

NOTES TECHNIQUES TECHNICAL NOTES

TECHNISCHE NOTEN NOTAS TÉCNICAS

Le rayon de déforestation autour de la ville de Lubumbashi (Haut-Katanga, R.D. Congo): synthèse

Y. Useni Sikuzani^{1,2*}, F. Malaisse³, S. Cabala Kaleba¹, F. Munyemba Kankumbi^{1,2} & J. Bogaert³

Keywords: *Miombo*- Anthropization- Deforestation radius- Charcoal- Remote sensing- Lubumbashi- D.R. Congo

Résumé

La forêt claire de type miombo, le "Miombo woodland" des auteurs anglo-saxons, est un type de végétation largement distribué en Afrique zambézienne où il fournit des produits forestiers ligneux et non ligneux à des millions d'habitants. A Lubumbashi, les causes de la régression de sa couverture, soutenues par la croissance démographique rapide, sont principalement: (i) le développement agricole, (ii) la production de charbon de bois, (iii) l'expansion de la ville et (iv) les activités minières. Nous présentons une méta-analyse des études ayant circonscrit le rayon de déforestation autour de Lubumbashi. Ce rayon, utilisé à la fois pour exprimer la superficie (zone circulaire), l'intensité et l'ampleur (distance à la ville) de la déforestation, a été déterminé à travers la production de charbon de bois in situ et la télédétection. Bien qu'illustrant l'empreinte écologique de la ville, les estimations de la surface déboisée qui en découlent ne semblent pas cohérentes en raison des variabilités des protocoles méthodologiques au sein et entre les approches utilisées. Pendant que les études axées sur la production de charbon de bois suggèrent une suppression complète du Miombo autour de la ville, celles basées sur la télédétection mentionnent la persistance de taches de Miombo relativement proches de la ville et confondent parfois les différents niveaux de dégradation du miombo. Ces observations empêchent le développement d'une politique appropriée de conservation et d'exploitation durable de l'écosystème en question.

Summary

The Deforestation Radius Around Lubumbashi City (Upper Katanga, DR Congo): Synthesis

The Miombo woodland is a type of vegetation widely distributed in Zambeziian Africa where it provides timber and non-timber forest products to millions of inhabitants. In Lubumbashi, the causes of its degradation, supported by rapid population growth, are mainly: (i) agricultural development, (ii) charcoal production, (iii) urban expansion, and (iv) mining activities. We present a meta-analysis of the studies that have defined the deforestation radius around Lubumbashi. This radius, used both to express the area (circular area), intensity and the magnitude (distance to the city) of deforestation, was determined through in situ charcoal production and remote sensing. Although the city's ecological footprint is illustrated, estimates of the resulting deforested area do not appear to be consistent because of the variability of methodological protocols within and between approaches. While studies focusing on charcoal production suggest complete Miombo woodland suppression around the city, those based on remote sensing mention the persistence of Miombo patches relatively close to the city and sometimes confuse the different levels of miombo degradation. These observations prevent the development of an appropriate policy for the conservation and sustainable use of the concerned ecosystem.

¹Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences Agronomiques, Unité d'Ecologie, Restauration Ecologique et Paysage, Lubumbashi, R.D. Congo.

²Université de Lubumbashi, Centre de Compétences en Planification et Gestion Urbaine, Lubumbashi, R.D. Congo.

³Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux, Belgique

*Auteur correspondant: Email: yannickuseni@gmail.com

Reçu le 20.03.17 et accepté pour publication le 02.05.17

Le *miombo*: définition et déboisement

La forêt claire de type *miombo* est une dénomination qui nécessite quelques précisions. Le terme "*miombo*" est au départ le nom vernaculaire d'une des essences dominantes de ce type de végétation. Il a été repris et généralisé tant par les auteurs de langue française, qu'anglaise (*miombo woodlands*) et allemande (*miombo Wälder*).

