Télédétection et suivi de la conservation des aires protégées, une contribution à la REDD+ : le cas de la réserve de biosphère du Dja - Cameroun

Juscar Ndjounguep , Université de Yaoundé 1 (2014)

Résumé

Cette étude se propose, à travers la télédétection et le SIG, de montrer comment l'on peut suivre l'évolution d'un paysage forestier, dans une réserve qui fait face aux pressions démographiques (les pratiques agricoles, les activités minières, l'urbanisation) et à l'exploitation forestière industrielle. Notre étude s'étend sur trois périodes comprises entre 1990 et 2013 et concerne plus spécifiquement la partie Est de la RBD (arrondissement de Lomié). Nous avons utilisé les images du capteur Landsat 7 et 8. Ces données ont été associées aux enquêtes, interviews sur les formes d'exploitations de la forêt par la population locale et une étude de la culture des populations locales.

Les résultats obtenus montrent une réalité préoccupante de la RBD. L'analyse des données par télédétection montre qu'il y a une dégradation progressive du couvert forestier entre 1990 et 2013. En effet, la forêt dense a un taux d'évolution de 13,99% en 33ans. La forêt secondaire a enregistré un taux d'évolution de 0,90% par an soit 26,99% en 33ans. Ainsi, la forêt secondaire a gagné sur la forêt dense et la végétation jeune a gagné sur la forêt secondaire.

Abstract

This study proposes through remote sensing and GIS to show how one can study for monitoring changes in forest landscape in a reserve facing demographic pressures (agricultural practices, mining activities, urbanization) and logging. Our study focuses on three periods from 1990 to 2013 and more specifically the eastern part of the RBD (Lomié district. We used images of Landsat 7 and 8. These data were associated with surveys, interviews on forms holdings of the forest by the local population and a study of the culture of local people.

The results are participating more and more degradation of the RBD. The analysis of remote sensing data shows that there is a gradual degradation of forest cover between 1990 and 2013 because the dense forest to a trend rate of 13.99% on 33 years, In 2000 the secondary forest has a change of 0.90% per year, or 26.99% in 33years rates. Thus, the secondary forest has reclaimed from the dense forest and vegetation won on young secondary forest.

Keys words: RBD, remote sensing, degradation, forest management, monitoring

Introduction

Le bassin du Congo contient le deuxième plus grand massif forestier tropical mondial (**LAPORTE N.T., JUSTICE, C., KENDALL, J.,** 1995). Il abrite en son sein la RBD, aujourd'hui considérée comme Patrimoine Mondial de l'UNESCO (FAO**,** 2011). Cependant, sa gestion reste critique à cause de l'insuffisance des outils de suivi instantané de son couvert forestier, malgré son importance dans les stratégies d'atténuation des changements climatiques par l'absorption du dioxyde de carbone. Il y'a une incompatibilité entre les méthodes de gestion de la ressource forestière avec les méthodes étatiques et locales. En effet les gestionnaires de cette forêt ne peuvent pas produire un document réel sur l'état actuel de la réserve qui subit çà et là des coupes abusives.

Problématique

Les méthodes de gestion et de suivi de la conservation des réserves forestières et autres aires protégées au Cameroun ne sont pas susceptibles de produire de meilleures résultats utiles dans un processus de développement durable. Dans les structures en charge (Ministères, ONG, …) les outils sont tant bien que mal disponibles, les expertises aussi, mais ne sont pas utilisés à bon escient. Une optimisation de notre système de suivi de la dégradation de nos forêts est souhaitable, pour une meilleure conservation des réserves forestières et autres aires protégées.

La RBD, créée en 1960, est aujourd'hui sujette aux exactions multiples (surexploitation des produits forestiers ligneux et non ligneux, pratiques agricoles non durable…). Cela mais en mal les objectifs consignés lors de sa création. Une étude menée par TABUE M. ROGER en 2013 sur la diversité floristique et stock de carbone dans la partie Est de la RBD montre que celle-ci a perdu plus de 80% de sa forêt primaire. En effet les nombreuses coupes dans les aires de coupes, UFA, FC ainsi que la nature et le braconnage intensif ont entrainé un déséquilibre dans la faune et la flore. Si un outil de surveillance régulière et informatisé était disponible dans les antennes de contrôle de la RBD, plus de 50% des extractions illégales devraient être stoppées et les responsables sanctionnées.

Une descente sur le terrain en décembre 2013 nous a permis de constater que la plupart de pistes forestières mises en place dans les UFA et les zones de coupes déjà à termes de contrat ne sont pas fermées. Pourtant selon les services du ministère en charge, ces pistes devraient être fermées. Hors le contrat stipule que chaque exploitant ferme les pistes mises en place lors de la période de l'exploitation afin que les braconniers n'en profitent pas. La base de données mise en place pour contrôler les activités sur le terrain n'est pas fiable / fonctionnelle.

Objectifs

L’objectif de cette étude est de montrer comment à partir des données de télédétection et d’enquêtes de terrain on peut suivre l’évolution du paysage forestier de la Reserve de Biosphère du Dja. Il s’agit d’évaluer et de spatialiser à travers les outils de la géomatique les formes d’occupation du sol entre 1990 et 2013 par télédétection afin de comprendre si les objectifs de conservation ont été atteints.

