2019 <https://earthexplorer.usgs.gov/>), soit celles obtenues chez OSFAC(Observatoire sur les Forêts d'Afriques Centrales).

D'autre part, les données proviennent de deux images satellitaires multi spectrales. LANDSAT Thematic MapperTM ortho rectifiées a été l'outil utilisé comme image dans notre aire d'étude, grâce à l'Unité SIG_ Télédétection de l'UNIKIS particulièrement dans la faculté des sciences agronomiques avec format numérique ainsi que des cartes analogiques préexistantes.

II. RESULTATS

2.1 L'état de la déforestation de la cote ouest du lac Edouard.

2.1.1 Cartographie des classes d'occupations du sol dans la zone d'étude entre 2000-2010.

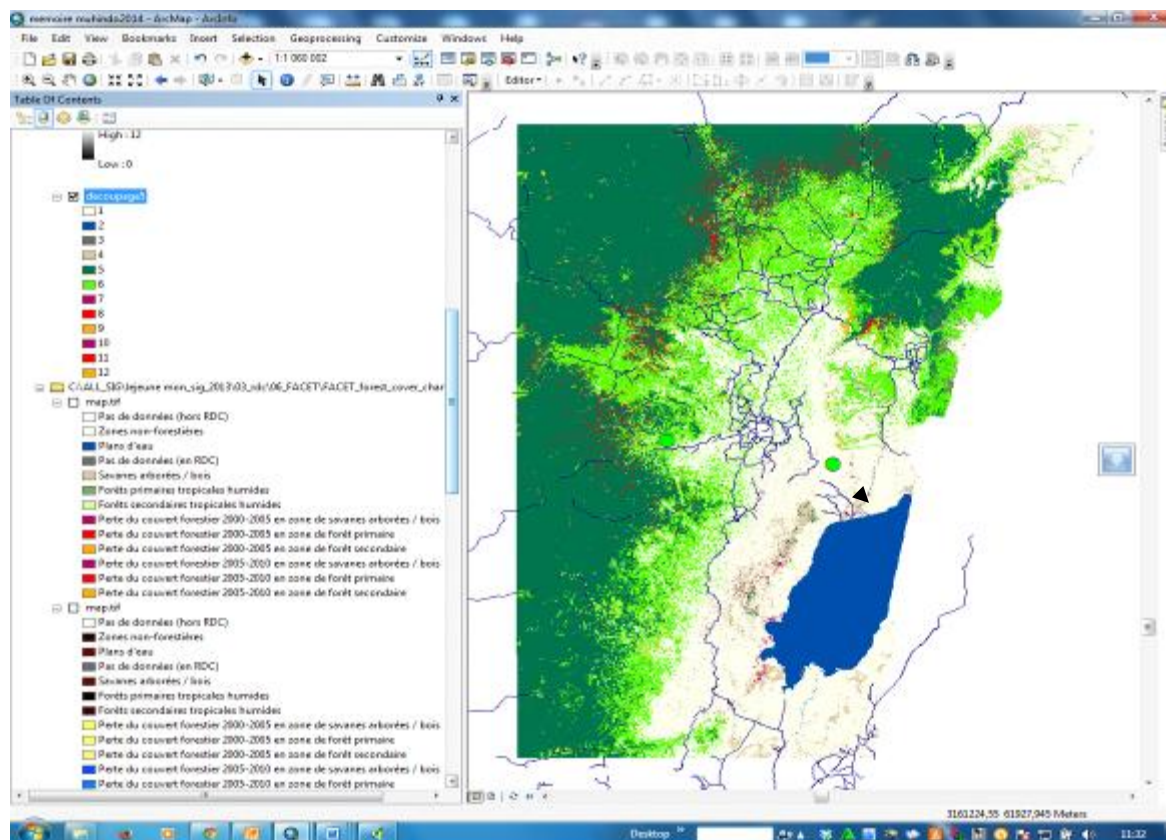


Fig 1. : Localisation des zones forestières et peuplées dans la zone d'étude.

Cette carte fait ressortir non seulement les types d'écosystèmes affectés ou non par la pression humaine mais aussi l'évolution de la perte de la couverture végétale entre 2000 et 2005 le long de la côte ouest du lac Edouard dans et autour du PARC National des Virunga en particulier à Tshiabirimu comme l'indique la légende de celle-ci.

2.1.2 Superficie occupée par chaque classe d'occupation du sol dans la zone d'étude

Tableau 1: superficie défrichées en hectares par an de 2000 à 2005 et 2005 à 2010

Zone	Année 1 (ha)	Année 2(ha)	Année 2(ha)
	2000	2005	2010
Agriculture et zone urbaine	856872.7	868262 .6	921736.9
Savanes ou jachère	69396.4	69208.0	67805.4
Forêt primaire	1195529.7	1186024.6	1151062.5
Forêt secondaire	523817.2	502031.5	484921.7
Total	2 645 616	1 757 264.1	2 625 526.5

Ce tableau montre la perte du couvert végétal de 2 645 616 hectares en 2000. Il ressort une diminution de superficie occupée en 2005 puis une remontée d'espace perdu en 2010. Cette dernière situation est probablement due à l'activisme des groupes armés pendant cette période appuyée par les politiciens lors de la campagne électorale de 2006 et 2011.

2.1.3 Taux de déforestation en l'espace de 10 ans le long de la côte ouest du lac Edouard.

Tableau 2 : Taux de déforestation % de 2000-2005 et de 2005 -2010.

Zone	TD en %	TD en %	TD en %
	2000-2005	2005-2010	2000-2010
Agriculture et zone urbaine	8.5	8.6	8.5
Savanes ou jachère	0.05	0.05	0.05
Forêt primaire	1.1	1.1	1.1
Forêt secondaire	5.2	5.0	5.2

Le taux de déforestation a oscillé autour de 5% pour entre 2000 et 2010 suivant ce tableau.

Selon la FAO(2012), le taux de déforestation au niveau mondial était de 0,14% entre 2005 et 2010 contre 0,20% de 1990-2000 et de 0,12% entre 2000 et 2005.

2.1.4 Evolution de la déforestation par analyse des images satellite des massifs forestiers du PNVi et de ses environs entre 1987 et 2017.

2.1.4.1 Etat de la d éforestation de 1987 à 2017 pour un intervalle de 10 ans pour une période de 30 ans.

Le rapport de WWF(2018) décrit les différentes périodes de l'état de déforestation dans et autour du Parc National des Virunga entre 1987 et 2017 sur des tranches d'intervalles de dix ans soit une période de 30 ans. Certaines terres envahies ont pu être récupérées un moment donné. Cet état de lieu sur la déforestation est repris dans les figures 2, 3, et tableau 3 et 4 ci-après.

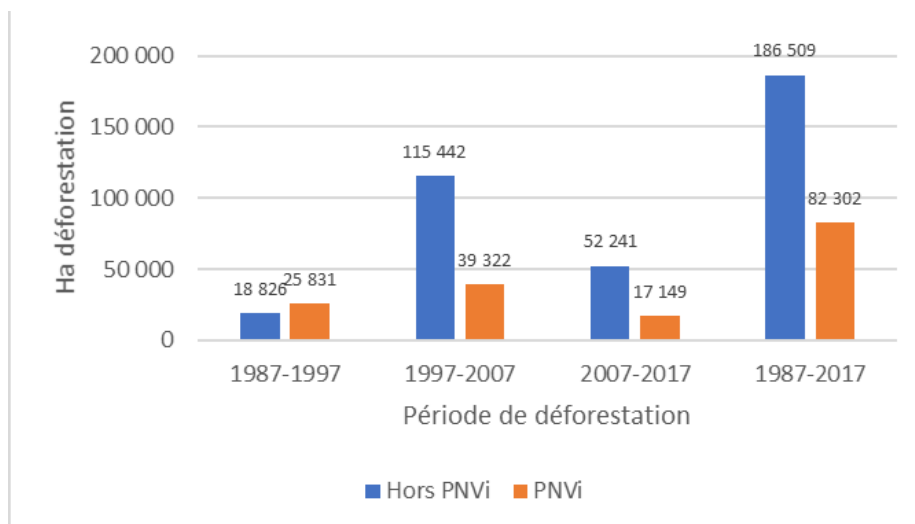


Fig.2. Etat de la déforestation de 1987 à 2017 pour un intervalle de 10 ans(source WWF).

