

Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la région de Lisala entre 1987 et 2015

J. BWAZANI BALANDI¹, J-F. MIKWA NGAMBA¹, S. KUMBA LUBEMBA¹, J-P. MENIKO TOHULU², A. MAINDO MONGA NGONGA¹ J-P., MUKANDAMA NDOLA NDOLA¹

(Reçu le 19/04/2020; Accepté le 23/06/2020)

Résumé

L'objectif général poursuivi dans cette étude est de déterminer la dynamique du paysage forestier entre les années 1987, 2000 et 2015 dans le territoire de Lisala, en République Démocratique du Congo. Pour concrétiser cette étude, la télédétection et le SIG ont été appliqués. La dynamique a été déterminée à partir des cartes d'occupation du sol, des taux de déforestation et du changement, des indices de la structure spatiale et des processus de transformation spatiale. Il ressort des résultats obtenus que les classes forestières ont occupé 94,2 % du territoire en 1987; 88,6 % en 2000 et 86,8 % en 2015, pour un taux de déforestation de 0,4 % entre 1987 et 2000; 0,13% entre 2000 et 2015. La dissection et la suppression sont identifiées respectivement dans la forêt dense humide et la forêt secondaire pour la période de 1987 à 2000. La diachronie 2000-2015 est marquée par l'agrégation dans les forêts denses et la suppression dans les forêts secondaires. La forêt dense et la forêt secondaire constituent les principales pourvoyeuses d'espace pour les classes anthropiques. Ainsi, des politiques de développement durable axées sur l'urbanisation et l'aménagement des forêts doivent être initiées en vue d'inverser les tendances en cours.

Mots-clés: Anthropisation, Dynamique du paysage forestier, Télédétection, et Lisala.

Anthropisation and spatio-temporal dynamics of land use in the Lisala region between 1987 and 2015

Abstract

The general objective pursued in this study is to determine the dynamics of the forest landscape between the years 1987, 2000 and 2015 in the territory of Lisala, in the Democratic Republic of Congo. To carry out this study, remote sensing and GIS were used. The dynamics were determined from land cover maps, deforestation and change rates, indices of spatial structure and spatial transformation processes. It appears from the results that forest classes occupied 94.2% of the territory in 1987; 88.6% in 2000 and 86.8% in 2015, for a deforestation rate of 0.4% between 1987 and 2000; 0.13% between 2000 and 2015. Dissection and suppression are identified respectively in the dense forest wetland and secondary forest for the period from 1987 to 2000. The diachrony 2000-2015 is marked by aggregation in dense forests and suppression in secondary forests. The dense forest and the secondary forest constitute the main providers of space for the anthropic classes. Thus, sustainable development policies focused on urbanization and forest management must be initiated with a view to reversing current trends.

Keywords: Anthropisation, Dynamics of the Forest Landscape, Remote Sensing, and Lisala

INTRODUCTION

Les forêts d'Afrique centrale offrent des moyens de subsistance à plus de 60 millions de personnes qui y vivent ou résident à proximité. Elles remplissent également des fonctions sociales et culturelles essentielles aux populations locales (Nasi *et al.*, 2011; de Wasseige *et al.*, 2014).

En dépit de tous ces services, les forêts du bassin du Congo sont confrontées à des faits destructifs, à l'instar de la déforestation anthropique qui limite ces divers services.

La République Démocratique du Congo qui couvre à elle seule 60 % des forêts régionales, ce qui correspond à un peu plus d'un million de km² (de Wasseige *et al.*, 2009), et abrite de nombreuses espèces végétales et animales avec un taux d'endémisme très élevé (Vancutsem *et al.*, 2006), n'est pas exemptée de la déforestation.

Actuellement, l'agriculture paysanne, l'exploitation artisanale du bois, l'urbanisation, la croissance démographique, les facteurs économiques, les axes de transport et l'exploitation forestière industrielle et dans une moindre mesure la collecte de bois énergie, sont les principaux moteurs de la déforestation dans le Bassin du Congo (Defourny *et al.*, 2011; GTCR, 2012; Megevand *et al.*, 2013; Mikwa, 2010).

Le territoire de Lisala étant dépourvu de sources d'énergie, la population fait recours au charbon de bois. Ainsi, au-delà de besoin accru des terres arables, de bois d'œuvre,

d'espaces habitables, s'ajoute celui de bois énergie. Ces divers faits anthropiques, entraînent la déforestation et la dégradation des écosystèmes forestiers qu'il est nécessaire de prendre des mesures palliatives.

L'atteinte de l'objectif général mis en exergue, permettra de vérifier les hypothèses selon lesquelles la région de Lisala connaît une perte forestière à chaque diachronie (1987-2000; 2000-2015) en raison d'un besoin incontournable des terres pour l'agriculture et les habitations humaines; les indices de la structure spatiale attestent d'un impact humain dans les classes forestières; les transformations spatiales survenues dans les classes forestières sont négatives (entraînant la réduction de la classe); et que les transformations spatiales survenues dans la classe des terres bâties et sols nus sont positives (entraînant l'extension de la classe).