Présentation de la zone d’étude

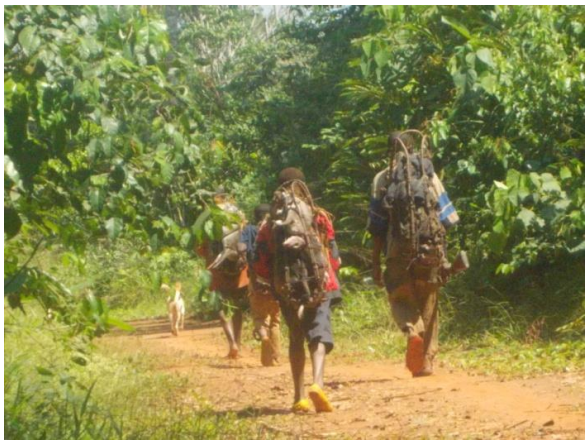
La Réserve de Biosphère du Dja est située dans les Régions de l’Est et du Sud Cameroun. Elle est inscrite au patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 1987 grâce à la diversification des espèces présentes dans le parc et à la présence d'espèces en voie de disparition. Elle est l'une des forêts humides d'Afrique les plus vastes et les mieux protégées, la plus grande partie de sa superficie restant vierge. Elle est encerclée par le fleuve Dja, qui en forme la limite naturelle. La réserve est surtout remarquable pour sa biodiversité et pour la très grande variété des primates qui y vivent. Elle abrite 107 espèces de mammifères, dont cinq sont menacées d'extinction**.**

La réserve de la Biosphère du Dja se situe dans le Sud-Est Cameroun (figure 3), entre les latitudes 2°10'N et 3°00'N et de longitudes 13°20'E et 14°35'E. Sa superficie à sa création était de 590 053,265ha ; depuis 2010 elle est de 528 137,06 ha (Atlas forestier du Cameroun, 2011).

Les populations situées dans l'interzone de cette réserve dépendent largement des activités d'exploitation des ressources forestières et fauniques et agricoles. En effet, pour l'instant, cette zone n'a presque pas d'activités du secteur secondaire (exception faite de l'industrie minière en cours d'installation à Mbalam) et le volume du tertiaire qui y a lieu est peu significatif. L'agriculture qui est la principale activité de la zone (en termes de nombre de personnes impliquées, de place dans le calendrier des activités et d'importance des retombées financières) tire parti directement ou indirectement de l'écosystème forestier. Les cultures vivrières (manioc, plantain, macabo, ...) et les petites exploitations familiales de café et de cacao développées dans les agro-forêts fournissent à cette population l'essentiel de ses moyens de subsistance et une partie non négligeable de ses revenus monétaires annuels (30 % à 60% en moyenne selon les secteurs dans la partie occidentale de l'interzone).

Il existe autour de la réserve une pression de l’exploitation forestière tant par les entreprises d’exploitation des bois de grume que les petits exploitant du bois d’œuvre et des petits chasseurs constitué en majorité des Bakas. Ceci s’accentue aussi par une pratique agricole à 95% extensive. (planche photographique 1)

Planche photographique 1 : Acteurs dans l’exploitation forestières à l’Est de la réserve du Dja



Cliché Ndjounguep Juscar, octobre 2014.

Photo 1 : Des camions à grume aligner sur une piste d'exploitation forestière par une entreprise Chinoise

Photo 2 : Des Pygmés Bakas de retour d'une semaine de chasse dans la reserve du Dja

Matériel et données

Les données que nous avons utilisées dans le cadre de notre sujet sont de plusieurs ordres : fonds de cartes existantes, les images du capteur Landsat, les données collectées au récepteur GPS sur le site d'étude ainsi que le questionnaire d'enquête et les entretiens effectués sur le terrain.

Les images utilisées sont celles du capteur de *Landsat TM, ETM+ et Landsat 8* respectivement de 1990, 2000 et 2013. Ces 3 images ont été prises respectivement le 19 décembre 1990, le 26 février 2000 et le 18 décembre 2013. (tableau I).

Tableau 1 : Caractéristiques techniques des capteurs TM et ETM+ du satellite *Landsat* (adapté de NASA 2001)

Années	Origines	Résolution	Ortho rectification	Coordonnées	Date de prise de vue
1990	Landsat TM	30 m	Image ortho rectifiée	P183 r058 P184 r058	19/02/1990
2000	Landsat ETM+	30 m	Image ortho rectifiée		26/02/2000
2013	Landsat 8	30 m	Image ortho rectifiée		18/12/2013

Source : Archive MINFOF, 2012 et USGOV 2014.

Ces différentes images correspondent à la même saison de l'année. Leur comparaison lors de leur traitement n'aura pas de problème de compatibilité.

Méthodologie

Création d'indices de végétation

Cette étape a pour objectifs d'augmenter la sensibilité des images aux composantes végétales et d'exprimer la variance des images selon un nombre minimal de bandes spectrales afin d'augmenter le pouvoir de discrimination entre les classes comme CONGALTON R. G., 1991. Ces deux objectifs ont été accomplis grâce à l'application d'un indice de végétation par différence normalisée (NDVI ou Normalized Difference Vegetation Index) et d'une transformation Tasseled Cap (TC).