La figure montre qu'entre 1987 et 1997 la déforestation était plus importante dans le PNVi que celle autour du parc représentant 58% du totale. En ce qui concerne le PNVi, le taux de la déforestation entre la période du 1987 et 2017 est de 10.6%, soit 82 302ha sur un total de 776 440 ha de forêts. Ce taux de déforestation représente 30.6% du total de déforestation pour le « PNVi et ses environs » (82 302ha sur 268 811 ha).

Cette tendance a changé pour les deux périodes suivantes (1997-2007 et 2007-2017), avec une déforestation en dehors du parc plus importante (environ 75% du total pour chaque période de dix ans). La figure suivante montre l'historique du changement de la déforestation dans le parc et autour de 5 km en dehors de la limite de celui-ci.

Problématique: Sans la forêt le nil va tarir

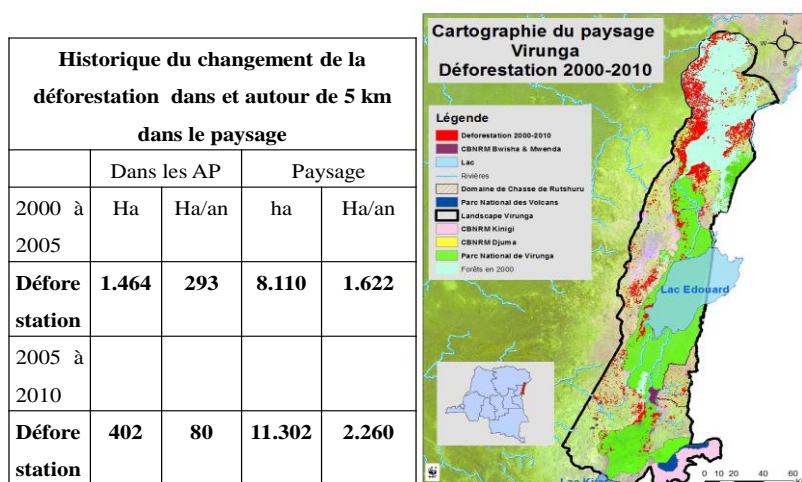


Fig.3. Déforestation dans et autour du Parc National des Virunga.

Il ressort de cette figure qu'en cette période, le Mont Tshiabirimu n'a pas subi une pression anthropique importante. L'on peut expliquer cette situation par le fait qu'en cette période, il existait un financement des partenaires appelés Gorilla Organization, WWF, Société Zoologique de Londres(FZL) en appui à l'ICCN pour stabiliser le suivi des gorilles et leur habitat.

Cependant les environs du Mont Tshiabirimu sont menacés de déforestation à la suite de la demande élevée en bois de commerce du charbon de bois et du bois d'œuvre dans les principales villes du bassin du Nil comme énoncé dans le tableau 3 repris ci-dessous. La présence de ces partenaires avait motivé le personnel de l'ICCN et du projet à fournir le mieux possible pour tenter de récupérer certaines terres envahies (Figure 4). Il faut noter que cette période ne connaît pas de moments d'insécurité.

Tableau 4. Besoins en charbon de bois et bois d'œuvre dans les principales villes du Nord-Kivu

Exploitation de bois pour le commerce de charbon de bois et bois d'œuvre
dans les principales villes du Bassin du Nil Congolais

(1987-2010)

Villes	Charbon (tonne)	Nombre d'arbres abattus	Superficie zones d'exploitations (ha)
Beni	16.491	149.914	2.998
Butembo	40.032	363.924	7.278
Goma	89.741	815.830	16.317
Total	146 .264	1. 329. 668	26 .593

146 264 t de bois sont extraits dans le paysage pour satisfaire les besoins des ménages dans les villes. Annuellement, il faut ainsi produire 11251, 077 t de charbons correspondants à environ 102.282 pieds d'arbre (8.523 arbres à abattre par mois).

De ce tableau, l'on observe que les besoins en charbon de bois et bois d'œuvre reste une réalité dans le milieu d'étude. Pour la seule ville de Butembo très proche de Tshiabirimu, le besoin en charbon de bois s'élève 40.032 tonnes soit un nombre de 363.924 arbres abattus et 7.278 hectares de superficie touchée par la déforestation. Les photos ci-dessous révèlent le niveau de déforestation pour la partie Est de Tshiabirimu en 2014 et 2017.



Figure 4 : Photo JC 2014 à gauche et 2017 à droite : Déforestation accélérée au Mont Tshiabirimu flanc Est.

Avec les efforts fournis par les partenaires de l'ICCN, certaines terres envahies ont été récupérées. La carte ci-dessous (fig. décrit ces superficies reprises.