Ce type de végétation, dominant dans la région zambézienne, est caractérisé par la prépondérance d'espèces appartenant aux genres *Brachystegia*, *Julbernardia* et *Isoberlinia* des Caesalpionioideae (9, 28, 49). Le *miombo* a été identifié parmi les écosystèmes les plus prioritaires pour la conservation (35) en raison de son niveau élevé d'endémisme (9, 28) et a également été considéré comme un important réservoir de carbone (41). Plus de 100 millions de personnes dépendent de cette forêt pour leurs besoins quotidiens en produits forestiers (non ligneux (28, 29, 30, 33, 38, 41).

Malgré cela, les activités agricoles et l'augmentation persistante de la demande urbaine en bois-énergie sont à l'origine d'une pression accrue sur le *miombo* (6, 11, 28, 13, 38, 39). Sileshi *et al.* (42) ont noté des conversions de terre de l'ordre de 2 à 22% par an en raison des variations dans le niveau de développement agricole et de la demande en charbons de bois. Bien que le *miombo* puisse démontrer une capacité remarquable de régénération après diverses perturbations anthropiques (44), l'explosion démographique future amplifiera la pression sur ses bois (11) dont la régénération nécessite jusqu'à 40 ans en l'absence du feu (28). Couvrant quelques 2,4 millions de km², le *miombo* s'étend sur une partie de l'Angola, de la République Démocratique du Congo (RD Congo), du Malawi, du Mozambique, de la Tanzanie, de la Zambie et du Zimbabwe (13).

En RD Congo, il couvre près de 23% de la surface forestière totale et reste le type de forêt le plus dominant (>50%) dans l'ex-province du Katanga (19, 39) où l'expansion des activités de subsistance (agriculture, récolte du bois de chauffage et production de charbon de bois), soutenue par une croissance démographique rapide et l'urbanisation accélérée (39), constitue la principale cause de sa régression (27, 34, 36, 39). Une autre cause de la diminution de la couverture du *miombo* est l'exploitation minière à proximité des grandes villes, notamment à Lubumbashi (34, 38, 39, 47).

Il convient de rappeler que Lubumbashi est une ville née *ex nihilo* au sein d'un massif de *miombo* (21). C'est en 1909 qu'un quadrilatère de 20 km² a été dessiné dans le *miombo* près d'une rivière où une usine a été construite (21). La déforestation a commencé dès la création de la ville en 1910 et s'est poursuivie en s'amplifiant notamment en raison de l'exode rural qui a provoqué une consommation accrue du charbon de bois pour les besoins

domestiques et de petites entreprises (21, 28, 34) d'une population qui est passée de près de 6000 habitants en 1911 (14) à plus de 2 millions en 2015 (46). Bruneau et Pain (8) et Malaisse et Binzangi (25) estimaient pour leur part qu'en 1985, le rayon de l'auréole de déforestation avançait d'en moyenne 1,4 km par an.

Les perturbations engendrées par cette déforestation seraient responsables du raccourcissement de la durée des pluies (2, 40), d'une malnutrition persistante dans le milieu rural (28, 32) et de la perte de biodiversité (5, 48). L'ampleur inquiétante de ces conséquences a conduit plusieurs chercheurs à quantifier la déforestation autour de Lubumbashi. Cet article, qui constitue une méta-analyse de ce processus, a pour but de vérifier la cohérence entre ces études, en termes méthodologique et conceptuel.

Aperçu synthétique sur la quantification de la déforestation du *miombo* à Lubumbashi

Une réflexion est menée autour du concept du rayon de déforestation en considérant sa conception (la surface déboisée, l'intensité et l'ampleur matérialisée par la distance à la ville) et son estimation quantitative. Le rayon de déforestation autour de Lubumbashi a été estimé sur la base (i) d'observations *in situ*, souvent liées à l'étude de la production de charbon de bois et (ii) de la télédétection. Les deux approches utilisées peinent à donner une vision cohérente du rayon de déforestation autour de la ville. Les observations effectuées dans les villages des producteurs de charbon de bois expriment le rayon de déforestation à travers la distance qui les sépare de la ville, ce qui reflète plutôt l'ampleur de la déforestation. Les estimations de distances, qui n'augmentent pas nécessairement avec le temps comme attendu par ailleurs, varient selon les auteurs, les années d'observation et les distances des villages considérés par rapport à la ville (Tableau 1). En plus, souvent elles ne considèrent pas les taches de *miombo* peu accessibles situées entre les villages à proximité de Lubumbashi. A partir de cette approche, des projections de la suppression locale complète du *miombo* ont été réalisées (2, 28).