2 Classification des images, détection des changements et validation des résultats

L'objectif de cette étude étant la quantification de l'évolution des superficies forestières, les différentes utilisations du sol du territoire à l'étude ont été regroupées en deux grandes classes : le forestier et le non forestier

La classification des images et la détection des changements ont été réalisées en deux étapes. Suite à l'application d'une série de filtres modaux afin d'obtenir un minimum de pixels isolés, les classes des deux images ont été agrégées au nombre de deux, soit le forestier et le non forestier. Enfin, le masque a été soustrait des deux classifications afin d'obtenir des superficies comparables pour les deux images.

La détection des changements a été obtenue en comparant la classification des différentes images au sein d'une matrice de contingence. L'analyse de ces premiers résultats suite à des visites sur le terrain a révélé une surestimation considérable de la perte des superficies forestières. Cette surestimation est principalement due au fait que des superficies appréciables des images ont été classifiées comme étant de la forêt alors qu'elles n'en étaient pas.

3. Traitement des images avant les travaux de terrain

3.1 Extraction de la zone d'étude

Notre zone d'étude a été extraite des scènes183/58 et 183/59[1]de 185 km sur 185 km de l'image du satellite LANDSAT. L'extraction grâce au polygone de la zone d'étude c'est-à-dire les limites d'arrondissement de Lomié.

3.2 La Composition colorée

La composition colorée a consisté à combiner des informations que contiennent trois bandes en les affichant simultanément dans les trois couleurs primaires, rouge, vert et bleu.

[1] Path = 183 Row = 58

L'objectif visé par cette opération est d'avoir une synthèse d'informations en vue de faire une bonne discrimination des types de formations végétales (BEAUBIEN J.1994**).** Pour l'étude des différentes caractéristiques de la végétation, nous avons combiné les bandes spectrales TM4, TM5 et TM3 pour l'image Landsat de 1990 et les bandes spectrales $ETM^{+}4$, $ETM^{+}5$ et $ETM^{+}3$ pour l'image Landsat de 2000. Quant au Lansat 8 sa composition colorée a été obtenue en combinant les bandes 5, 4, 6 du visibles.

3.3 Choix des parcelles à visiter

Les compositions colorées précédemment effectuées, ont permis de faire le choix des parcelles à visiter avant les travaux de terrain. Ces parcelles sont suffisamment grandes et spectralement homogènes pour être reconnaissable sur le terrain. L'accessibilité y est possible par les pistes forestières. Ainsi, 10points ont été choisies pour être vérifiés. Ces point sont localisés à proximité des pistes et à l'intérieur des zones d'exploitation autour de la réserve.

4. Traitement des images après les travaux de terrain

4.1 Classification supervisée

La classification supervisée est la procédure que nous avons utilisée pour la discrimination du paysage forestier. La connaissance du terrain nous a permis d'utiliser cette méthode. Ainsi, nous avons regroupé les pixels des différentes images en 5 classes.

4.2 Evaluation de la classification

Dans le cadre de notre étude, nous avons évalué la classification supervisée par la matrice de confusion à travers le calcul de la précision globale et du coefficient de Kappa. La précision globale correspond au nombre de pixels correctement classifiés, pondérée par le nombre de pixels de la classe par rapport au nombre total de pixels d'entrainement. Le coefficient Kappa exprime la réduction proportionnelle de l'erreur obtenue par une classification, comparée à l'erreur obtenue par une classification complètement au hasard.

2.2.3.4 Dégradation des images en niveau de gris

Les images classifiées LANDSAT TM 1989, LANDSAT ETM^{+} 2000, ASTER 2013 ont été dégradées en différents degrés de gris. Chaque degré de gris correspond à une classe bien définie.

2.2.3.5 Elaboration des cartes thématiques

Le logiciel ArcGis 10 a été utilisé pour l'élaboration des cartes. Les images classifiées dans le logiciel Ersas Imagine 11 ont été exportées dans le logiciel ArcGis 10. comme l'avait montré Johnson R.D. Kasischke, E.S. 1998 dans 'utilisation des images satellitaires comme technique de suivi du couvert forestier.

2.3. Calcul des stocks de carbone

L'estimation des stocks de carbone dans le secteur agricole, la foresterie et autre affectation s'est basée sur celle de ASB (ASB, 2000), de IITA (IITA, 2000) et IRAD permettant d'estimer les stocks de carbone par hectare dans plusieurs types d'occupation du sol dans les forêts tropicales et au Cameroun. Ces valeurs sont les suivantes:

D'après le rapport (ASB, 2000) la valeur du carbone est estimée à 300 t/ha dans les forêts vierges. Les forêts secondaires (cacaoyères y compris) stockent une valeur moyenne de carbone estimée à 85,26 t/ha. (IITA, 2000). La jeune végétation stocke une valeur moyenne du carbone estimée à 45,35 t/ha (IRAD).

2.4. Cartographie des dynamiques forestières de 1990 à 2013

La carte des changements du couvert forestier entre les années 1990 et 2000 est obtenue par la superposition de deux couches issues de deux interprétations entre l'image de 1990 et celle de 2000. Cette carte permet de dégager les différences dans les classes d'occupation du sol entre les deux dates étudiées (changements négatifs ou positifs: déforestation, dégradation et reforestation. La même opération sera effectué sur l'image de 2000 et 2013 ; et 1990 et 20013.