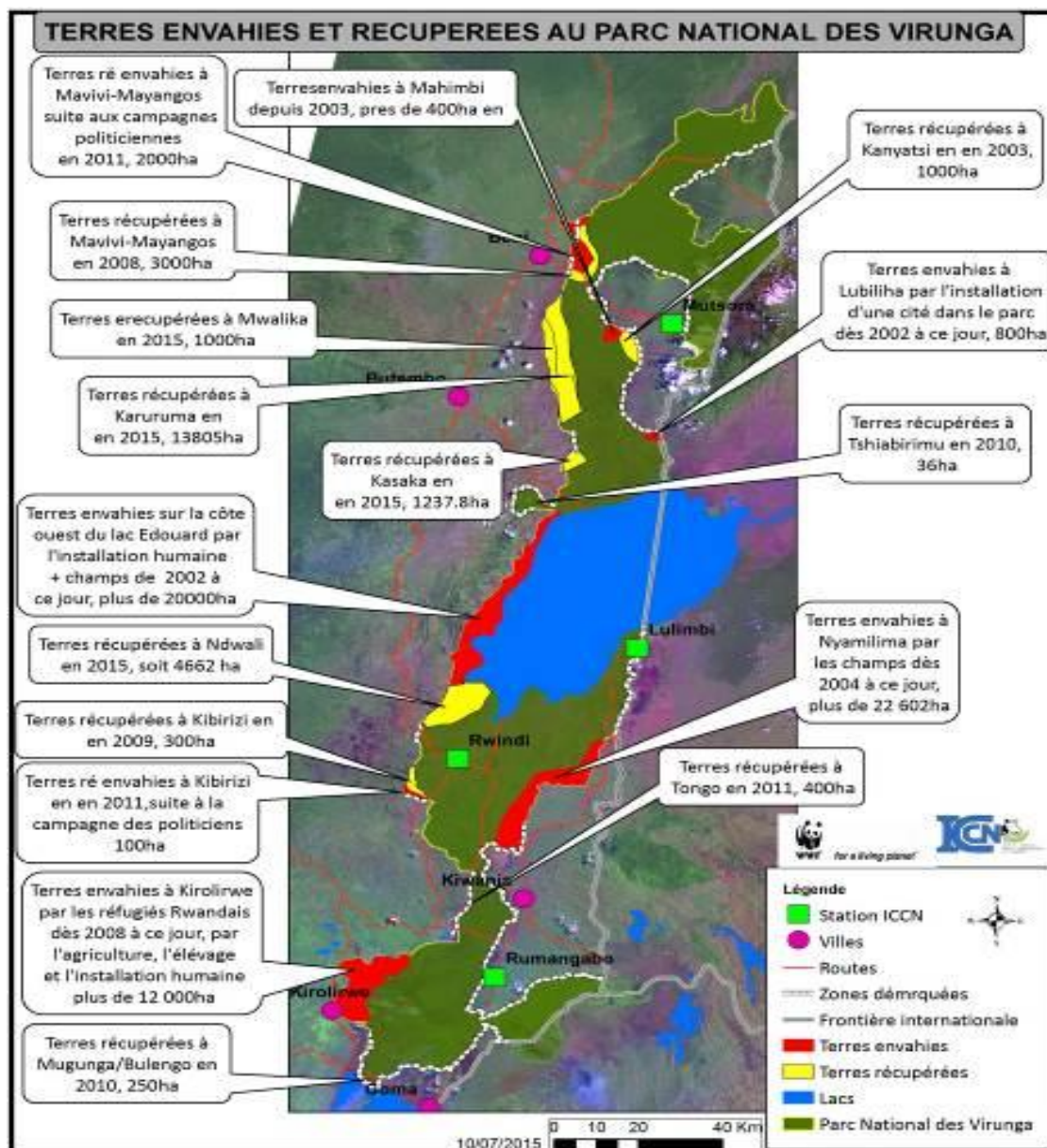


Figure 5. Situation de la déforestation avant 2002 et terres récupérées par le parc entre 2002 et 2015 (source : ICCN, rapport annuel de ICCN 2016).

De part cette figure 5, les terres envahies et récupérées s'élèvent à 54.404 ha de 2002 à 2015.

2.1.4.2. Evolution de la déforestation par analyse des images satellite des massifs forestiers du PNVi et ses environs entre 1987 et 2017.

L'analyse des images a permis de localiser les zones de changement pendant cette période dues à la déforestation et aux autres perturbations des massifs forestiers. Les images satellites analysées proviennent des capteurs Landsat (5,7 et 8) et Sentinel-2 acquises principalement en tout début et en fin des saisons pluvieuses (les mois de janvier, février, juin et juillet). Ces périodes ont été choisies car la couverture nuageuse est faible et l'état de la végétation permet de faire une meilleure discrimination des différents types de couverts végétaux. La section couvre les sous-sections suivantes :

- L'analyse des projets antérieurs sur l'évolution de la déforestation du PNVi et ses environs ;
- L'analyse visuelle et la sélection des classes d'occupation des sols ;
- Les résultats de la production des cartes d'occupation du sol et les résultats statistiques pour chaque période d'analyse ;

- Les résultats de la production des cartes de déforestation et les résultats statistiques relatifs aux variations du couvert forestier.

L'étude de WWF(voir rapport 2018) sur l'analyse des images satellite du PNVi et ses environs a montré que pendant la période de 1987 à 2017, la classe forêt avait diminué à la faveur de la classe non-forêt, cette diminution représentant un total de 268 811 ha ou une perte de pourcentage nette de 27.6%, ou 1.27% par an. En ce qui concerne le PNVi lui-même, le taux net de déforestation pour cette même période était de 10.6%, soit un total de 82 302 ha, ou un taux annuel de 0.39%.

L'analyse en période de couverture par des nuages ne décrit pas clairement la situation (figures 6, 7, 8 ci-dessous).



- Entity ID : LE71730601999276SGS00.TAR.GZ
 - Acquisition date : October 03, 1999
 - Cloud cover : N/A
 - Path: 173 Row: 60 Size: 285.00 MB
- Source OSFAC

- Entity ID : LE71730601999340SGS00.TAR.GZ
- Acquisition date : December 06, 1999
- Cloud cover : N/A

Path: 173 Row: 60 Size: 262.00 MB

Fig.6. analyse de la déforestation entre octobre et décembre 1999.



Image sat 04/4/2002

Image sat 20/06/2006

Fig.7. Analyse de la déforestation en période nuageuse entre avril 2002 et juin 2006.

https://www.researchgate.net/profile/Baudouin_Desclee/publication/268509848/viewer/AS:167780162744320@1417013316945/background/15.png



Image sat. 03/06/2011 (à gauche) et du 06/04/2019(à droite) entre Masereka et Tshiabirimu

Fig.8. analyse de la déforestation entre juin 2011 et avril 2019.

Par ailleurs, une analyse des séries chronologiques des images Landsat confirme ce processus entre 2000 et 2015 comme on peut le voir dans les figures qui suivent.

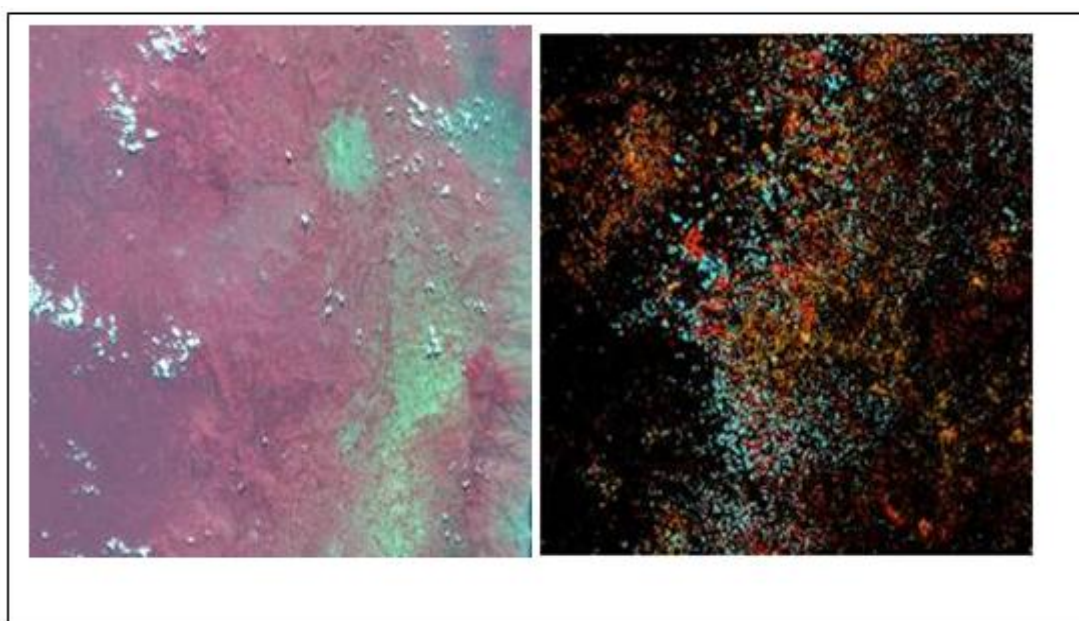


Fig. 9. Résultats de l'analyse des séries chronologiques des images Landsat caractérisant l'étendue et le changement des forêts.

Les arbres sont définis comme une végétation de plus de 5 m de hauteur et sont exprimés en pourcentage par cellule de grille de sortie comme «2000 pour cent de couverture d'arbre». La «perte de la couverture forestière» est définie comme une perturbation du remplacement du stand, ou une modification d'une forêt à l'état non forestier pendant la période 2000-2015.

Le «gain de couverture forestière» est défini comme l'inverse de la perte, ou un changement de forêt non forestière entièrement dans la période 2000-2012. L'année de la perte de forêt est une désagrégation de la «perte de forêt» totale à des échelles de temps annuelles. Les images de référence 2000 et 2014 sont des observations médianes d'un ensemble d'évaluations de la qualité - observations de la saison de croissance passée. De cette figure on peut observer les pertes en couverture végétale entre 2000-2015.