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Milieu d'étude

Localisée en République Démocratique du Congo dans le territoire de Lisala, la zone d'étude occupe une superficie de 11 668 km² sur 15 396 km² du territoire (Figure 1). Ce dernier est une entité décentralisée de la province de la Mongala, localisée dans la partie septentrionale de la RDC.

Du point de vue hydrographique, le fleuve Congo constitue le principal cours d'eau de ce territoire. Loin au Nord

¹ Université de Kisangani, RD Congo

² Institut Facultaire d'Études Agronomiques, Kisangani, RD Congo

dans le secteur de Mongala-Mutima se trouve une rivière importante du nom de Mongala qui relie Lisala au territoire voisin de Businga. Cette rivière navigable pendant la période de crue, d'août à février, permet les échanges entre les différents villages qu'elle relie.

L'analyse de la topographie de la zone d'étude par la méthode du Modèle Numérique de Terrain (MNT) à base d'imagerie SRTM de 30 mètres de résolution, montre une répartition irrégulière de la topographie. La zone la plus haute se situe à une altitude de 533 m alors que la zone la plus basse se situe à 323 m. L'altitude moyenne est de 411 m (Figure 2).

Eu égard à la démographie et selon le recensement de 1984, l'accroissement annuel de la population est estimé à 2,5 %. La population de Lisala serait passée de 37 565 habitants en 1984 à 67 847 habitants en 2004 et 82 549 habitants en 2012 constituant une densité de 31 hab./km² (World Gazetteer, 2013). Selon la même source, la population est jeune en grande partie et les femmes sont plus nombreuses que les hommes.

Méthode d'analyse de la dynamique du paysage forestier

Acquisition et traitement des images Satellites

Afin de cartographier le paysage forestier et disposer d'informations relatives à l'occupation du sol, nous avons téléchargé des images du satellite LANDSAT des années 1987, 2000 et 2015. Ces images proviennent respectivement des capteurs TM, ETM et OLI.

Identification des classes d'occupation du sol

L'analyse des images satellites appuyée par des points GPS pris sur terrain, et des images Google Earth, a permis de stratifier le paysage en cinq classes ci-après: la forêt dense, la forêt secondaire, les champs et jachères, les terres bâties et sols nus et les cours d'eau.

La classification supervisée basée sur l'algorithme de classification selon le maximum de vraisemblance «*Maximum Likelihood*», a été appliquée pour traiter chaque signature spectrale de manière indépendante. Pour chaque image à classer, une mesure de séparabilité a été effectuée à ces

