

Evaluation de l'état de la Déforestation de la Forêt du Mayombe par Télédétection de 1990 à 2015 (Province du Kongo Central-R.D. Congo).

KISANGALA MUKE Modeste^{1*}, KAMOSI ZOLA¹, KAFUTI SEDEKE¹

Paper History

Received:

January 17, 2018

Revised:

January 22, 2019

Accepted:

April 16, 2019

Published:

July 27, 2019

Keywords:

Forest, Deforestation, Degradation, Remote sensing, Classification, Anthropic.

ABSTRACT

Assessment of the State of Deforestation of the Mayombe Forest by Remote Sensing from 1990 To 2015 (Kongo Central, D.R. Congo).

The majority of forests in the Democratic Republic of Congo are undergoing more or less severe deforestation and degradation, with negative impacts not only on the ecosystems and lifestyles of local populations, but also on the humanity as a whole because of global climate change and loss of biodiversity. Located in west of the Democratic Republic of Congo in Kongo Central Province, the Mayombe forest is one of those forests in the Democratic Republic of Congo mainly affected by deforestation. This research aims at remotely estimate deforestation in the Mayombe region for the period of 1990 to 2015 from multi-satellite data. We used Landsat TM images (Thematic Mapper, Enhanced Thematic Mapper) and OLI (Operational Land Imager) with a spatial resolution of 30 m taken in 1990, 2000, 2010 and 2015. The diachronic comparison method and the matrix of confusion were used to validate the results of the classification, the transition matrix was used to perceive the rate of change. All these aspects of mapping were coupled by those of structural indices space in order to quantify any variations in land use and to determine the type of changes made in each land-use class. The results showed that the forest is under heavy human pressure, it has changed a lot in 25 years noticeable by deforestation and degradation of the vegetation cover. The average rate of deforestation is 15.5% for a decade in the studied area.

¹Département des Géosciences, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, R. D. Congo.

* To whom correspondence should be addressed: modesstekis@gmail.com

INTRODUCTION

A petite échelle, la déforestation en Afrique et principalement en République Démocratique du Congo, est un phénomène très peu mesuré. Les informations disponibles portent sur des analyses à grande échelle qui maximise les possibilités d'une évaluation erronée du phénomène. La prise de conscience des rôles potentiels des forêts dans l'adaptation au changement climatique et son atténuation qui se développe, rend encore plus urgente la nécessité d'améliorer le suivi et l'évaluation des forêts [FAO, 2006].

La déforestation étant la diminution des surfaces couvertes de forêts constitue une menace imminente à l'écosystème forestier de la République Démocratique du Congo. La dégradation étant qualitative, les forêts Congolaises se vident de ces essences essentielles si les exploitants n'y pensent pas au reboisement de mêmes espèces.

En Indonésie par exemple, les zones densément boisées sont souvent associées à des niveaux élevés de pauvreté. Ces zones sont éloignées des marchés et des services par manque d'infrastructures routières. La

déforestation qui s'y opère est l'œuvre du défrichement au profit de l'agriculture, seul moyen d'existence pour vivre [PURNAMASARI, 2010].

Le territoire de la République Démocratique du Congo demeure boisé aux deux tiers, conservant pas moins de 145 millions d'hectares de forêts, dont 86 millions sont des forêts denses humides occupant ainsi 40 % de l'étendue du pays [BAMBA, 2010]. Ces forêts sont soumises à des pressions croissantes provenant de l'exploitation industrielle et artisanale du bois, de l'agriculture itinérante sur brûlis, de la récolte des bois de feu, de l'exploitation minière et de l'extension des centres urbains [FAO, 2006]. Ces forêts séquestrent seules 8% de CO₂ à l'échelle planétaire et constitue de ce fait le premier piège forestier à carbone d'Afrique [HENS et al., 2000].

L'évaluation de la dégradation de la forêt du Mayombe consistera à calculer, à l'aide de la cartographie par télédétection et l'analyse des structures spatiales, les indices spatiaux suivants qui correspondent à des indicateurs de l'état de transformation des superficies forestières. En outre, il sera aussi judicieux de vérifier si la déforestation de cette zone peut être corrélée négativement avec l'anthropisation de

son écosystème, soit corrélée positivement avec l'avancée de la savane et soit la forêt primaire tropicale humide tendrait à disparaître complètement.