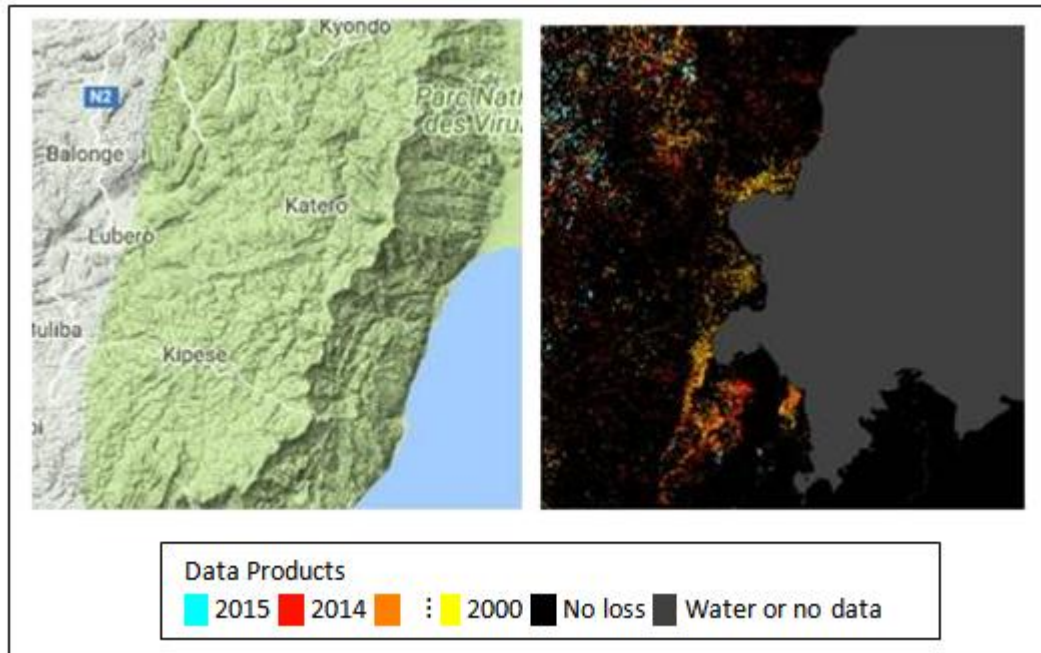


Fig.10. Observations d'un ensemble d'évaluations sur la perte des forêts.

2.2. Analyse des cartes de la déforestation dans le paysage des Virunga entre 1987 et 2017 (WWF,2018)

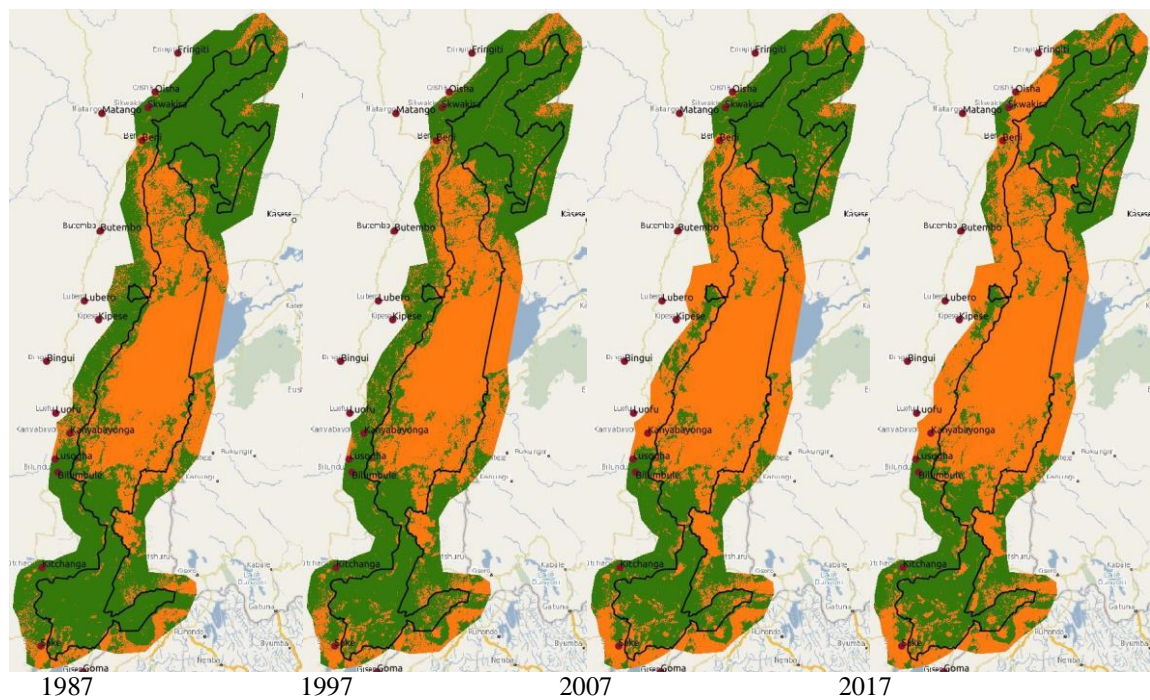


Fig.11. Evolution de la déforestation successivement de 1987 et 1997 puis 2007-2017

Les cartes de déforestation sont déduites à partir des cartes binaires pour les périodes 1987-1997, 1997-2007 et 2007-2017. Pour la seule période de juin 2011 et juin 2019, la partie ouest de Tshiabirimu a subi une modification importante en terme de déforestation. Cette période coïncide avec la recrudescence des attaques mai mai sur les positions du personnel de l'ICCN.

Fig.12. Evolution de la déforestation successivement de 1987 et 1997 puis 2007-2017.

Cas particulier de Tshiabirimu

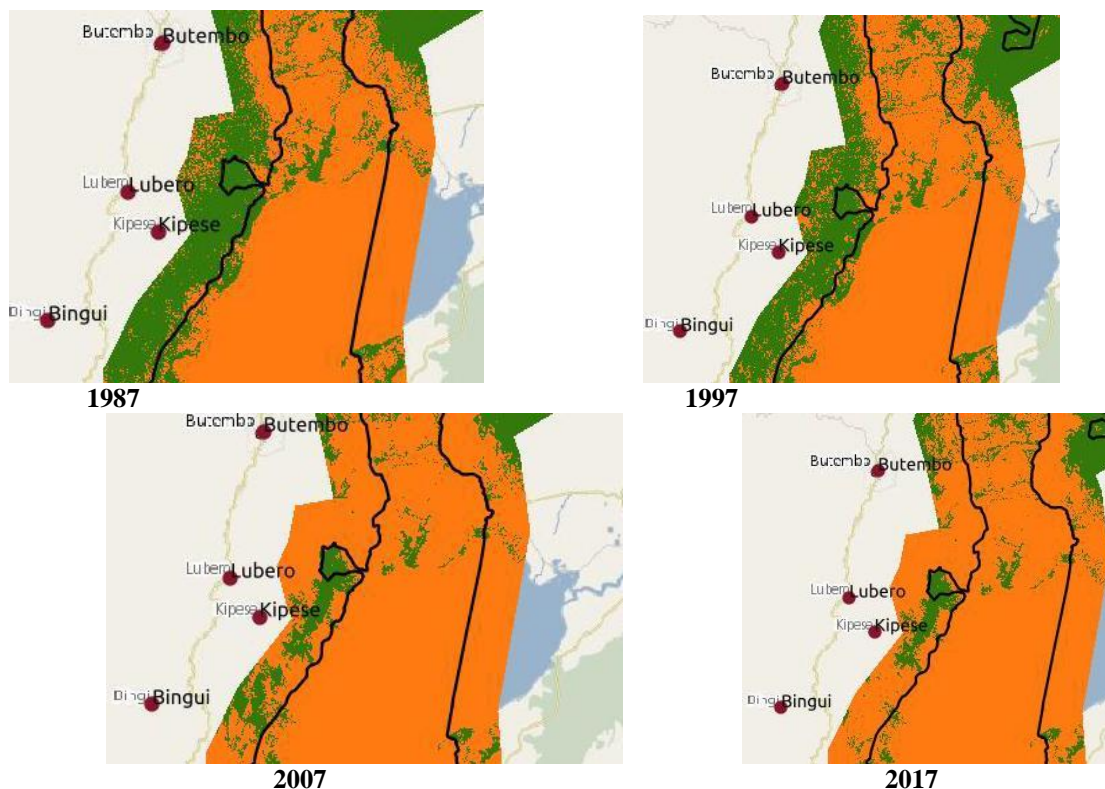


Fig.12. Evolution de la déforestation successivement de 1987 et 1997 puis 2007-2017

La figure 13 suivante présente une situation de changement de l'habitat sur terrain suite à une déforestation accélérée pour l'agriculture par la population à Ngitse ouest de Tshiabirimu au Camp Ngai entre 2016 et 2019. Jusqu'en 2016, la forêt se prolongeait jusqu'à la rivière Talihya (photo gauche) comme limite ouest de Tshiabirimu et cette forêt repoussée vers le sommet en 2019(photo droite).