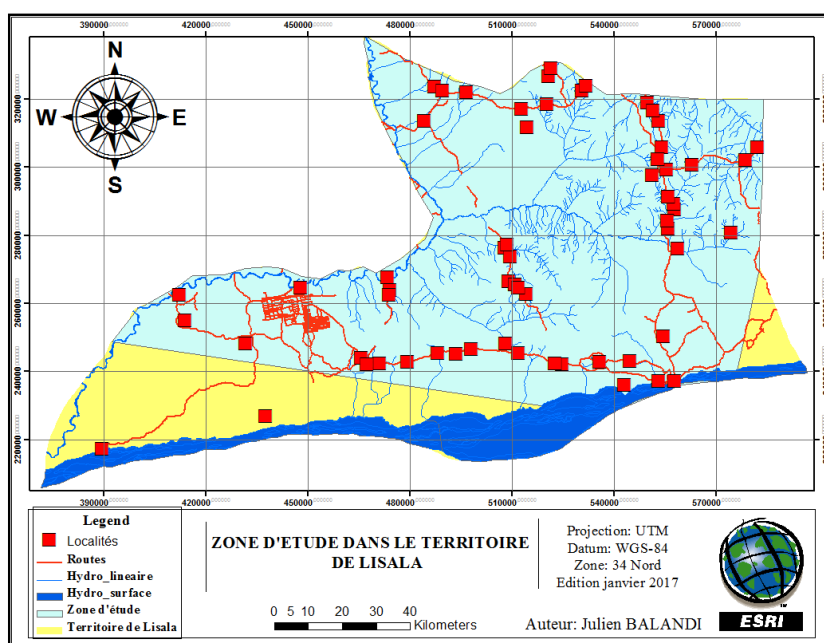


Figure 1. Zone d'étude

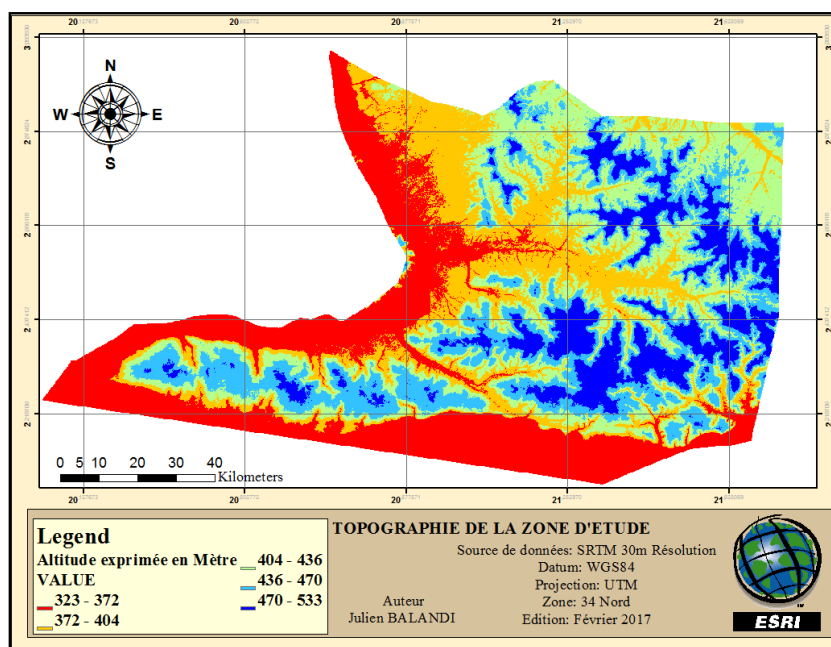


Figure 2. Topographie de la zone d'étude

classes pour éviter la confusion entre les classes et s'assurer de l'adéquation de la sélection des aires d'entraînement.

La comparaison entre l'occupation du sol classifiée ou «prédite» et l'occupation du sol photo-interprétée (ROI de validation) est réalisée par la construction et la discussion d'une matrice de confusion (ou table de contingence) pour toutes les trois images (Gao et Skillcorn, 1998; Vancutsem, et al., 2006; Descellée et al., 2006).

Analyse de la dynamique spatio-temporelle du paysage

Le taux de changement

L'équation ci-après nous a permis d'estimer le taux de changement (FAO, 1996):

$$Tc = \frac{(S_{i+t} - S_i)}{S_i} * 100$$

Taux de déforestation

Le taux annuel de déforestation est le pourcentage que perd la forêt chaque année dans un territoire forestier bien défini (Mikwa, 2010) (Tableau 1). La variable considérée est la superficie (S). Plusieurs formules existent à l'heure actuelle pour estimer le taux de déforestation. Dans le cadre de cet article, nous avons utilisé la formule de catalan (1991). Il est calculé comme suit:

$$Td\% = \frac{A_1 - A_2}{A_1 * n} * 100$$

Où: A_1 = Superficie forestière dans l'année initiale (ha);
 A_2 = Superficie forestière dans l'année finale de la période analysée (ha);
 n = le temps entre A_1 et A_2

Tableau 1: Qualification du taux de déforestation selon Catalan (1991)

Taux annuel de déforestation (%/an)	Qualification
< 0,5	Basse
0,5- 1,5	Moyenne
1,5 – 3,0	Haute
> 3,0	Plus haute

L'analyse de la structure spatiale du paysage

Une série d'indices de la structure spatiale du paysage «Land scape metrics» (Farina, 2000; Bogaert et Mahamane, 2005) ont été calculés d'autant plus que ces mesures constituent souvent un indicateur de l'impact humain sur la morphologie du paysage (Burel et Baudry, 2003; Krummel et al., 1987). Le tableau 3 décrit les indices analysés dans cette étude.

Les indices de la structure spatiale du paysage

- **(Nj)**: Le nombre de taches appartenant à une classe donnée j. L'augmentation du nombre de taches d'une classe est supposée due à la fragmentation de cette classe (Davidson, 1998)
- **(Atj)**: L'aire totale de la classe J. indique la proportion occupée par la classe j.
- **(Ptj)**: Le périmètre total de la classe J. Indique le pourtour de la classe j.
- **Dj (a)**: La dominance: indique la proportion d'aire occupée par la tache dominante dans la classe j. Plus la valeur de la dominance est grande, moins la classe est fragmentée.

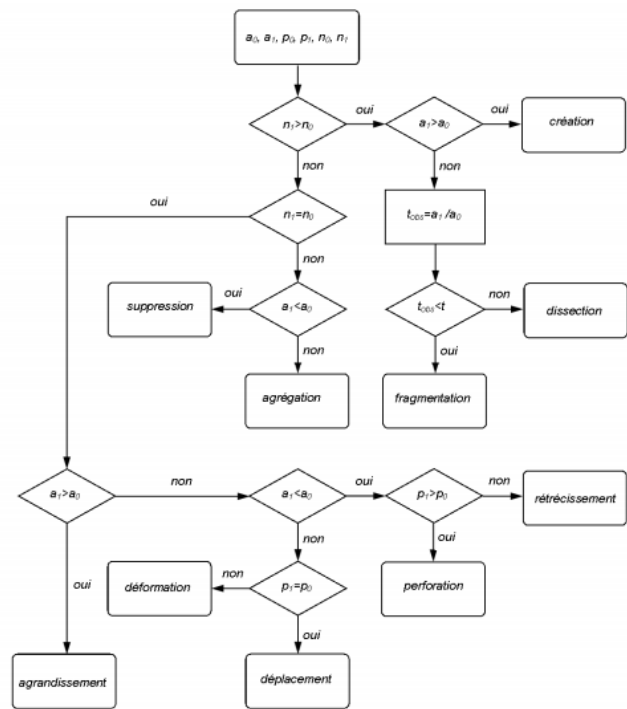


Figure 3. Le dendrogramme de Bogaert et al (2004)

Les processus de transformation spatiale du paysage

L'analyse des processus de transformations spatiales a recouru au dendrogramme de Bogaert et al. (2004). La figure 3 représente l'arbre de décision.