Les cartes ont été obtenues par agrégation de chacune des classes d'occupation du sol, avant d'additionner leurs superficies et de calculer le pourcentage d'occupation du sol. Les variables d'évolution du couvert forestier sur ces unités spatiales ont été aussi intégrées. Ce travail permettra de souligner les différents rôles et importances de la forêt sur ces territoires.

2.4.1 Prétraitement des données

Nous savons que les images sont déformées suivant deux équations qui donnent la position sur l'image à rectifier de tout point de terrain en projection cartographique. Après cela, nous avons choisi les logiciels à utiliser *ERDAS Imagine v. 11, Idrisi et Arcgis 10.* Les relevés GPS sur le terrain nous ont permis de rectifier nos différentes images.

Dans la pratique, il est en fait préférable de se fier à la bonne correspondance visuelle des massifs forestiers entre les compositions colorées des images recalées. Ainsi les points de

contrôle étaient préférentiellement situés sur les villages environnants de la zone forestière. En d'autre terme, la rectification était orientée sur les zones d'intérêt, à savoir les forêts. (figure 1).

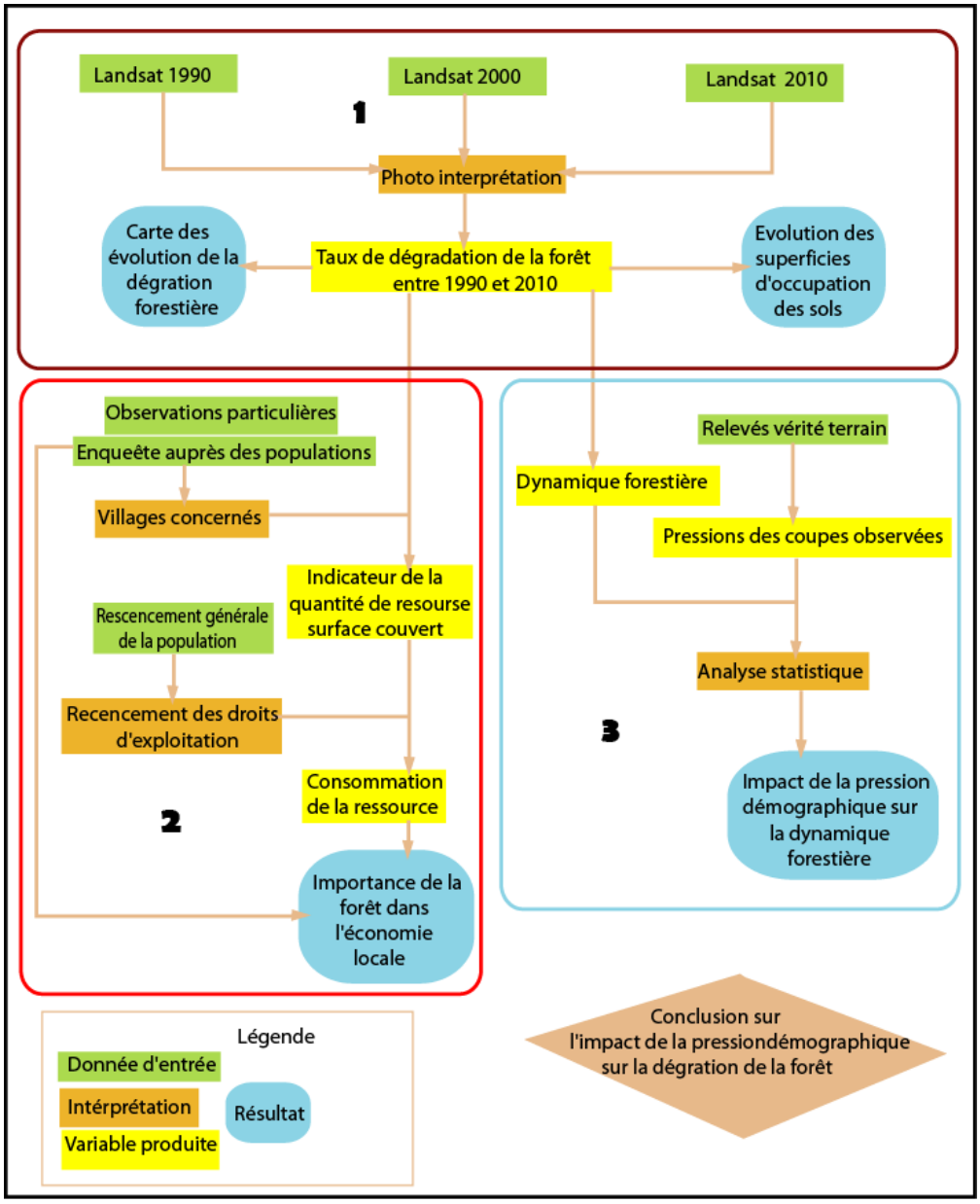


Figure 1 : Méthodologie du traitement des données

Résultat

3.7. La RBD entre conservation, déforestation et dégradation

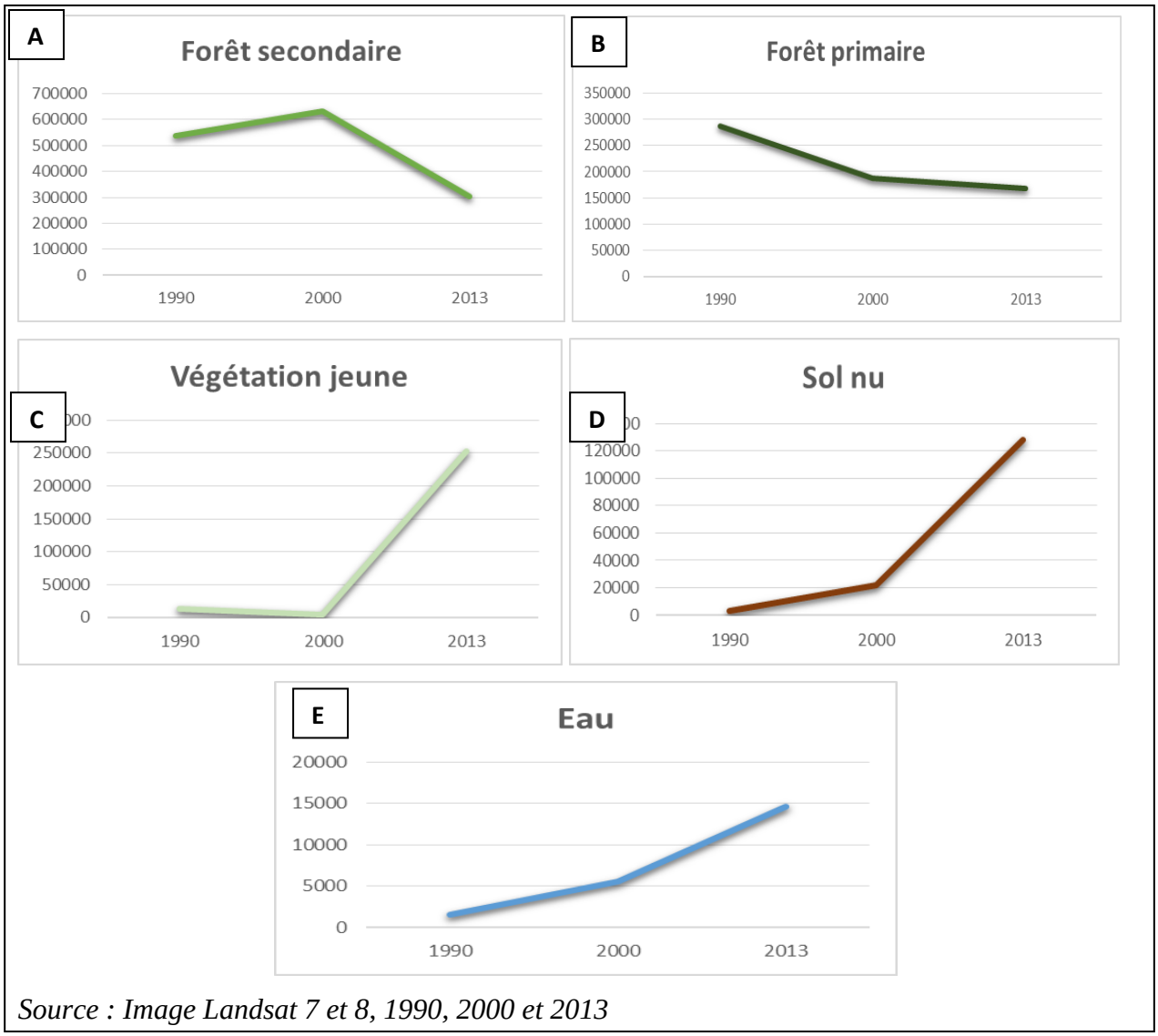