Force est de constater que les difficultés d'accès et la privatisation de certaines concessions font que des taches de *miombo* subsistent sur des courtes distances à ville et le seront jusqu'à l'horizon 2050 (48). Déjà, Dikumbwa (15) a signalé l'existence d'une dizaine d'hectares de forêt dense sèche sempervirente dans le voisinage de Lubumbashi malgré la forte pression anthropique que subit cet écosystème.

Tableau 1

Aperçu évolutif du rayon de déforestation autour de la ville de Lubumbashi sur la base d'études scientifiques axées sur la production du charbon de bois. Les traits réfèrent à l'absence de données.

Année	Méthodes d'étude	Distances de la déforestation à la ville (km)	Estimation de l'année de suppression complète du couvert forestier autour de la ville	Sources
1978	Observations	35	--	(21)
1980	Observations	20-50	--	(24)
1982	Enquêtes	25-60	--	(23)
1983	Enquêtes	30	--	(22)
1983	Observations	70	2030	(31)
1985	Enquêtes	70	2050	(27)
1987	Observations	70	--	(26)
1990	Enquêtes	42	2050	(25)
1990	Observations	50	--	(8)
1994	Observations	35	--	(7)
1997	Observations	35	--	(28)
1999	Observations	100	2010	(2)
2010	Enquêtes	35	--	(45)
2015	Observations	100	--	(36)

Trefon *et al.* (45) soulignent que la déforestation a été amplifiée car calculée exclusivement sur la base de la croissance démographique et des quantités de charbon de bois produites, sans tenir compte des adaptations quotidiennes aux situations de rareté du bois. C'est par exemple la coupe de certains arbres fruitiers, abondants dans la plupart de parcelles, pour la cuisson artisanale des pains et des briques. Aussi, le bassin d'approvisionnement en charbon de bois de la ville de Lubumbashi s'est étendu jusqu'à un rayon de 300 km autour de la ville (36). Cela pourrait expliquer l'existence de taches de *miombo* sur des courtes distances à la ville (<25 km) en 2009 (37) quoiqu'Assani (2) ait prédit leur disparition complète sur un rayon de 100 km pour l'année 2010. L'approche basée sur la production de charbon de bois *in situ* ne semble pas refléter correctement l'importance de la déforestation autour de Lubumbashi en raison de différences dans les protocoles méthodologiques utilisés d'une part et de l'autre du fait des variations dans les distances qui séparent les villages étudiés à la ville. En somme, les observations semblent surestimer le rayon de déforestation suite aux enquêtes dans les villages des producteurs de charbon de bois.

L'approche qui s'appuie sur l'imagerie satellitaire, parfois des photographies aériennes anciennes, est censée pouvoir estimer plus correctement la superficie déboisée, étant donné qu'il s'agit d'une démarche plus objective et systématique.

La déforestation telle que mise en évidence à travers cette approche dépend toutefois de l'étendue couverte par l'étude et du processus de détection des changements de l'occupation du sol (Tableau 2), y compris la définition des classes d'occupation du sol cartographiées.

D'un côté, certaines études (38, 43) considèrent des limites au-delà du bassin d'approvisionnement en charbon de bois de la ville (36), la partie zambienne par exemple. De l'autre, une intensité de déforestation de près 600 % a été estimée en une décennie par Soyer et Wilmet (43) contre 86% en un demi-siècle par Munyemba et Bogaert (37) compte tenu de l'imprécision de référence spatiale des sites et de la différence des dynamiques évaluées (savanisation et déboisement). En outre, la surface déboisée est moins importante lorsque la scène de types d'images utilisées couvre une étendue réduite. Une interprétation correcte des différents niveaux de dégradation du *miombo*, une harmonisation des matériels utilisés et des protocoles méthodologiques semblent une étape cruciale dans la caractérisation de la déforestation par télédétection.