En s'appuyant sur cette approche, il faut déterminer la surface, le périmètre et le nombre de taches considérés avant (a_0, p_0 et n_0) et après (a_1, p_1 et n_1) la transformation. Le changement de chacune des trois caractéristiques est utilisé pour aboutir à un processus représentatif de la dynamique observée. Généralement, un seuil théorique prédéfini de $t = 0,5$ a été adopté (Barima et al., 2009) pour distinguer le processus de fragmentation de celui de dissection. Ainsi, lorsque $t_{observé} < 0,5$, la fragmentation est mise en évidence tandis que lorsque $t_{observé} > 0,5$, c'est la dissection qui est révélée.

RÉSULTATS

Cartographie de l'occupation du sol de la zone d'étude

Trois cartes ont été produites décrivant l'occupation du sol en 1987, 2000 et 2015 (Figure 4). Distinctement sur ces trois cartes, la classe des forêts denses est la plus dominante dans la zone d'étude. Elle occupe plus de 70% à chaque date: 84,3% en 1987; 79,2% en 2000 et 79,5% en 2015. Les forêts secondaires régressent continuellement: 9,9% en 1987; 9,4% en 2000 et 7,3 en 2015. On observe une évolution croissante des terres bâties et sols nus: 0,8% en 1987; 7,7% en 2000 et 8,1% en 2015. On constate une forte activité agricole (les champs et jachères) en 2015, avec 3,6% de la proportion occupée par la classe, dépassant légèrement la proportion en 1987 (3,3%).

Quantification spatio-temporelle de taux de changement et de déforestation

Taux de changement

Autour du territoire de Lisala, les taux d'évolution (changement) de l'occupation du sol pour les périodes de 1987 à 2000 et de 2000 à 2015, sont présentés au tableau 2. Il