Il s'agit pour nous ici de montrer à travers la télédétection l'évolution de la partie Est de la réserve de biosphère du Dja. Les analyses obtenues nous ont données les résultats suivant : (tableau II)

Tableau 2: Evolution de l'occupation du sol de la partie Est de la réserve du Dja entre 1990 et 2013

Occupation du sol	1990	2000	2013
Végétation jeune	0,152	0,53	29,09
Forêt secondaire	6,353	74,28	35,18
Sol nu	0,035	2,56	14,75
Eau	0,018	0,65	1,69
Forêt primaire	3,402	21,98	19,30

Source : Images Landsat 1990, 2000 et 2013

On constate à travevers ce tableau que la partie Est de la RBD est en nette dégradation. Dans la figure 2 nous avons une présentation schématique de l'évolution de chaque forme d'occupation du sol. (figure 2)



Source : Image Landsat 7 et 8, 1990, 2000 et 2013

Figure 2 : Evolution de l'occupation du sol (partie Est de la réserve du Dja)

Les résultats montrent que la superficie de la forêt secondaire a connu une augmentation en 2000 (A), cependant il y a eu une chute en 2013. La forêt dense connait une régression depuis 1990 (B). La végétation jeune qui connu une baisse en 2000 a une croissance exponentielle de 2000 à 2013 (C). Ce fut également le cas des sols dénudés (installations humaines) qui ont connus une croissance exponentielle de 1990 à 2013 (D). La surface en eau quand elle a connu la même sort que les sols dénudés (E).