La déforestation amène la désertification. Les forêts Congolaises sont prises en étau entre les deux déserts, c'est-à-dire, le Kahalari au sud et celui du Sahara au nord, l'on se pose la question de savoir qu'advierait la vie de milliers des Congolais et ses multiples biodiversités qui dépendent uniquement de ces forêts.

L'objectif principal de cette étude est de pouvoir relever par télédétection l'état de destruction et diminution de la couverture végétale du massif forestier du Mayombe.

MATERIEL ET METHODE

Milieu d'étude

La forêt du Mayombe est située dans la province du Kongo Central, dans le district du Bas-fleuve à 4°15'14" latitude Sud et 13°29'44" longitude Est. Elle longe la rive droite du fleuve Congo, s'étend du Nord de Boma vers l'enclave de Cabinda en Angola vers l'Ouest et se prolonge au Nord vers la République du Congo (Congo-Brazzaville) et le Gabon comme on peut l'observer sur figure1. Cette forêt englobe quatre territoires du Bas-fleuve et de Boma, à savoir : Lukula, Seke-Banza, Muanda et Tshiela.

Les forêts du Mayombe ont une flore riche et diversifiée. En dépit de la dégradation, il existe encore dans certaines parties, une importante richesse floristique, essentiellement là où la forêt n'est pas fortement dégradée ; c'est-à-dire, dans le secteur de Maduda et Nganda – nsundi dans le territoire de Tshela où l'on trouve la montagne de Madiakoko prévue pour abriter une réserve transfrontalière.

En plus de cela, c'est dans la Réserve de Biosphère de Luki (RBL) où l'on trouve la plus grande diversité

floristique, incluant plusieurs essences commerciales telles que les *Terminalia superba*, *Milicia excelasa*, *Prioria balsamifera*, *Gilbertiodedron sp.*, etc.

La forêt du Mayombe abrite également le Parc Marin de Mangrove (PMM) qui comporte une flore caractéristique avec des espèces comme *Avicenia africana*, *Racemosa germinans*.

Les forêts du Mayombe avaient autrefois une grande richesse faunique. Cependant sa dégradation suite à l'augmentation des habitants a provoqué une défaunation considérable. A présent, seule la réserve de Biosphère de Luki contient encore un échantillon plus ou moins représentatif de cette faune, malgré les menaces qui pèsent sur cette réserve MAB (Man and Biosphere) de l'UNESCO. Parmi la faune mammalienne on trouve les *Cricetomy emini* (cricetome de forêt ou rat géant d'Emin), *Thryonomys suinderianus* (grand aulacode). Les Chyrotères et le Pholidotes (pangolins) ; les carnivores tels les genettes, les cuvettes, mangoustes, les *Cephalus monticola* (céphalophe bleu), *Tragelaphus spekei* (sitatunga), etc. on y trouve également des espèces d'oiseaux telles que *Ceratogym naatrata* (grand calao), *Corythocola cristata*, *Psittacus erithacus* (perroquet gris) et *Poicephalus gutturalis* (perroquet vert).

Matériel

Nous avons téléchargé les images satellitaires correspondant à 8 scènes du satellite Landsat TM et ETM (path 183/row 063 et path 183/row 064) de 30 mètres de résolution couvrant la zone d'étude pour la période de 1990 jusqu'à 2015. Nous avons pris en compte quatre années 1990, 2000, 2010 et 2015. Pour chaque année, la zone d'étude couvrait deux scènes d'images. Les données ont été rapportées dans ArcCatalog. Certaines corrections géométriques ont été effectuées pour corriger les déformations systématiques dues à la prise de vue (ellipsoïde terrestre, défilement du satellite, variations de vol, technologie du capteur) afin de les rendre superposables sur une autre carte.

Méthodes

La méthode utilisée dans cette étude est une adaptation de la méthode développée par le projet FRA (Forest Resources Assessment) menée par la FAO.

L'application de la méthode de FRA 1990 dans cette étude sera basée sur l'utilisation des techniques de la télédétection, avec l'interprétation des images satellitaires multitudes Landsat TM à haute résolution des années 1990 en tant qu'images historiques, et des années 2015 considérées comme images récentes.