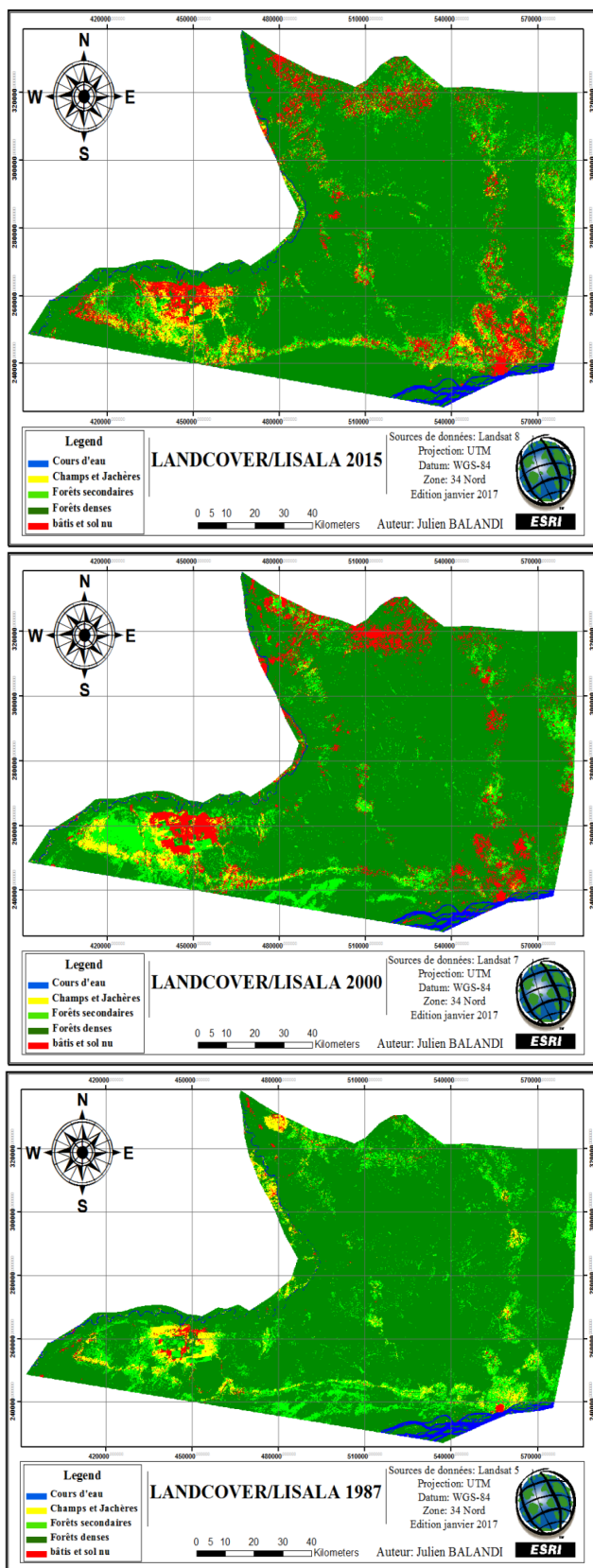


Figure 4: Occupation du sol multi-date dans la zone d'étude

Tableau 2: Taux de changement 1987-2000

Classes	1987	2000	2015	TC1	TC2
	Surface en Ha	Surface en Ha	Surface en Ha	%	%
CD	17281	15523	15069	-10.1	- 2.9
TBN	10502	90217	95133	759.1	5.4
FD	983794	924434	927916	-6.03	0.3
FS	115941	109983	85679	-5.1	- 22.1
CH. JACH	39338	26622	429745	-32.3	61.4

Légende: CD: Cours d'eau; TBN: Terres bâties et sol nu; FD: Forêt dense; FS: Forêt secondaire; CH. JACH: Champs et jachères; TC1: Taux de changement 1987-2000; TC 2: Taux de changement 2000-2015.

ressort de ce tableau que les classes forestières ont connu la perte de superficies entre 1987 et 2000. Il en est de même pour la classe de cours d'eau et celle des champs et jachères. En cette période, seule la classe des terres bâties et sol nu a connu une extension.

Dans la deuxième diachronie (2000-2015), on observe une faible extension des forêts denses et une forte régression des forêts secondaires. Les champs et jachères augmentent de même que les terres bâties et sols nus. Les cours d'eau se caractérisent d'une perte des superficies.

Taux de déforestation

Eu égard à la déforestation, la perte du couvert forestier entre 1987 et 2000 est observée dans les deux classes forestières. La déforestation est estimée à environ 0,4% pour les forêts denses et à 0,3% pour les forêts secondaires (Figure 5). De manière générale, le taux de déforestation est estimé à 0,4%, soit 0,4 ha perdus pour chaque 100 ha des forêts.

Au courant de la dernière diachronie (2000-2015), le paysage forestier n'a pas connu des taux de déforestation très alarmants. Seules les forêts secondaires ont pu atteindre un taux de 1,4%. Ceci correspond à une perte d'au moins 1,4 ha dans chaque 100 ha des forêts secondaires. Les forêts denses par contre, connaissent une reforestation estimée à -0,02%.

Les indices de la structure spatiale

Le nombre de taches

Le nombre des taches augmente de 1987 à 2015 pour la classe des terres bâties et sol nu. L'indice diminue de 1987 à 2000 pour la classe des forêts secondaires pour enfin augmenter en 2015. On observe cependant, une forte augmentation des taches entre 1987 et 2000 dans la classe des forêts denses pour enfin diminuer légèrement entre 2000 et 2015 (Figure 6).

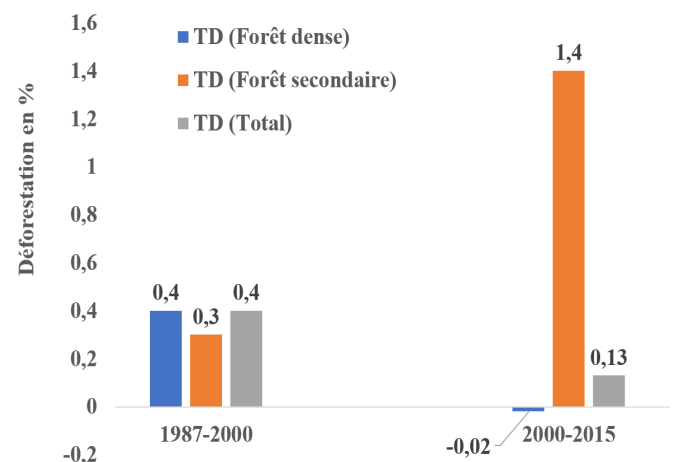


Figure 5: Dynamique de la déforestation dans la zone d'étude

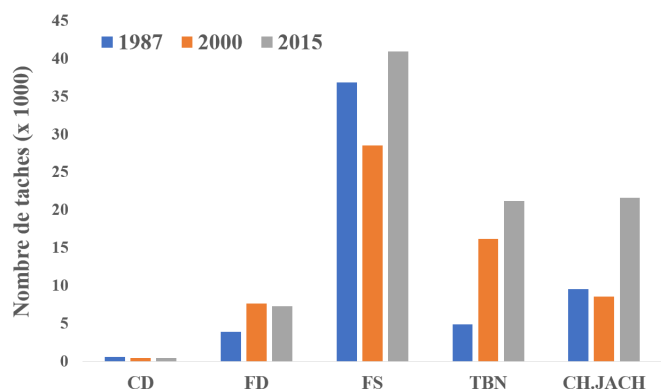


Figure 6: Évolution du nombre des taches

Les autres indices de la structure spatiales

L'aire totale de toutes les classes, à l'exception des terres bâties et sol nu, diminue de 1987 à 2000 (Tableau 3). Pour la même diachronie, la dominance de tache diminue pour la classe des forêts denses, des cours d'eau et des terres bâties et sol nu. Elle augmente pour la classe des champs et jachères et des forêts secondaires.