Fig.13. Images du village Kaliro/Ngitse de 2000(gauche) à 2015(droite).



Cette figure présente une évolution de changement de l'habitat suite à une déforestation accélérée pour l'agriculture par la population à Ngitse ouest de Tshiabirimu au Camp Ngai

2.3. Analyse visuelle et la sélection des classes d'occupation des sols.

L'analyse de ces études cartographiques antérieures dans la zone de PNVi a permis :

- d'avoir une idée sur les différentes classes d'occupation du sol dans la zone du PNVi ;
- d'apporter des éléments sur les tendances de déforestation dans la zone de PNVi.

De manière concrète, il dégage une réalité assez complexe difficile sur l'envahissement rapide du milieu par la population poussé par la présence des mai mai et l'absence des écovardes à Tshiabirimu entre 2016 et 2019 comme l'indique la figure ci-dessous.

Pour sélectionner les classes d'occupation du sol qui ont fait l'objet de cartographie, les chercheurs se sont basés sur les travaux de cartographie déjà réalisés dans la zone du PNVi, les observations de terrain, et l'analyse visuelle des images satellitaires qui ont servi pour cette cartographie (Landsat 5-7-8 et Sentinel-2). Par exemple, des missions de terrain ont déjà été réalisées en juillet 2014 et février 2015 dans le cadre de projet ECOMakala. Ces missions ont permis de parcourir tout le PNVi sur sa longueur de la ville de Goma au Sud du parc à la ville de Béni au Nord du parc.

Au total 8 classes d'occupation des sols ont été identifiées.

Dans son rapport de 2018, WWF fait ressortir huit un classement de huit écosystèmes dans le paysage des Virunga. Il s'agit de :

1 Classes Description Classes binaires

1. Forêts denses : Il s'agit des écosystèmes composés des essences de feuillus à larges feuilles semi-décidues ou persistantes. Le taux de couvert de la canopée est de 65%. La surface minimale considérée comme forêt en RDC est de 0,5ha. Forêt .

2. Forêts claires ou perturbées Mosaïque d'arbre semi décidus ayant une couverture végétale inférieure à 65 %. Il s'agit des forêts denses ou il y a eu des coups de bois et d'exploitations forestières. Forêt.
 3. Savanes (arbusives et arborées) Il s'agit des zones avec des arbres dispersés. Il existe un couvert herbacé. En fonction de l'importance du couvert herbacé on distinguera des savanes arborées ou des savanes arbusives. Non-forêt.
 4. Savanes herbacées Il s'agit essentiellement de zones constituées d'espèces herbacées (graminées). Il s'agit aussi de zones de pâturages. Non-forêt.
 5. Zones agricoles Il s'agit de surfaces cultivées. On distingue également des zones cultivées et qui ont été abandonnées (zone de jachères) Non-forêt.
 6. Zones urbaines Il s'agit de zone d'habitations avec des constructions urbaines aménagées ou diffus Non-forêt.
 7. Sol nu Il s'agit de zones dénuées de végétation, les zones de carrières d'exploitation minière non végétalisée ou de flans de volcans dépourvus de végétation. Non-forêt.
 8. Cours d'eau et rivière Regroupent les cours d'eau, les rivières, de lac ou de fleuve. Non-forêt.
- Sur base des cartes d'occupation du sol de 1987, 1997, 2007 et 2017 des cartes binaires forêt/non forêt ont été produites pour chaque année. Les cartes de déforestation sont ainsi déduites à partir des cartes binaires pour les périodes 1987-1997, 1997-2007 et 2007-2017.

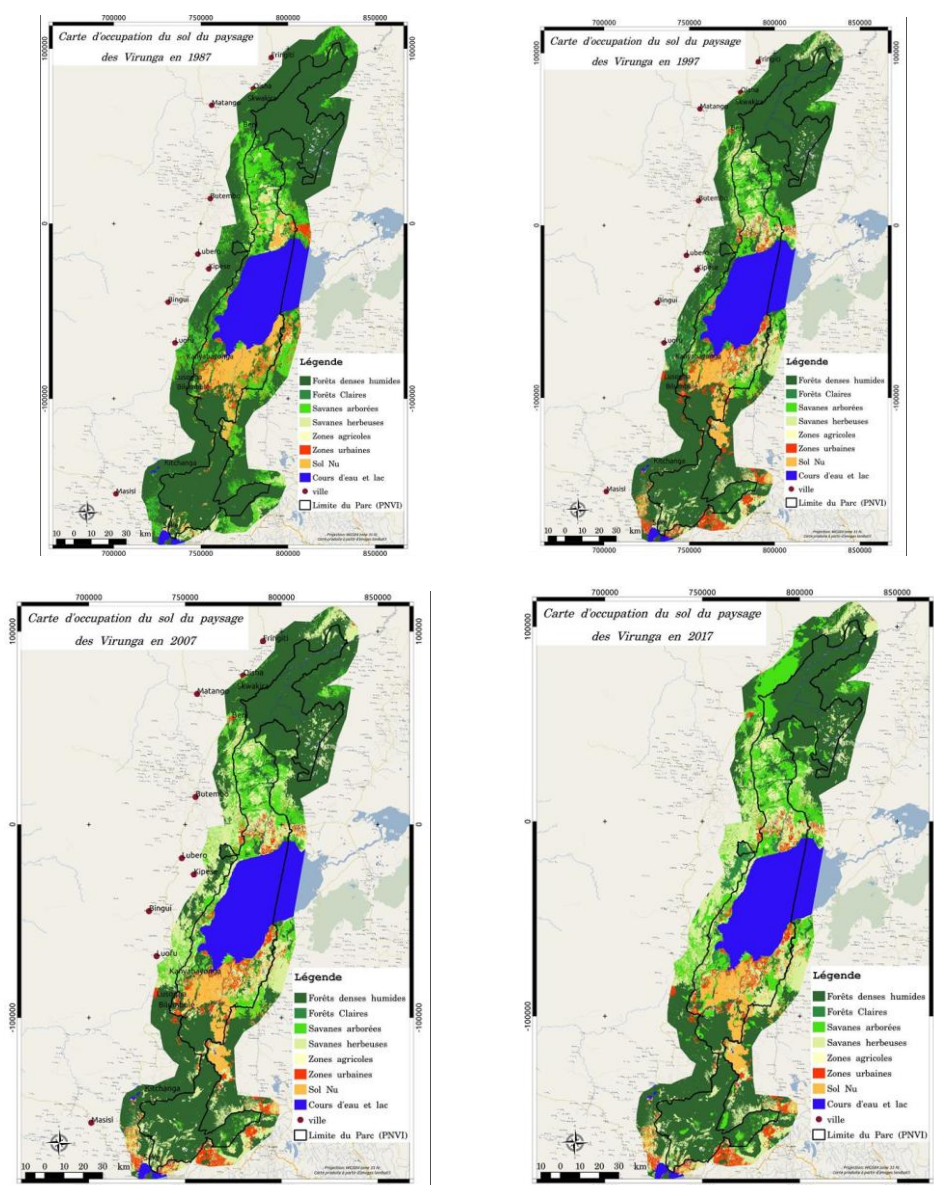
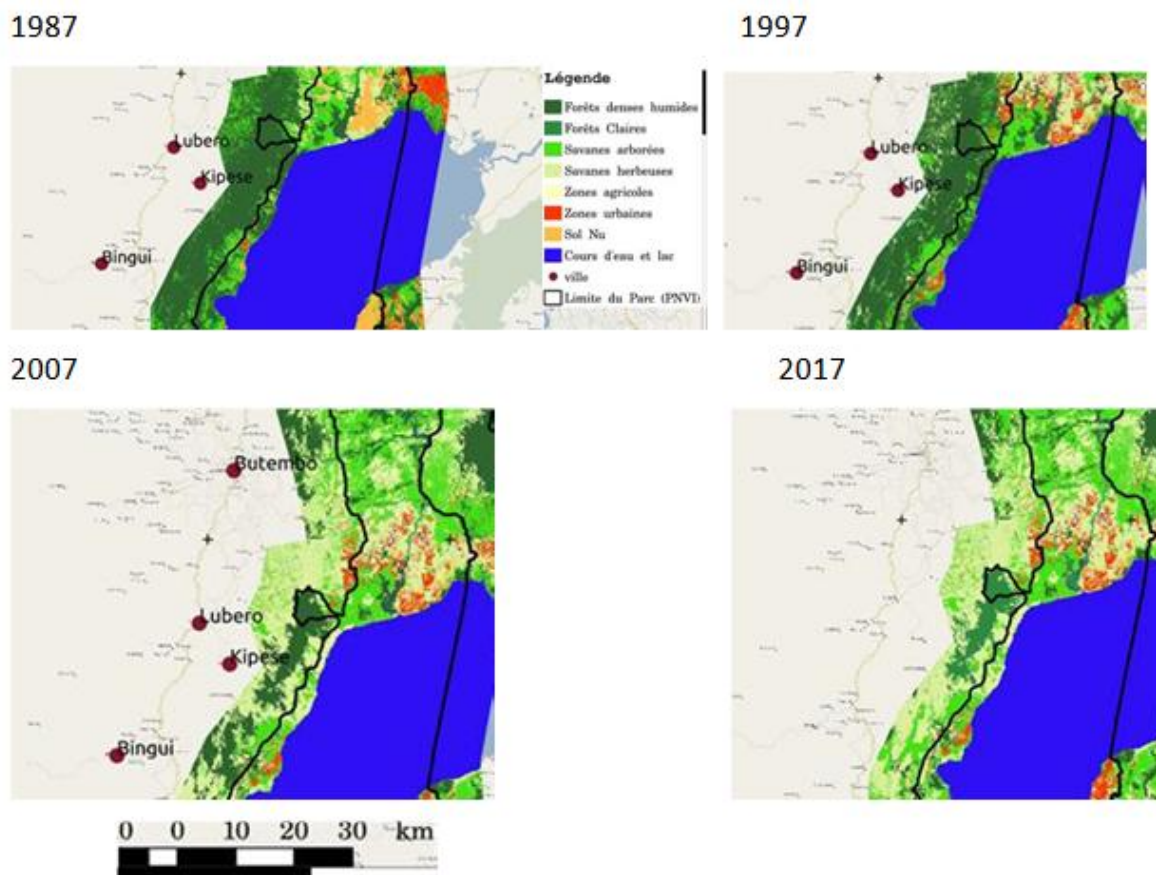