En plus de cette approche, nous avons collecté des informations directes sur le terrain, qui ont suivi une démarche méthodologique vers les analyses adéquates afin d'atteindre les objectifs fixés.



Figure 1 | Localisation de la forêt du Mayombe

Pour aboutir aux résultats escomptés, les démarches méthodologiques suivantes ont été également mises à contribution : acquisition et prétraitement de données, transformation géométriques, calcul de NDVI, segmentation (des attributs spectraux, spatiaux, structuraux...), classification orientée-objet, quelques calculs statistiques, validation de la classification, détection de changement et en fin analyse et interprétation des résultats.

RESULTATS

Principaux types d'occupation du sol et leur évolution

Après la superposition de plusieurs couches issues de l'interprétation de ces images, 5 classes d'occupation du sol ont été mises en évidence (Tableau 1).

Tableau 1 | Occupation du sol de 1990 à 2015

Classes	Superficie en hectare (ha)			
	1990	2000	2010	2015
Forêt secondaire mature	75787,2	38731,2	15586,8	3865,1
Forêt secondaire jeune	63336,4	47918,8	25443,2	19509,5
Savane	10455,9	61702,8	100921	110671
Zone Anthropique	5114,9	6341,2	12742,9	20648,7
Eau	246,8	247,1	247,1	246,5
Total	154941	154941	154941	154941

Les résultats représentent des valeurs en hectare (ha) de chaque classe d'occupation du sol. Ils sont illustrés à la Figure 2 qui montre l'évolution de chacune d'elles par année.

L'analyse de la forêt mature (Figure 1) montre la conservation de ces espèces avec une base de 75787,2 hectares en 1990 occupant ainsi 49% de la superficie totale. En 2000, 10 ans après, cette même classe n'occupe plus que 38731,2 hectares soit une dégradation de 25% de la superficie totale. En 2010, 20 ans après, la classe de forêt secondaire mature a perdu 23144,4 hectares donc 15% de la superficie totale. Et en 2015, la superficie de ladite classe a baissée de 11721,8 hectares qui leur ont values 12% de pertes de son étendue. Durant 25 ans, tranche de cette analyse, la forêt secondaire mature a perdu en moyenne 18% de son écosystème total. Ceci montre à suffisance que la forêt du Mayombe connaît une déforestation inquiétante comme l'ont souligné certains auteurs.

De même la forêt secondaire jeune (figure 2) représentait 63336,44 hectares en 1990 (41%) de la superficie totale et a perdu en 2000, 15417,6 hectares (10%) de son étendue ; 22475,6 hectares en 2010, (14%) de la surface totale et 5933,7 hectares, soit (4%) de la superficie totale en 2015. En moyenne, durant les 25 ans considérés, la forêt jeune a perdu 16586,9 hectares représentant 11% de l'étendue totale.

La compilation de données de la savane (Figure 3) montre par contre une croissance de l'utilisation du sol. En 1990, la classe de savane a occupé respectivement 61702,83

hectares (33%) en 2000 puis 110671,32 hectares en 2015. L'extension de la savane a ainsi gagné en moyenne 23% de la surface totale de la zone d'étude en 25 ans. Cette augmentation d'espace de la savane confirme que la savanisation des forêts du bassin du Congo est réelle.