La diachronie 1987-2000 est aussi marquée par l'augmentation du périmètre total de la classe des forêts denses et des terres bâties et sol nu. L'indice diminue cependant pour les classes restantes.

L'aire totale des forêts denses, des champs et jachères augmente parallèlement au périmètre total, pendant la diachronie 2000-2015. On y observe par contre, pour les deux classes, une diminution de la dominance de tache. Les forêts secondaires connaissent par ailleurs, une diminution de la dominance et de l'aire totale, alors que le périmètre total augmente.

La diachronie 2000-2015 est aussi marquée par l'augmentation de la dominance dans la classe des cours d'eau et celle des terres bâties et sol nu. Alors que l'aire totale et le périmètre total augmentent pour les bâtis et sols nus, les cours d'eau connaissent une diminution.

Les processus de transformation spatiale

Au total, quatre processus de transformation spatiale sont identifiés (Tableau 4). La première diachronie (1987-2000) est dominée par la suppression, processus identifié dans la classe des cours d'eau, des forêts secondaires et des champs et jachères. Seule la classe des forêts denses a connu la dissection en cet intervalle de temps.

Deux processus dont la dissection et la création, dominent la deuxième diachronie (2000-2015). On observe la dissection dans la classe des cours d'eau et des forêts secondaires. La création quant à elle, s'observe dans la classe des terres bâties et sol nu ainsi que la classe des champs et jachères. A la différence des autres classes, les forêts denses connaissent l'agrégation.

Tableau 3: Tableau récapitulatif des indices de structure spatiale, de la dominance (D), l'aire totale (Atj), au périmètre total (Ptj) des différentes classes d'occupation en 1987, 2000 et 2015

Indices	FD	FS	TBN	CD	CH.JACH
D_{1987} (%)	98,3	6,5	12,7	79,5	13,2
atj_{1987} (ha)	983 794	115 941	10 502	17 281	39 338
Ptj_{1987} (m)	31 506 686	29 420 081	2 814 832	1 390 848	8 394 396
D_{2000} (%)	90,6	15,9	5,7	74,2	64,3
atj_{2000} (ha)	924 434	109 983	90 217	15 523	26 622
Ptj_{2000} (m)	32 010 534	23 380 677	16 253 143	1 242 817	6 177 103
D_{2015} (%)	88,0	2,6	11,8	75,0	13,0
atj_{2015} (ha)	927 916	85 679	95 133	15 069	42 974
Ptj_{2015} (m)	35 885 236	29 175 841	21 444 001	1 236 577	13 614 846

DISCUSSION

L'analyse des images satellitaires de 1987, 2000 et 2015 a permis de cerner la dynamique du paysage dans la région de Lisala. Le taux de déforestation est estimé à 0,4% par an au courant de la première diachronie (1987-2000) et de 0,13% par an au courant de la deuxième diachronie (2000-2015). Ces taux confirment la perte forestière dans chaque diachronie telle que stipulée dans la première hypothèse. Le taux estimé à la première diachronie dépasse la moyenne nationale qui oscille entre 0,2 et 0,3 % ces vingt dernières années (GTCR, 2012; OFAC, 2012) et atteint par contre, le rythme amazonien (Demaze, 2007). Cette forte déforestation au courant de la première diachronie serait en grande partie liée à l'extension considérable des terres bâties et sol nu (urbanisation) après cessation de diverses rebellions ayant survécu au courant de la décennie 1990 à 2000. La superficie des terres bâties et sol nu a augmenté de plus de 79 715 ha de 1987 à 2000 (Tableau 2) soulignant la pression exercée par la démographie. Selon les sources anciennes, la population de Lisala serait passée de 296804 habitants en 1994 à 421005 habitants en 2004, constituant une densité de 29 hab./km² (DSRP RDC, 2005).

La stabilisation des habitations humaines et la démographie galopante, auraient entraîné une forte activité agricole au courant de la deuxième diachronie (2000-2015). L'agriculture itinérante sur brûlis serait en effet, le principal moteur de déforestation en cette période. La superficie des champs et jachères a augmenté de plus de 16352 ha de 2000 à 2015. Pour Karsenty (2012), quand la population dépasse 10-15 habitants/km², les temps de jachère diminuent forcément et la fertilité décroît. Le plus grand danger enregistré au courant de la dernière diachronie, est la réduction sensible des forêts secondaires. Il s'agit en effet du type forestier qui doit assurer la succession dans le paysage. Ce sont les forêts secondaires qui reconstitueront la forêt dense. Elles constituent le passage obligé vers l'état climacique dans un écosystème forestier (OIBT, 2002).