Fig.14. Evolution de l'occupation du sol successivement de 1987 et 1997 puis 2007-2017 Analyse pour la zone de Tshiabirimu



Pour ce qui concerne la période de 2016 à 2019, on observe également des changements dans l'habitat dans la partie Nord-Est et ouest de Tshiabirimu pour les mêmes raisons évoquées ci-haut pour la déforestation.



Fig 15. Situation comparée de la partie Ouest/Kaliro entre 2016(gauche) et 2019(droite)



Fig 16. Situation comparée de la partie ouest/Kaliro entre 2016(gauche) et 2019(droite)

II.4. Discussion et conclusion partielle.

Taux de déforestation

Les observations à l'échelle globale à partir des images satellitaires de la couverture végétale de la côte ouest du lac Edouard particulièrement à Kyavinyonge montrent que le bloc forestier semble être en grande partie intact.

En outre, nous avons réalisé une analyse de la perte du couvert forestier de la côte ouest du lac Edouard en considérant aussi le territoire de Lubero, dans le parc et à l'extérieur, entre 2000 et 2010. La carte générale de la déforestation dans la région prouve que la zone connaît un taux de déforestation qui s'élève à 3.29% avec un taux annuel de 0.32%, ce qui correspond au double du résultat d'Emanuel de Mérode et Langy de 2006 (1.5 %) au sein du Parc National de Virunga.

Mais l'analyse minutieuse des images à haute résolution et le parcours de terrain montrent une importante perforation de la canopée qui fait peser la menace de la dégradation rapide et disparition de la forêt. Ainsi, les résultats de l'évaluation du changement du couvert forestier par échantillonnage indiquent que le taux de déforestation brut sur la côte ouest du lac Edouard a été de 5.2 % pour la période allant de 2000 à 2010 contrairement à celui observé par Muhindo (2014 in Kyungu, 2019) pour la même période. Cette différence pourrait provenir de la méthodologie utilisée. Les raisons pour cette déforestation sont l'exploitation intensive et non durable des ressources naturelles présentant comme menaces ou défis: l'exploitation minière et forestière (coupe de bois et carbonisation), l'occupation du site par l'agriculture, les positions militaires dans le parc, le braconnage armé, la chasse commerciale, le pâturage et occupation humaine, la violation des limites de parc et la guerre.

Pour Water (1971), 70 % de la déforestation en Afrique, 50 % en Asie, 35 % en Amérique latine sont imputés à l'agriculture itinérante sur brûlis qui appauvrit le sol. Selon Brown (1997), la déforestation est responsable des émissions mondiales de gaz à effet de serre qui combinés de rejets industriels seraient en partie responsables du réchauffement du climat de la terre et de l'augmentation de la température d'environ 2,5 ° c d'ici 2050.

Enfin, lorsque les forêts sont perturbées par les actions anthropiques, des changements radicaux interviennent dans l'écoulement des eaux et l'infiltration des nappes phréatiques, problème de plus en plus fréquent sur la côte ouest du lac Edouard (Lovino, 1998).

Analyse des images

En rapport avec toutes ces images ci-dessus, sur la période de 1987 à 1997, les chercheurs de WWF ont constaté que les zones de déforestation sont réparties sur l'ensemble du paysage de Virunga (dont 58% du total dans le parc). On observe une forte intensité de déforestation au nord, notamment autour de la ville de Beni et au sud, autour des localités de Saké et Goma. Entre 1987 et 1997, il y a eu plusieurs conflits armés dans la sous-région le plus emblématique est le génocide rwandais survenu en 1994. Ce conflit a été à l'origine du déplacement de milliers de personnes qui ont trouvé refuge dans la forêt et dans les localités de la RDC situées au sud du paysage des Virunga comme la ville de Saké et Goma. Ceci pourra expliquer la forme de déforestation observée notamment autour des localités.

Par ailleurs, les zones de déforestation sont constituées de petites surfaces d'une moyenne de 1 ha. Il s'agit de déforestation due essentiellement à des prélèvements de bois pour des constructions ou pour la consommation énergétique. Ainsi les zones de forêts denses ou de forêts claires sont converties en zone ayant l'aspect de savanes (savane arborée et savane herbeuse). Ceci pourra expliquer l'augmentation de la surface de savanes arborée et savane herbeuse entre 1987 et 1997 respectivement de 152 552 ha (9,4%) en 1987 à 173 811 ha (10,8%) en 1997 pour savane arborée et de 144 412 ha (8,9%) en 1987 à 276 711 ha (17,1%) en 1997 pour la savane herbeuse.