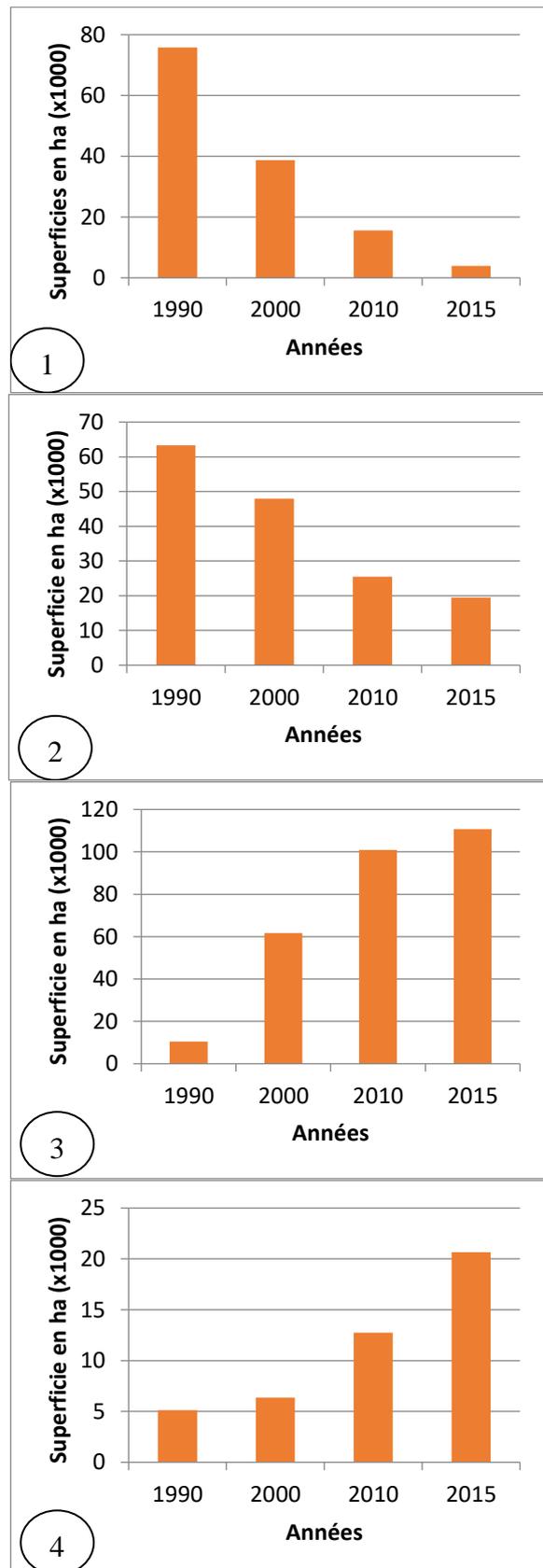


Figure 2 | Évolution des principaux types d'occupation du sol : (1) forêts matures ; (2) forêts secondaires jeunes ; (3) savane ; (4) zones anthropiques.

En 1990, la classe de savane a occupé respectivement 61702,83 hectares (33%) en 2000 puis 110671,32 hectares

en 2015. L'extension de la savane a ainsi gagné en moyenne 23% de la surface totale de la zone d'étude en 25 ans. Cette augmentation d'espace de la savane confirme que la savanisation des forêts du bassin du Congo est réelle.

Dans le même temps la zone anthropique (Figure 4) passe de 5114,9 ha (3%) à 20648,8 ha, en 2015, ce qui représente 13% de gain d'emboîtement des zones de forêts secondaires. Cette augmentation de la zone anthropique est à l'origine de la dégradation de la forêt par l'homme.

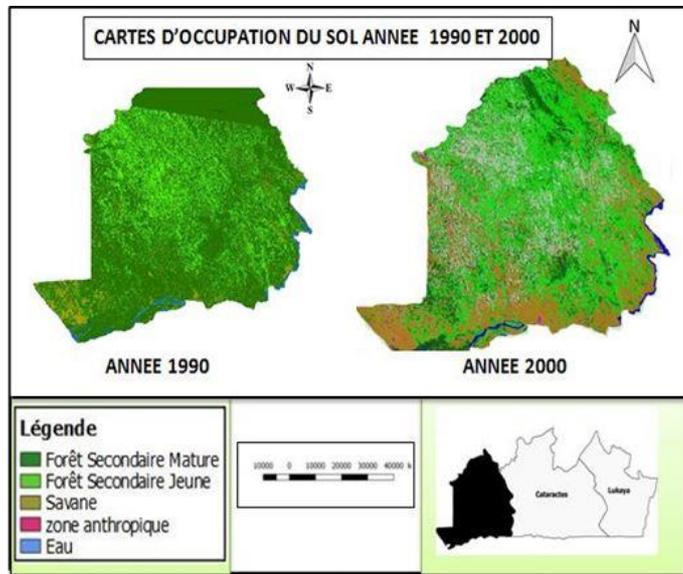


Figure 3| Occupation du sol en 1990 et 2000

L'analyse générale de la Figure 2 montre clairement que les classes comportant la végétation ont une allure descendante, c'est-à-dire, connaissent une perte du couvert végétal et les classes savanes et anthropiques enregistrent une augmentation des surfaces en gagnant de l'espace dans les zones forestières.