Les deux approches utilisées attestent l'existence d'une zone déboisée autour de la ville de Lubumbashi, mais ne sont pas univoques à propos de son appréciation. Les études *in situ* ignorent les taches de *miombo* proches de la ville, et semblent donc surévaluer l'ampleur de la déforestation. Par contre, les études basées sur la télédétection surestiment parfois ce rayon, mais aussi la résistance des taches de *miombo*, en ignorant leur taux de dégradation sur des courtes distances à la ville.

Tableau 2

Aperçu évolutif du rayon de déforestation autour de la ville de Lubumbashi sur la base d'études scientifiques axées sur la télédétection et/ou les outils d'analyse de l'écologie du paysage (*).

Années	Types de données	Surface totale étudiée (km ²)	Surface déboisée (km ²)	Intensité de la déforestation (km ² /an)	Sources
1973-1981	Image Landsat	--	1630	-203,75	(43)
1973-1988	Image Landsat	--	1800	-120,00	(10)
1986-2000	Image SPOT	2364	36	-2,75	(16)
1989-2001	Image Landsat	--	1059	-88,25	(20)
1972-2002	Image Landsat	125600	21025,4	-700,85	(38)
1956-2009	Image Landsat et ancienne carte	1445	1052	-19,85	(37)*

Les traits réfèrent à l'absence de données.

Il en résulte que ces deux approches ne sont pas cohérentes ou compatibles dans l'étude de l'importance de la déforestation à Lubumbashi en raison de la variabilité des protocoles méthodologiques au sein de chaque approche, mais aussi entre les approches.

Il existerait des taches de *miombo* peu accessibles ou protégées, qui subsistent aux diverses pressions anthropiques, rendant ainsi discontinu le patron de déforestation autour de Lubumbashi (1, 18, 37, 45, 48). Ce patron est similaire à celui observé à Kisangani où la zone déboisée s'étend jusqu'à 40 km, alors que des taches de forêt dense subsistent à une dizaine de kilomètres de la ville (4, 7). En effet, quoique l'homme soit capable de modifier un écosystème originel afin de le rendre plus productif pour ses besoins, il semble préserver tout de même les forêts nécessaires pour lui fournir de services écosystémiques dans des zones déboisées (3).

Par ailleurs, certaines taches de *miombo* qui subsistent à de courtes distances à la ville de Lubumbashi, et identifiées par télédétection, correspondent plutôt aux savanes secondaires (25) que Kabulu *et al.* (19) ont identifié comme des complexes de forêts claires et savanes boisées.

Cela semble suggérer qu'il s'agit d'un problème lié aux méthodes utilisées (acquisition et traitement des données) dans notre zone d'étude. L'influence de l'interprétation de l'occupation du sol sur l'estimation des conséquences écologiques de sa dynamique structurale a déjà été démontrée en région tropicale (12).

Étant donné que la déforestation est principalement gouvernée par la croissance démographique, la préservation des rares fragments de *miombo* qui subsisteraient sur des courtes distances à la ville sera menacée, certainement lorsque l'accessibilité à certains sites aura été améliorée (48) et au fur et à mesure de la poursuite de l'occupation anarchique du sol (17). Par conséquent, une harmonisation des approches utilisées en termes méthodologique et conceptuel s'impose. Elle pourrait former le point départ d'une relecture rétrospective critique des estimations historiques de la déforestation et de la dégradation du *miombo*, afin d'interpréter correctement les dynamiques spatio-temporelles de cet écosystème unique et crucial pour la population katangaise.