Le rythme de la déforestation dans le paysage des Virunga a presque triplé entre la période de 1997-2007 par rapport à la période de 1987-1997. Avec une surface de déforestation qui est passé d'un total de 44 657 ha entre 1987-1997 à 154 764 ha sur la période de 1997 à 2007 (dont uniquement 25% du total dans le parc). Sur cette période, on constate que les zones de déforestation sont situées dans la zone centrale du paysage des Virunga. Il s'agit de la zone très densément peuplée avec des localités de Butembo, de Lubero, de Kipese, de Luotu (tout autour de Tshiabirimu), de Kanyabayonga et de Bingi. Il s'agit de localités rurales densément peuplées dont l'activité économique est basée sur l'agriculture et la production de briques dont la consommation énergétique est basée sur le charbon de bois. Il est fort probable également que cette augmentation importante de déforestation est due aux différents déplacements, à la réinstallation et à la sédentarisation des populations déplacées durant les différents conflits (notamment la deuxième guerre du Congo entre 1998 et 2002) ainsi que le trafic important du makala par les groupes armés etc.

Entre 2007 et 2017 le rythme de déforestation est réduit par rapport à la période de 1997-2007 (dont 25% du total dans le parc). La zone de déforestation sur cette période se situe essentiellement dans la partie nord du paysage des Virunga autour des localités d'Oicha et d'Eringeti.

D'après les informations obtenues auprès des sources du gouvernement de la RDC et des Nations Unies, des rebellions ont éclaté dans cette localité depuis 2004 et il y a d'importants déplacements de population vers les zones de forêt provoquant la dégradation progressive des forêts en savanes (savanes arborées et savanes herbeuses). Il est très intéressant de remarquer que pendant cette période le taux de déforestation dans le PNVi a diminué significativement (de 56%) par rapport à la période 1997 à 2007. Cette chute dans le niveau de déforestation dans le PNVi est liée à plusieurs facteurs, notamment :

- Des réformes dans le PNVi : En 2007, un partenariat a été établi entre une organisation caritative financée par des donateurs privés, l'Union européenne, la fondation Howard G Buffett et le service de la faune congolaise qui a abouti dans la mise en œuvre de vastes réformes dans le PNVi y compris le renforcement et l'amélioration de l'efficacité des gardes, actuellement autour de 500 personnes (Le Guardian, 2018). Cette action a conduit à un plus grand contrôle sur les prélèvements de bois dans le PNVi.

- L'établissement du projet ECOMakala de WWF en 2007. Il est évident que le projet et ses 11 200 ha ont eu une influence sur la réduction des coupes illégales dans et autour du PNVi pendant la période (surtout à partir de la deuxième partie de la période 2007 à 2107 avec l'exploitation des premières plantations pour le charbon). Cette influence reste difficile à quantifier avec précision, et est susceptible d'être plus importante dans les années à venir avec l'exploitation et la commercialisation de quantité plus importantes d'ECOMakala.

- La production et la commercialisation des Foyers Améliorés afin de diminuer le niveau de consommation du charbon dans les ménages. Il est estimé qu'une très grande majorité, soit près de 88% des ménages de Goma utilisent un FA en 2016 alors qu'ils n'étaient que 59% en 2012 et 7% en 2008. Le projet ECOMakala a jusqu'à présent produit plus de 84 000 foyers améliorés pour des ménages de Goma.

D'après Muhindo(2012), les techniques classiques de suivi de la croissance urbaine, basées sur des observations effectuées sur le terrain et l'usage des photographies aériennes, permettent de produire des cartographies précises de l'étalement urbain, et d'en reconstituer l'histoire. Cependant, elles présentent un certain nombre d'inconvénients (Jat *et al.*, 2007) : elles ont un coût élevé, sont très consommatrices en temps, et ne sont généralement pas remises à jour régulièrement. En outre, elles ne sont pas disponibles partout. Ceci explique l'intérêt croissant suscité par la cartographie et le suivi de la croissance urbaine et plus précisément de l'étalement urbain à partir de l'utilisation d'images satellitaires et de Systèmes d'Information Géographiques (Epstein *et al.*, 2002).

Plusieurs auteurs ont utilisé la cartographie et les indices des structures spatiales pour l'étude de la détection d'occupation du sol.

Selon les estimations de la FAO, 2004 cité par Mikwa en 2010, le taux annuel de déboisement du massif forestier de la RDC est estimé à 0.6%. Pour Achard *et al.*, (2006) le taux annuel du changement de la couverture forestière est de 0.26% par an pour des zones identifiées comme aires de changement rapide et varie jusqu'à 1% voire 2.3% par an pour des zones affectées par des activités paysannes. (Mikwa, 2010).

Pour les populations riveraines du parc, la terre est soumise à des pressions culturelles à cause du manque des terres et de la faiblesse des agences d'application de la loi. Il faut dire que quelque part, les populations ont une connaissance partielle sur l'importance du rôle des forêts.

Cet envahissement des terres du parc n'est pas répandu sur l'ensemble des villages et non plus pour l'ensemble de la population environnante. Il faut aussi noter que même les contrées lointaines du parc peuvent avoir une incidence sur celui-ci (Glastra, 1999), car leurs besoins en combustibles doivent être satisfaits. C'est ainsi que le bois quitte par exemple l'axe Kasindi pour l'Ouganda. Parmi les facteurs favorisant l'exploitation du parc, on peut retenir :

- L'environnement politique qui prétend que l'utilisation du parc est la seule alternative de désengorgement du Kivu peuplé ;

- L'absence des organisations de développement dans la province devant répondre aux besoins primaires des populations avec comme conséquence, la dépendance totale des populations des ressources du parc ;

- Les mutations sociopolitiques créées par les guerres conduisant au non respect de différentes lois ;

- L'ignorance de la population locale conduisant à son exploitation pour les intérêts personnels et la faiblesse de l'application de la loi.

La dépendance des ressources naturelles s'illustre par l'approvisionnement en bois de chauffe en bois de construction et en tuteurs provenant du parc pour la plus part car les terres rurales sont déjà dénudées et plus orientées vers la production agricole. Il est évident qu'une autre part des produits forestiers provient des champs mais pas avec la même fréquence et la même quantité que la part qui vient du parc.

Cette dépendance des ressources du parc serait due au fait que les différentes ressources jadis présentes sur les terres rurales ont été épuisées par le groupe d'âge de la population comme l'avait constaté d'autres

chercheurs. Plus la population est jeune, plus elle recourt aux ressources internes des aires protégées (Lockwood, op.cit)

Barnes (1994) pense que les occidentaux sont surpris quand ils apprennent que les aires protégées ne sont pas largement appuyées par les populations malgré leurs contributions socio-économiques au bien être de l'humanité. Barnes pense que ce serait parce que les populations perçoivent peu de bénéfices directs. D'autant plus qu'ils sont liés à la stabilisation des ressources d'eau, la sensibilisation, la compassion avec les générations futures, l'écotourisme, etc.

Les résultats de cette étude montrent aussi que l'attitude de la population environnant le parc est négative parce qu'elle ne bénéficie pas du parc à tous les niveaux, c'est à dire au niveau des ménages et de la communauté. Il ressort de cette étude que le pays bénéficie plus du parc à travers les ressources touristiques alors que la population locale n'en bénéficie pas faute d'incitatives économiques. Autre cet aspect économique, la non implication des communautés locales, l'absence des projets communautaires et le manque de collaboration avec la population locale justifie l'attitude négatif.

Un autre facteur serait le coût d'opportunité que supporte cette population surtout pour ce qui concerne la destruction non compensée de leurs cultures par les animaux sauvages (Barne, op cit). Cette étude prouve que le voisinage avec le parc fait perdre aux populations des revenus non compensés et l'éléphant serait l'espèce la plus destructrice. Le parc en tant que patrimoine culturel, n'a pas la même valeur culturelle pour les populations riveraines

III. CONCLUSION

La présente investigation avait pour objet de contribuer à l'étude de la perte du couvert forestier autour de Tshiabirimu dans le Parc National des Virunga et d'établir une situation globale comparée. Des enquêtes menées sur période allant du 1957 à 2019 à travers une fouille documentaire, ont porté sur la façon d'utilisation des ressources forestières par les populations locales, aussi l'analyse des images satellitaires du site par divers chercheurs pour déterminer le taux de déforestation.