Cartographie de l'occupation du sol du Mayombe

Les cartes à la Figure 3 ont été produites suite aux différents traitements d'images selon la nature de la classe spatiale et texturale.

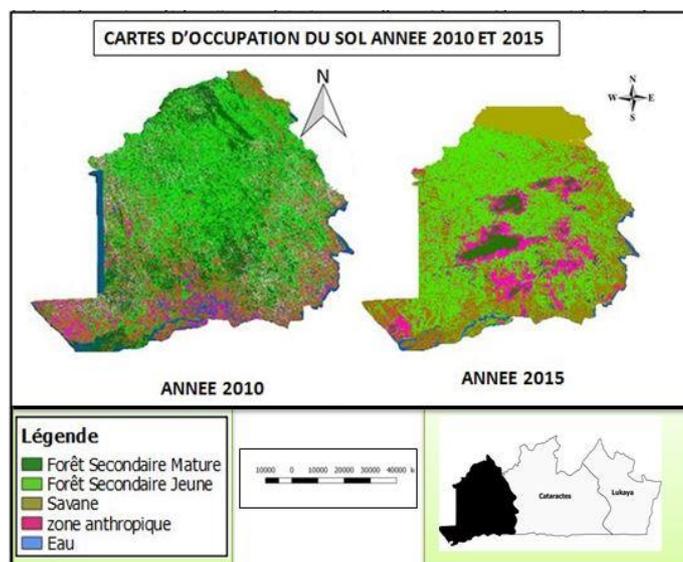


Figure 4| Occupation du sol de 2010 et 2015

Dans l'ensemble, l'image de 1990, est constituée presque par la classe de forêt secondaire mature comme

classe dominante tandis que dans celle de 2000, c'est la classe de forêts secondaires jeunes et la classe de savane qui deviennent les classes prépondérantes.

A la vue générale des images (Figures 3 et 4), la structure générale du paysage a changé entre 1990 et 2015, les types de forêts ainsi que la répartition des îlots des forêts-classes ont également changé. La grande classe des forêts secondaires matures a presque disparu et a laissé place à la savane et zones anthropiques comme le montre le tableau 2. Les forêts secondaires matures ont été prédominantes en 1990 mais en 2015, elles ont presque disparues.

La déforestation

L'évolution de la couverture végétale du Mayombe est représentée dans le Tableau 2.

Tableau 2| Couverture végétale du Mayombe

Années	Superficie en Hectare (x1000 ha)			%
	Forêt secondaire mature	Forêt secondaire jeune	Massif forestier	
1990	75787,2	63336,4	139123,6	47,9
2000	38731,2	47918,8	86650,1	29,9
2010	15586,9	25443,2	41030,1	14,1
2015	3865,1	19509,5	23374,6	8,1
Total	133970,4	156208	290178,4	100

Entre 1990 et 2015, la superficie totale de la zone qui était d'environ 154941,2 hectares (1 %) est passée, après 25 ans, de 139123,59 hectares à 23374,62 hectares de forêts, ce qui représente une déforestation nette de 115748,97 hectares (39,9 %).