Tableau 4: Tableau récapitulatif des processus de transformation spatiale. La dissection (D), la suppression (S), la création (C), l'agrégation (A)

Classes	Processus	
Cours d'eau	S	D
Forêt dense	D	A
Forêt secondaire	S	D
Champs et Jachères	S	C
Terres bâties et sol nu	C	C
Temps	1987-2000	2000-2015

La dynamique du paysage dans la région de Lisala, s'est aussi appuyée sur l'analyse de la structure spatiale à travers les indices et les processus de transformation.

Ainsi, un total de 4 indices de la structure spatiale dont le nombre de tache, l'aire totale, le périmètre total et la dominance des taches, ont été calculés.

L'augmentation du nombre de tache et la diminution de la valeur de la dominance et de l'aire totale de 1987 à 2000 dans la classe des forêts denses, ainsi que la diminution du périmètre total (1987-2000) et de l'aire totale (1987-2000; 2000-2015) dans la classe des forêts secondaires, illustrent complémentirement un impact humain dans les classes forestières. Cette implication correspondrait aux processus de dissection et de suppression (processus négatifs), tels qu'identifiés respectivement dans la classe des forêts denses et forêts secondaires à travers le dendrogramme de Bogaert *et al.* (2004). Le processus de dissection se traduit par une subdivision des taches en des lignes de largeur uniforme et de petite dimension entraînant une perte limitée des habitats originels.

En effet, sous l'emprise des actions anthropiques, les transformations du paysage naturel commencent souvent par une perforation ou une dissection (Bogaert *et al.*, 2011). Ainsi, pour Bogaert *et al.* (2004), la dissection, telle qu'identifiée dans la classe des forêts denses de 1987 à 2000, augmente l'accessibilité aux formations naturelles et déclenche la dynamique du paysage sans laquelle l'impact des effets anthropiques sur le paysage serait limité (August *et al.*, 2002).

Considérant l'évolution des terres bâties et sol nu, l'augmentation du nombre de taches et de l'aire totale durant toutes les diachronies, correspondrait au processus de création (processus positif). De ce fait, la ville de Lisala constitue le noyau de transformation (Bogaert *et al.*, 2008) à partir duquel les activités anthropiques se diffusent suivant un système linéaire à proximité des routes. La ville et ses environs respectent comme modèles de séquence paysagère, le modèle nucléaire prôné par Forman (1995) qui a pour source les agglomérations, et le modèle corridor favorisé par la proximité des routes. Ainsi, plus la ville s'élargit, plus grande est son influence sur les ressources naturelles. Ceci s'explique d'une part, par la forte déforestation totale (0,4%) enregistrée de 1987 à 2000, liée à une considérable extension des agglomérations humaines. D'autre part, cette influence s'explique par la perte énorme des forêts secondaire de 2000-2015. Il s'agit en effet, de la classe forestière la plus proche des agglomérations humaines, et facilement accessible pour les activités agricoles, représentées ici par la classe des champs et jachères. La diachronie 2000-2015, serait ainsi, marquée par la création, comme processus de transformation spatiale dans la classe des champs et jachères.

En outre, l'exploitation forestière par les entreprises (SICOBOIS, SOFORMA, SODEFOR) et/ou les artisans dans la région de Lisala, ouvre de nouvelles pistes qui permettent la pénétration dans la forêt et les villages s'installent le long des routes et s'y maintiennent durablement.

CONCLUSION

Cette étude a été menée dans une large partie du territoire de Lisala, dans la province de la Mongala en République Démocratique du Congo. La zone circonscrite couvre une superficie de plus de 11668 km² sur 15396 km² du territoire de Lisala. La province de Mongala couvre des vastes étendues forestières qui sont cependant soumises à la déforestation et à la dégradation.

Grâce à la télédétection et au système d'information géographique, l'étude a permis de mettre en évidence les pertes forestières et d'autres changements d'occupation du sol survenus entre 1987 à 2000 et 2000 à 2015.

Les résultats approuvent des pertes forestières au courant de chaque diachronie. Le taux annuel de déforestation à la première diachronie (1987 à 2000) est estimé à 0,4%. En cette période, les forêts denses sont les plus touchées par les activités humaines. La perte forestière annuelle à la deuxième diachronie (2000-2015), est estimée à 0,13%. Les forêts secondaires sont en cette période les plus touchées, alors que les forêts denses connaissent une succession.

La recherche identifie le processus de création dans la classe des terres bâties et sol nu le long de toutes les deux diachronies. Ce processus explique l'extension continue de ladite classe. Les classes forestières sont par ailleurs soumises à des processus négatifs notamment la dissection, et la suppression (de 1987 à 2000) respectivement dans la classe des forêts denses et la classe des forêts secondaires. En dépit de l'agrégation (processus positif) identifié dans la classe des forêts denses entre 2000 et 2015, les forêts secondaires sont soumises à la suppression en cette période.