Ainsi, la forêt secondaire a gagné sur la forêt dense entre 1990 et 2000 et la végétation jeune a gagnée sur la forêt secondaire. Pendant cette même période les superficies de l'installation humaines ont connu une croissance exponentielle. Ceci montre une très forte présence humaine dans le milieu. La transformation du milieu naturel ici est à 82% liée aux activités humaines qui sont les exploitations industrielles et traditionnelles du bois, les pratiques agricoles, la mise en place de l'habitat et le braconnage. Ce résultat est visible sur la figure 3 suivante. (figure 3)

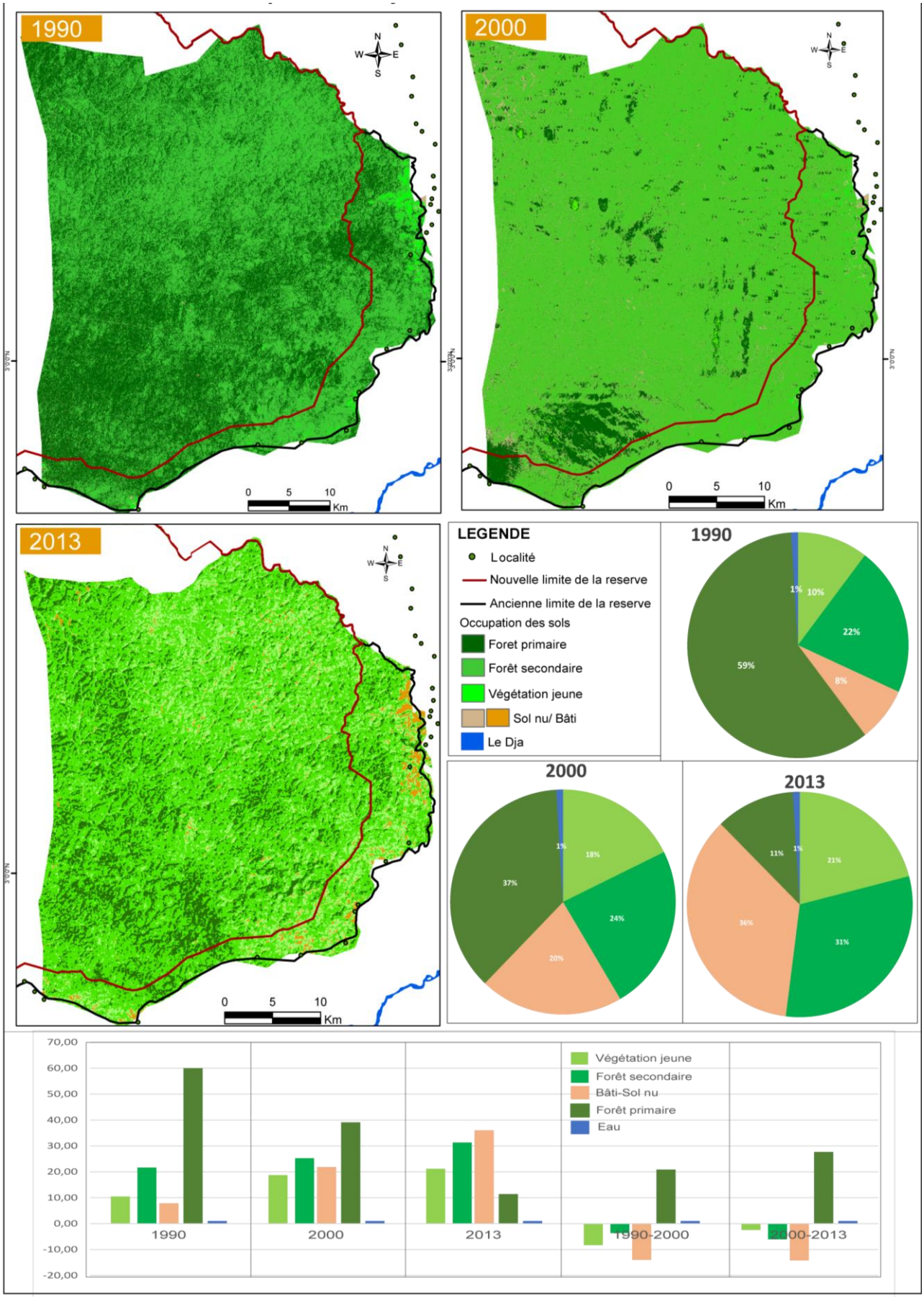


Figure 3 : Evolution de l'occupation des sols de la partie Est de la réserve du Dja entre 1990 et 2013

Contribution au taux de séquestration du carbone

Sur la base des équations (d'après le rapport (ASB, 2000) et plusieurs travaux de recherches que nous avons parcourus, nous avons pu estimer les stocks de carbone par hectare dans les types d'occupations du sol que nous avons inventoriés. Dans les forêts tropicales et au Cameroun, les valeurs sont celles que nous avons énoncées dans la méthodologie. Les tableaux 15 à 16 nous présentent les taux de stockage du carbone de 1990 à 2013. (tableau III à VI)

Tableau 3: Evaluation du stock de carbone en 1990

Occupation du sol	superficie	stock t/ha	Stock total	Proportion %
Végétation jeune	12855,3	45,35	582987,855	0,44
Forêt secondaire	536231	85,26	45719055,1	34,52
Forêt primaire	287169	300	86150700	65,04
Total	836255,3	430,61	132452743	100,00

Source : Images Landsat 1990

Tableau 4: Evaluation du stock de carbone en 2000

Occupation du sol	Superficie	stock t/ha	stock total	Proportion %
Végétation jeune	4524,12	45,35	205168,842	0,19
Forêt secondaire	632236	85,26	53904441,4	48,90
Forêt primaire	187068	300	56120400	50,91
total	823828,12	430,61	110230010	100,00