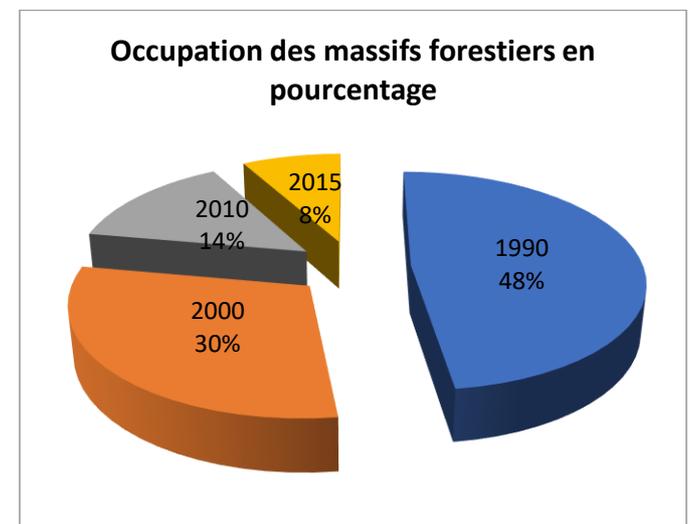


Figure 5| Répartition des forêts secondaires matures de 1990 à 2015

Les classes de savanes et de zones anthropiques sont passées de 10455,92 hectares en 1990 à 110671,32 hectares en 2015, donc une augmentation de 100215,4 hectares (Figure 5). De tels résultats ont également été obtenus dans le bassin du Kasai par KISANGALA [2014]. Cette dégradation forestière est représentée sur la figure 5.

DISCUSSION

La fragilité des forêts tropicales avait déjà été pressentie par quelques explorateurs du début du XX^e siècle. AUGUSTE CHEVALIER écrivit ainsi en 1901 : « si fournies que soient les forêts vierges, si grande que soit la poussée de la végétation dans les pays tropicaux humides, ces forêts ne sont point inépuisables » [dans AUBREVILLE, 1949]. Pourtant, ce n'est qu'au début des années 1970, qu'une potentielle crise de déforestation sous l'ensemble des tropiques est annoncée [GOMEZ-POMPA et al., 1972].

La déforestation est une dynamique au cours de laquelle la forêt est remplacée par un autre type d'occupation du sol. Des études ont montré que les taux élevés de déforestation tropicale sont liés à la croissance démographique et la pauvreté ainsi que la culture itinérante dans de grandes étendues de forêts [MATHER et NEEDLE, 2000]. Mais cette assertion est discutée par d'autres études [LAMBIN et al., 2003]. Sans nier le rôle de la croissance de la population, la pauvreté, ou les techniques culturales, ces auteurs montrent que la déforestation tropicale est provoquée par deux grands groupes de causes. Ils distinguent les causes immédiates (proximate causes) et les causes sous-jacentes (underlying causes).

Les causes immédiates de la déforestation tropicale sont constituées par les activités humaines qui influencent directement l'environnement [TURNER et al., 1990 ; TURNER et al., 1993]. Ces causes sont l'expansion de l'agriculture, l'exploitation du bois d'œuvre et l'extension des infrastructures. Sont considérées comme causes sous-jacentes (ou processus sociaux), des forces fondamentales qui sous-tendent les causes les plus évidentes ou immédiates de la déforestation tropicale. Ce sont les facteurs démographiques (pression démographique), économiques, institutionnels, sociopolitiques et culturels [LEDEC, 1985 ; LAMBIN, 1994 ; MAINARDI, 1998 ; KAIMOWITZ et ANGELSEN, 1998 ; CONTRERAS-HERMOSILLA, 2000]. La déforestation résulte donc de processus complexes et dans la plupart des cas, il est impossible d'isoler une cause unique [WALKER, 1987]. Les facteurs qui influencent la déforestation sont différents d'un continent à un autre [MURALI et HEDGE, 1997 ; RUDEL et ROPER, 1997] selon la région ou le lieu des activités de l'homme occasionnant ce changement [TURNER et al., 1990]. C'est pourquoi selon LAMBIN et GEIST [2001], la comparaison systématique des études de cas à l'échelle locale est une méthode extrêmement productive pour extraire des généralités sur les causes et les processus de dynamiques d'occupation des terres aux échelles multiples.

En dépit de ses ressources naturelles, la République Démocratique du Congo connaît une déforestation inquiétante durant ces dernières années. Les études plus approfondies de ce problème de la déforestation et la dégradation des forêts bien connues ont fait apparaître des nombreux étonnements, des chiffres alarmants concernant la vitesse de la disparition des superficies forestières. En 2005, la FAO a qualifié la déforestation actuelle d'alarmante et d'inquiétante.

Par ailleurs, les études menée par EBA'A et BAYOL [2008] ont montré que, le rythme de la déforestation est localement beaucoup plus élevé que la moyenne nationale dans les régions fortement peuplées et dans lesquelles le secteur agricole est dynamique. Parmi les régions citées, la province du Kongo - Central.