A l'image d'autres forêts, la déforestation intensive du PNVI a également une incidence sur les changements climatiques, sachant que le recul du couvert forestier naturel est responsable de 15-20% des émissions de gaz à effet de serre, notre site d'étude est victime d'un taux de déforestation estimé à 3.29 % sur la côte ouest du lac Edward alors que celui-ci oscille autour de 5.2% dans l'ensemble du Parc National des Virunga.

Il est difficile de faire la part des aboutissants entre les dégâts causés par la déforestation de la bande lacustre et les difficultés éprouvées par le lac Edouard. La disponibilité régressive des ressources naturelles en eaux, sols et végétations devant les demandes des populations de plus en plus croissantes fait appel à de grandes mobilisations de moyens et réflexions multisectorielles.

La problématique à laquelle on fait face ici est relativement simple, il s'agit de trouver hors parc un équilibre entre la production et la consommation du bois. Si le problème posé est relativement simple, par contre, les solutions ne sont pas évidentes car le contexte est compliqué. Il est certain que différentes approches doivent être adoptées de manière parallèle et complémentaire. D'où il faut intervenir sur trois grands axes :

- Il faut limiter au tant que possible la consommation de bois au niveau des ménages
- Il faut augmenter la production de bois en dehors du parc
- Il faut s'attaquer au trafic illégal de bois en provenance du parc et
- Superposer plusieurs cartes physiques et celles d'utilisation de sol afin de détecter les changements potentiel

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Achard et al., (2006),
- [2]. Barnes (1994)
- [3]. **Brown, s 1997**. Forest and climate change : Role of forest lands as carbon sinks. Proceeding of XI world Forestry congress. Antalya 13-22 octobervol 1 tropic
- [4]. Epstein *et al.*, 2002 Epstein, J., Payne, K. and Kramer, E., 2002. Techniques for mapping suburban sprawl. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 63, N° 9, pp. 913-918.
- [5]. Gallo, K.P., McNab, A.L., Karl, T.R., Brown, J.F., Hood, J.J. and Tarpley, J.D., 1993. The use of NOAA AVHRR data for assessment of the urban heat island effect. J. Appl. Meteor., 32. 899§908. tel-00553665, version 1-7 Jan 2011.
- [6]. Gomasasca, M.A., Brivio, P.A., Pagnoni, F. and Galli, A., 1993. One century of land use changes, In the metropolitan area of Milan (Italy). International Journal of Remote Sensing, 14: 211-223.
- [7]. Glastra, 1999
- [8]. Greenberg, J.D. and Gordon, A.B., 1997. Analyzing the urban-wildland interface with GIS: two case studies. J. of Forestry 95(10): 18-22.

- [9]. Haack B., and Rafter A., 2006. Urban Growth Analysis and Modeling in the Kathmandu Valley, Nepal. *Habitat International*, 30: 1056-1065.
- [10]. Jat, M.K., Grag, P.K. and Khare, D. 2007. Monitoring and modeling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, doi: 10.1016/j.jag.
- [11]. **Languy et E de Mérode, 2006.** *Survie du premier parc d'Afrique*, Ed. Lannoo, Tiel, Belgique, 352 P
- [12]. Lo C.P., Quattrochi D.A. and Luvall J.C., 1997. Application of Highresolution Thermal Infrared Remote Sensing and GIS to Assess the Urban Heat Island Effect. *International Journal of Remote Sensing*, 18(2):287-304.
- [13]. **Lockwood, M, Worboys, GL, and kotharie, A, Eds, 2006.** *Managing protected are us : a global guide*, Earths can , UK
- [14]. **Lovino, F, Veltri, A, 1998.** Processus hydriques dans les écosystèmes forestiers. *Ecologie t 29 (1-2)*, PP 369-375
- [15]. Lu, D. and Weng, Q., 2005. Urban Classification Using Full Spectral Information of Landsat ETM+ Imagery in Marion County, Indiana. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 71(11): 1275-1284.
- [16]. **Mikwa, N 2010 :** Evaluation par télédétection des effets de la déforestation et de la dégradation des forêts à Kisangani : cas de Masako
- [17]. Miller, R.B. and Small, C., 2003. Cities from space: potential applications of remote sensing in urban environmental research and policy. *Environmental Science & Policy*. Volume 6, Issue 2, pp.129-137.
- [18]. Muhindo S., 2012, Le contexte urbain et climatique des risques hydrologiques de la ville de Butembo (Nord-Kivu /RDC), Thèse présentée, Université de Liège,264p.
- [19]. Nowark, D.J., Civerolo, K.L., Rao, S.T.,Sistla, G., Luley, C.J. and Crane, D.E., 2000. A modeling study of the impact of urban trees on ozone. *Atmos. Environ.* 34: 1601§1613.
- [20]. Owen, T.W., Carlson, T.N. and Gillies, R.R., 1998. An assessment of satellite remotely-sensed land covers parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization. *International Journal of Remote Sensing* 19, pp. 1663-1681.
- [21]. Ridd, M.K. and Liu, J., 1998. A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. *Remote Sensing of Environment*, vol. 63, 95-100.
- [22]. Roth, M., Oke, T.R. and Emery, W.J., 1989. Satellite derived Urban Heat Islands from Three Coastal Cities and the Utilization of Such Data in Urban Climatology, *International Journal of Remote Sensing*, 10(11): 1699-1720.
- [23]. Stefanov, W.L., Ramsey, M.S. and Christensen P.R., 2001. Monitoring urban land cover change: An expert system approach to land cover classification of semiarid to arid urban centers. *Remote Sensing of Environment* 77: 173-185.
- [24]. Stuckens, J., Coppin, P.R. and Bauer, M.E., 2000. Integrating contextual information with per-pixel classification for improves land cover classification. *Remote Sensing of Environment*. 71, pp. 282-296.
- [25]. Sudhira H.S., Ramachandra T.V. and Jagadish K.S., 2004. Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5, pp. 29–39.
- [26]. Yang X. and Liu Z., 2005. Use of satellite-derived landscape imperviousness index to characterize urban spatial growth. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29(5):524-540.
- [27]. Yang, L., Huang, C., Homer, C.G., Wylie, B.K. and Coan, M.J., 2003. An approach for mapping large area impervious surfaces: Synergitic use of Landsat 7 ETM and high spatial resolution imagery, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 29(2): 230-240.
- [28]. Yeh, A.G.-0. and Xia, L., 2001. Measurement and monitoring of urban sprawl in a rapidly growing region using entropy. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 2001, vol.67, n°1, pp. 83-90.
- [29]. Vogelmann, J.E., Sohl, T. and Howard, S.M., 1998. Regional characterization of land cover using multiple sources of data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 64(1), 45-57.
- [30]. Water (1971),
- [31]. Wagrowski, D.M. and Hites, R.A., 1997. Polycyclic aromatic hydrocarbon accumulation in urban, suburban and rural vegetation. *Environ. Sci. Technol.* 31: 279-282.
- [32]. WWF,2018, Évaluation de l'impact d'une décennie d'efforts visant à réduire la déforestation dans et autour du parc national des Virunga, province du Nord-Kivu, RDC, rapport inédit,84p
- [33]. [www.https://earthexplorer.usgs.gov/](https://earthexplorer.usgs.gov/),2019

KYUNGU KASOLENE Jean-Claude. "Contribution A L'étude Sur La Cartographie Du Paysage Forestier Autour Du Parc National Des Virunga Et De Son Expansion Spatiale Entre 1987 Et 2017." *IOSR Journal of Humanities and Social Science (IOSR-JHSS)*. vol. 24 no. 06, 2019, pp. 42-58.