Source : Images Landsat 2000

Tableau 5: Evaluation du stock de carbone en 2013

Occupation du sol	Superficie	stock t/ha	stock total	Proportion %
Végétation jeune	252225,3	45,35	11438417,36	13,049
Forêt secondaire	305052,2	85,26	26008750,57	29,671
Forêt primaire	167366	300	50209800	57,280
total	542643,5		87656967,93	100

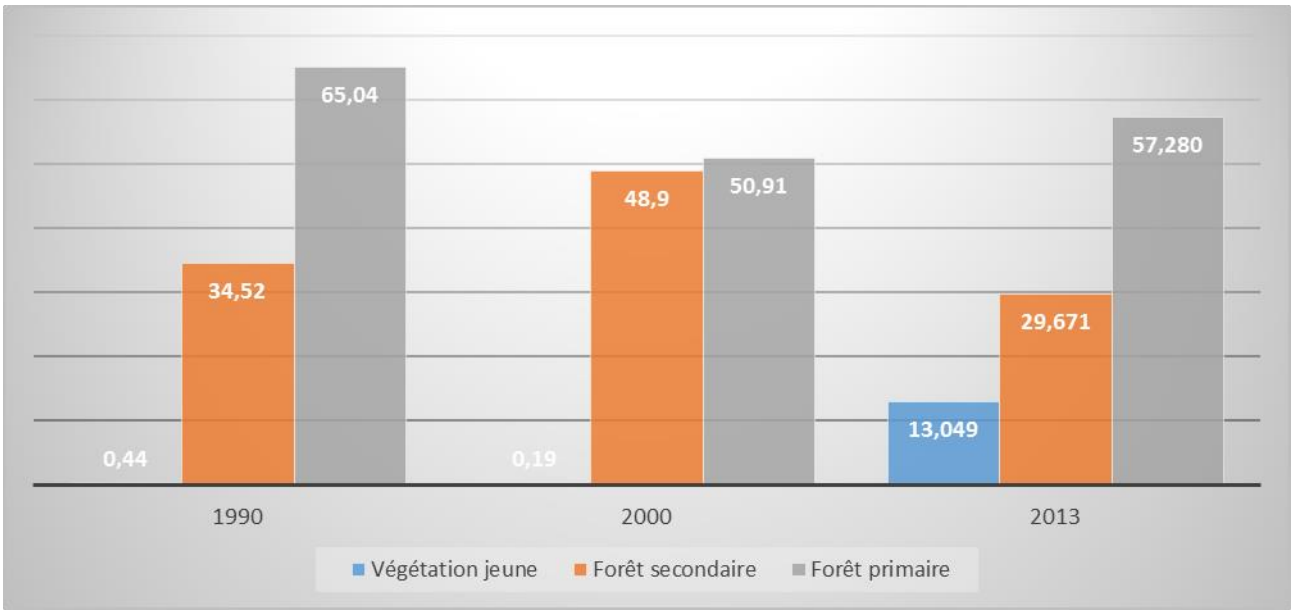
Source : Images Landsat 2013

Tableau 5: Proportion du taux de stockage du carbone (%)

	Proportion du taux de stockage du carbone (%)		
Occupation du sol	**1990**	**2000**	**2013**
Végétation jeune	0,44	0,19	13,049

Forêt secondaire	34,52	48,9	29,671
Forêt primaire	65,04	50,91	57,280

Pendant la période allant de 1990 à 2000, le couvert forestier de la RBD a diminué. Ceci a entrainé une régression du taux de stockage du carbone. Il est passé de 0,44% à 13,049% pour la végétation jeune, de 34,52% à 29,671% pour la forêt secondaire et de 65,04% à 57,280% pour la forêt primaire. La figure 35 nous montre l'évolution du taux de stockage de carbone entre 1990 et 2013. (figure 4)



Source : Images Landsat 1990 et 2013

Figure 4: Evolution du taux de stock de carbone (%)

Le processus de conservation de la réserve de Biosphère du Dja est négatif entre 1990 et 2000 et positif entre 2000 et 2013. Ceci s'observe dans le taux de stockage de carbone obtenu à travers l'évaluation du paysage forestier par télédétection. Les valeurs obtenues sont satisfaisantes malgré l'augmentation de la population et l'intensification des coupes à partir de 2013.

Conclusion et discussion

Conclusion

La spatialisation de l'évolution de l'occupation du sol par la pression anthropique a été réalisée à travers les données d'enquête sur les formes d'exploitation, d'appropriation et de la gestion des forêts, et l'étude du poids de la population dans la dynamique de dégradation.

La cartographie est établie par un traitement supervisé des images Landsat de la zone d'étude. Le système d'information géographique nous a permis de spatialiser les évolutions de l'occupation du sol, ce qui pourra aider comme de support au zonage.

Une enquête exploratoire décrit l'exploitation locale de la forêt, délimite des unités spatiales homogènes sur la problématique forestière (espèces et leurs utilisations, intégration de la forêt dans le système de production) et identifie les éventuels dispositifs de gestion de la ressource forestière.