En outre, il est important de mentionner que l'allure de la déforestation dans le Mayombe a éveillé l'attention des plusieurs observateurs et la communauté scientifique, le journal VIGILANCE RDC a publié en Janvier 2009 que la déforestation méchante et anarchique de la forêt du Mayombe à partir de la cité de Kinza-Mvueté, dans le territoire de Seke-Banza, est à l'origine de la destruction de l'écosystème et de l'accentuation de la pauvreté de la population. Si l'on n'y prend pas garde, cette déforestation risquerait de faire tâche d'huile.

HOUGHTON et al. [2001] spécifie que les forêts tropicales constituent un important réservoir de CO₂ ; elles concentrent environ 20% du stock de carbone terrestre. Or, par le déboisement, elles sont devenues la principale source d'émission de CO₂ émanant des écosystèmes terrestres.

CONCLUSION

La présente étude s'était inscrite dans le cadre de l'application des techniques de la cartographie par télédétection multi temporelle en vue de caractériser la dynamique de l'occupation du sol entre 1990 et 2015 par les indices des structures spatiales dans la région forestière du Mayombe au Kongo Central en République Démocratique du Congo. Nous avons utilisé au total quatre cartes d'occupation du sol issues des images Landsat des années 1990 à 2015.

A la suite de ces analyses, la forêt du Mayombe est soumise à une forte pression d'activités anthropiques. On relève dans l'ensemble que la forêt a beaucoup changé en 25 ans. Cette zone est parsemée des forêts reliques-témoins de l'exploitation coloniale. La déforestation et la dégradation de la couverture végétale dues à la recherche des bois industriels-essences essentielles et aux bois-énergie sont réelles. Le taux moyen de la déforestation à l'échelle locale de la zone d'étude est de 15,5 % pour la décennie 2000 à 2010. La dimension fractale montre que le paysage est plus occupé par des cultures de tout genre.

RÉSUMÉ

La majorité de forêts de la République Démocratique du Congo sont en train de subir des processus de déforestation et de dégradation plus ou moins sévères ayant des impacts négatifs, non seulement sur les écosystèmes et les modes de vie des populations locales, mais aussi sur l'humanité toute entière, et ceci en raison du changement climatique global et de la perte de la biodiversité.

Située à l'ouest de la République Démocratique du Congo dans la province de Kongo Central, la forêt du Mayombe est l'une des forêts de la République Démocratique du Congo principalement touchée par de déforestation.

La présente étude a pour but d'évaluer par télédétection le niveau de déforestation dans la région du Mayombe pour la période

de 1990 à 2015 à partir de données satellitaires multi dates. Nous avons utilisé des images Landsat TM (Thematic Mapper, ETM (Enhanced Thematic Mapper) et OLI (Operational Land Imager) avec une résolution spatiale de 30 m prises respectivement en 1990, en 2000, en 2010 et en 2015. La méthode de comparaison diachronique de classifications a été utilisée, la matrice de confusion a été utilisée pour valider les résultats de la classification, la matrice de transition a été utilisée pour percevoir le taux de changement. Tous ces aspects de la cartographie ont été couplés avec ceux des indices de structure spatiale du paysage en vue de quantifier les éventuelles variations dans l'occupation du sol et de déterminer le type des transformations opérées dans chacune des classes d'occupation du sol.

Les résultats obtenus ont prouvé que la forêt est soumise à une forte pression anthropique, montrant dans l'ensemble que la forêt a beaucoup changé en 25 ans car il y'a eu déforestation et dégradation de la couverture végétale. Le taux moyen de déforestation est de 15,5 % pour une décennie dans la zone d'étude.

Mots Clés

Forêt, Déforestation, Dégradation, Télédétection, Classification, Anthropique.

REFERENCES

AUBREVILLE A. [1949]. Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales. 351 p.

BAMBA I. [2010]. Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République Démocratique du Congo. Thèse de doctorat. Université Libre de Bruxelles.

CONTRERAS-HERMOSILLA A. [2000]. The underlying causes of forest decline. CIFOR, occasional paper n° 30. Bogor, Indonésie.