Les informations dénichées dans cette étude permettront aux décideurs et aux aménagistes de prendre des décisions et résolutions idoines pour la gestion durable des espaces forestiers dans la région de Lisala.

BIBLIOGRAPHIE

- August P., Iverson L., Nugranad J. (2002). Human conversion of terrestrial habitats. In: Gutzwiller K.J. (Ed.). *Applying landscape ecology in biological conservation*. New York, NY, USA: Springer Verlag.
- Bogaert J., Ceulemans, R., Van Eysenrode, S.D. (2004). A decision tree algorithm for detection of spatial processes in landscape transformation. *Environmental Management*, 33: 62-73.
- Bogart J., Mahamane, A. (2005). Écologie du paysage: cibler la configuration et l'échelle spatiale. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*, 7: 39-68.
- Bogaert, J., Bamba, I., Koffi, K. J., Sibomana, S., Djibu, J. P. K., Champluvier, D., Visser, M. N. (2008). Fragmentation of forest landscapes in Central Africa: causes, consequences and management. In *Patterns and processes in forest landscapes* (pp. 67-87). Springer, Dordrecht.
- Bogaert, J., Barima, Y. S., Iyongo, W. M. L., Bamba, I., Mama, A., Toyi, M., Laforteza, R. (2011). Forest fragmentation: causes, ecological impacts and implications for landscape management. *Landscape Ecology in Forest Management and Conservation*, 273-296.
- Burel F., Baudry, J. (2003). Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications. Tec & Doc: Paris, France, 359 p.
- Defourny P., Delhage C, Kibambe Lubamba J-P. (2011). Analyse quantitative des causes de la déforestation et de la dégradation des forêts en République Démocratique du Congo. UCL/FAO/CN REDD, Kinshasa.

- Demaze M.T. (2007). La déforestation en Amazonie brésilienne: une rupture apparente entre développement et environnement, Le Mans, 23 p. http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/30/89/73/PDF/Tsayem_deforestation_Amazonie.pdf
- Descellée B., Bogaert P., Defourny P. (2006). Forest change detection by statistical object-based method. *Remote Sensing of Environment*, 102: 1-11.
- de Wasseige C., Devers D., de Marcken P., Eba'aAtyi R., Nasi R., Mayaux Ph. (2009). The forests of the Congo Basin: State of the Forest 2008. Publications Office of the European Union Luxembourg, 426 p.
- de Wasseige C., Flynn J., Louppe D., HiolHiol F., Mayaux, Ph. (2014). The forests of the Congo Basin: State of the Forest 2013. Weyrich. Belgium. 328 p.
- FAO(1996). Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. *Forestry Paper*, 130, Roma, Italy, 152 p;
- Farina A. (2000). Principles and Methods in Landscape Ecology. Kluwers Academic Publishers, USA, 235 p.
- Forman R.T.T. (1995). Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge, UK, University Press.
- Gao, J., D. Skillcorn. (1998). Capability of SPOT XS data in producing detailed land-cover maps at the urban-rural periphery. *International Journal of Remote Sensing*, 19: 2877-2891.
- GTCR (2012). Étude quantitative sur les causes de la déforestation et la dégradation des forêts en RDC. Ministère de l'environnement, conservation de la nature et tourisme.
- Mikwa J.F (2010). Évaluation par télédétection des effets de la déforestation et de la dégradation des forêts à Kisangani (Cas de la Région forestière de Masako). DES, UNIKIS.
- Karsenty A. (2012). Le rôle de l'agriculture dans la déforestation et la dégradation en RDC. Situation actuelle, perspectives et solutions possibles. Montpellier, France, Cirad, 21 p.
- Krummel J.R., Gardner R.H., Sugihara G., O'Neill R.V., Coleman P.R. (1987). Landscape pattern in a disturbed environment. *Oikos*, 48: 321-324.
- Megevand C., Mosnier A., Hourticq J., Sanders K., Doetinchem N., Streck C. (2013). Deforestation Trends in the Congo Basin: Reconciling Economic Growth and Forest Protection. The World Bank, 179 p. Disponible sur: <http://elibrary.worldbank.org>.
- Nasi R., Billand A., Van Vliet N. (2011). Empty forests, empty stomachs: bushmeat and livelihoods in Congo and Amazon Basins. *International Forestry Review*, 13: 355-368;
- OFAC (2012). The Forests of the Congo Basin. State of the Forest 2010. Luxembourg, Office des publications de l'Union européenne, 276 p. <http://www.observatoirecomifac.net>.
- OIBT (2002). Directives OIBT pour la restauration, l'aménagement et la réhabilitation des forêts tropicales dégradées et secondaires. Série OIBT: Politique forestière n° 13, Yokohama, OIBT, http://219.127.136.74/live/Live_Server/154/ps13e.pdf
- Sauvegarde de Word Gazatteer (2015). Portail de la république démocratique du Congo.
- Vancutsem C., de Wasseige C., Defourny P. (2006). The Land CoverMap of the Democratic Republic of Congo, presses universitaires de Louvain, Louvain-la-Neuve.