Discussion

Les outils et les méthodes utilisés pour le suivi de la dynamique forestière présentent des contraintes qui rendent parfois difficiles le processus d'analyse des données. Malgré cela, différents moyens sont mis en œuvre pour parvenir à un résultat probant après les analyses des données de terrain. Dans ce dernier chapitre, il est question de montrer les contraintes de l'utilisation de la télédétection et du SIG dans le suivi de la dynamique du paysage forestier ainsi que les stratégies pouvant être adaptées pour un aménagement durable du paysage forestier de la RBD.

1 Contraintes techniques dans la cartographie des évolutions forestières

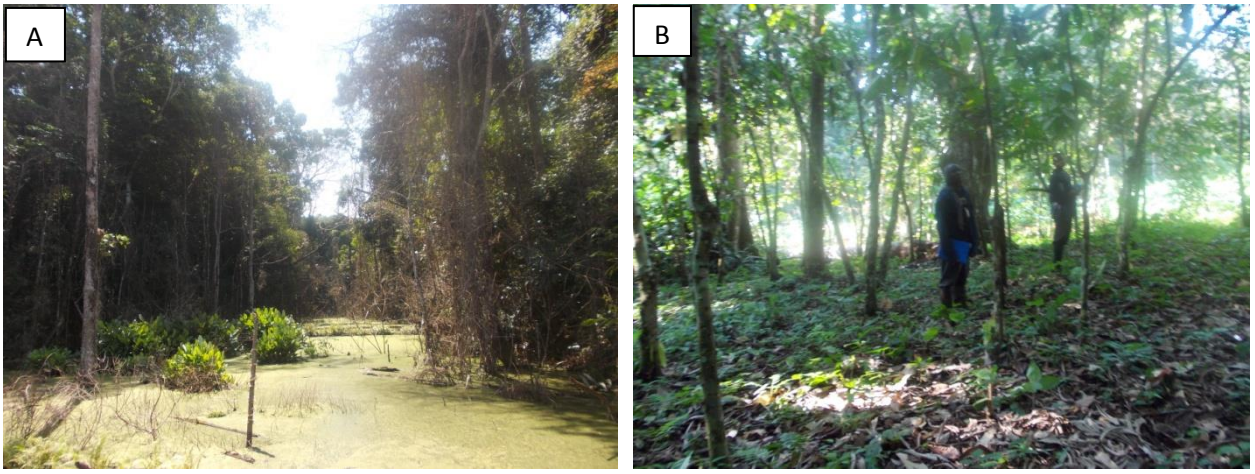
1.1 Les images satellitaires présentent des zones d'ombre

Dans cette région de la forêt équatoriale, les images satellitaires présentent de nombreuses zones d'ombres (nuages). Comme on l'a vu dans la partie précédente, elles représentent 9,5% de la surface forestière étudiée.

1.2 Influence des surfaces agricoles sur le traitement des images

Lors de notre descente sur le terrain, la plupart des plantations (cacaoyères et autres cultures) étaient en dessous de la canopée. L'observation aérienne ne permettait pas de distinguer les espaces agricoles et les forêts jeunes. (Planche photographique)

Planche photographique n° 1 : Cultures sous canopée et rivière bloquée par un pont d'exploitation forestière



Cliché Ndjounguep Juscar, octobre 2014.

A : Un cour d'eau donc le chenal est bouché à cause de l'ouverture d'une piste forestière. La surface de l'eau est presque verte, ce qui rend difficile l'analyse.

B : Un cacaoyer sous la canopée rend difficile l'observation des zones de culture

Bibliographie

Ouvrages

BEAUBIEN J, (1994). Landsat TM satellite images of forest: from enhancement to classification. Can. J. Remote Sens. 20(1):17-26.

CONGALTON R. G., (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37 (1), 35-46. Gellner E., 1969. *Saints of the Atlas*. Weidenfield and Nicholson ed. London.

LAPORTE N.T., JUSTICE, C. KENDALL, J., (1995). *Mapping the dense humid forest of Cameroon and Zaire using AVHRR satellite data*. International Journal of Remote Sensing, 16, 1127-1145.

FAO, (2011). *Situation des forêts du monde 2011*. FAO, Département Foresterie, Rome, Italie, 193 p.

Encyclopédie des Pygmées Baka (1991): *Techniques, langage et société des chasseurs-cueilleurs de la forêt centrafricaine*, Paris, *fasc 2.*

MALINGREAU J.P., TUCKER C.J. LAPORTE N, (1989). AVHRR for monitoring global tropical deforestation. *International Journal of Remote Sensing*, **10**, 855-867.

Articles

Gibbs H. K., Brown S., Niles J. O., Foley J. A, (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality.*Environ. Res. Lett*, 13 p.

Geist H. & Lambin E, (2001). What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence. LUCC International Project Office, University of Louvain, Departement of Geography. 118 p.

Johnson R.D. Kasischke, E.S. (1998). Change vector analysis: a technique for the multispectral monitoring of land cover and condition. International Journal of Remote Sensing 19: 411-426.

FRA 2010 (2010), *Evaluation des ressources forestières mondiales 2010,* Rapport national Cameroun, n°035 Rome.

Mémoire

TABUE M. R, (2013). Diversité floristique et stock de carbone dans la partie Est de la RBD, mémoire de master en Biologie végétal, Université de Yaoundé I.

Thèse

Lambin, (1988). *Apport de la télédétection satellitaire pour l'étude des systèmes agraires et la gestion des territoires en Afrique occidentale*. Thèse de doctorat. Université Catholique de Louvin. 239 p.