EBA'AATYI R., BAYOL N. [2008]. Les forêts de la République Démocratiques du Congo. Pp 115-128. Etats des forêts du Bassin du Congo.

F.A.O. [2005]. Global forest resources assessment of 2005. Progress towards sustainable forest management. FAO Forestry Paper 147. FAO. Rome, Italy.16.

F.A.O. [2006]. Evaluation des ressources forestières mondiales 2005 : progrès vers la gestion forestière durable. Rome. <http://www.fao.org/forestry/fr/>

F.A.O. [2013]. Foresterie et changement climatique. marc.dumasjohansen@fao.org, Feb 13, 2016.

GOMEZ-POMPA C., VASQUEZ-YANES, GUEVARA S. [1972]. La forêt tropicale humide: une ressource non renouvelable. Sciences, 177, 4051, 762-765.

HENS L., NIERYNCK E., TRAN V. Y., NGUYEN H. Q., LE T. T. H., LE D. A. [2000]. Land cover changes in the extended Ha Long city area, North-Eastern Vietnam during the period 1988-1998. Environment, Development and Sustainability. 2, 235-252.

HOUGHTON J., DING Y., GRIGGS D., NOGUER M., VAN DER LINDEN P., DAI X., MASKELL K., JOHNSON C. [2001]. Climate Change 2001: The Scientific Basis - Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of IPCC. Cambridge University Press.

http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm

KAIMOWITZ D., ANGELSEN A. [1998]. Economic models of tropical deforestation. A review. Revue du CIFOR, Center for International Forestry Research. Bogor, Indonesia.

KISANGALA M. [2014]. Impacts du changement climatique sur la navigabilité de la rivière Kasai : Approches morphométrique, hydrométrique, climatique et écologique du bassin versant du Kasai dans sa partie Congolaise. Thèse de doctorat, Université de Kinshasa.

LAMBIN E.F. [1994]. Modeling Deforestation Processes: A Review. TREES Series B. European Commission. Research Report, 1, 1-108.

LAMBIN E.F., GEIST H.J. [2001]. Regional differences in tropical deforestation. Environment, 45, 22-36.

LAMBIN E.F., GEIST H.J., LEPERS E. [2003]. Dynamics of land-use and land-cover change in the tropical regions. Annual Review of Environment Resources, 28, 205-241.

LEDEC G. [1985]. The political economy of tropical deforestation. In: Diverting Nature's Capital: The Political Economy of Environmental Abuse in the Third World (eds. Leonard JH), pp. 179-226. Holmes and Meier, New York.

MAINARDI S. [1998]. An econometric analysis of factors affecting tropical and subtropical deforestation. – Agrekon, 3, 23-62.

MATHER A.S., NEEDLE C.L. [2000]. The relationships of population and forest trends. The Geographical Journal, 166 : -13

MURALI K. S., HEDGE R. [1997]. Patterns of tropical deforestation. Journal of Tropical Forest Science, 9, 465-476.

PURNAMASARI R.S. [2010]. Dynamiques de la déforestation à petite échelle en Indonésie : effets de la pauvreté et du développement socio – économique, forêts et biodiversité. Unisylva, 61, 234-235.

RUDEL T., ROPER J. [1997]. The Paths to Rain Forest Destruction. Cross national Patterns of Tropical Deforestation, 1975-90. World Development, 25, 53-65.

TURNER II B. L., CLARK W. C., KATES R. W., RICHARDS J. F., MATHEWS J. T., MEYER W. B. [1990]. The earth as transformed by human action. Global and regional changes in the biosphere over the past 300 years. - Cambridge University Press (with Clark University): Cambridge, New York.

TURNER II B. L., MOSS R. H., SKOLE D. L. [1993]. Relating land use and global land-cover change. A proposal for IGBP-HDP core project. A report from the IGBP/HDP Working Group on Land-Use/Land-Cover Change. Stockholm, Sweden.

WALKER R.T. [1987]. Land use transition and deforestation in developing countries. Geographical Analysis, 19, 18-30.



This work is in open access,

licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in the credit line; if the material is not included under the Creative Commons license, users will need to obtain permission from the license holder to reproduce the material. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>