Références bibliographiques

1. André M., Vranken I., Boisson S., Mahy G., Rüdissier J., Visser M., Lejeune P. & Bogaert J., sous presse, *Quantification of anthropogenic effects in the landscape of Lubumbashi*. In: J. Bogaert, G. Colinet & G. Mahy (eds). *Anthropisation des paysages Katangais*. Gembloux: Presses Universitaires de Gembloux.
<http://hdl.handle.net/2268/186226>
2. Assani A.A., 1999, Variabilité temporelle et persistance des épisodes secs en saison des pluies à Lubumbashi (Congo-Kinshasa), *Sécheresse*, **10**, 1, 45-53.
3. Bamba I., Visser M. & Bogaert J., 2011, An alternative view of deforestation in central Africa based on a Boserupian framework, *Tropicultura*, **29**, 4, 250-254.
4. Bamba I., Yedmel M.S. & Bogaert J., 2010, Effets des routes et des villes sur la forêt dense dans la province orientale de la République Démocratique du Congo, *Eur. J. Sci. Res.*, **43**, 3, 417-429.
5. Barima Y.S.S., Kabulu D.J-P., Alongo S., Ndayishimiye J., Bomolo O., Kumba S., Iyongo L., Bamba I., Mama A., Toyi M., Kasongo E., Masharabu T., Visser M. & Bogaert J., 2011, *Deforestation in central and West Africa: landscape dynamics, anthropogenic effects and ecological consequences*. In: Daniels JA (ed). *Advances in environmental research*, volume 7. Nova Science Publishers, Hauppauge, pp 95- 120.
6. Bogaert J., Bamba I., Kabulu J.P., Koffi K. J., De Cannière C., Visser M. & Sibomana S., 2008, *Fragmentation of Forest Landscapes in central Africa: causes, consequences and management*. In Laforteza R., Chen R., Sanesi G. & Crow Th.R. (eds). *Patterns and Processes in Forest Landscapes: Multiple Use and Sustainable Management*. Verlag, New York: Springer, pp 67-87.
7. Binzangi K., Tshibangu K., Degreef J. & Malaisse F., 1994, Le déboisement en Afrique Tropicale. *Défis-Sud*, **14**, 36-37.
8. Bruneau J.C. & Pain M., 1990, *Atlas de Lubumbashi*. Centre d'Etude Géographique sur l'Afrique Noire, Université Paris X, Nanterre, France.
9. Campbell B.M., Angelsen A., Cunningham A., Katerere Y., Siteo A. & Wunder S., 2007, *Miombo woodlands—opportunities and barriers to sustainable forest management*. CIFOR, Bogor, Indonesia.
10. Castiaux N., Massart M. & Wilmet J., 1991, *Environmental study of tropical african urban areas by multitemporal satellite imageries (Lubumbashi, Zaïre, Central Africa)*. *Proceed. of XXIVth Int. Symp. on Remote Sensing of Environment*, Rio de Janeiro, Brazil, 10 p.
11. Chidumayo E.N. & Gumbo D.J., 2013, The environmental impacts of charcoal production in tropical ecosystems of the world: a synthesis, *Energy for Sust. Dev.*, **17**, 2, 86-94.
12. Colson F., Bogaert J., Carneiro Filho A., Nelson B., Pinagé E.R. & Ceulemans R., 2009, The influence of forest definition on landscape fragmentation assessment in Rondônia, Brazil, *Ecol. indicators*, **9**, 6, 1163-1168.
13. Dewees P.A., Campbell B.M., Katerere Y., Siteo A., Cunningham A.B., Angelsen A. & Wunder S., 2010, Managing the Miombo woodlands of southern Africa: policies, incentives and options for the rural poor. *J. Nat. Res. Policy Res.*, **2**, 1, 57-73.
14. Dibwe d-M.D., 2009, *Lubumbashi, ville industrielle attractive et repulsive* (1910-2008). II Congreso Internacional de Desarrollo Humano, La Ciudad Sostenible : Los restos de la Pobreza Urbana, Madrid.
15. Dikumbwa N., 1990, Ecoclimatic factors and biogeochemical cycles in dense dry evergreen forest in Muhulu, southern Shaba, *Geo-Eco-Trop*, **14**, 1-4, 159-171.
16. Frauman E., 2004, *L'agriculture périurbaine*. In P. Petit (Ed). Byakula, *Approche socio-anthropologique de l'alimentation à Lubumbashi*, Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer, pp 55-63.
17. GROUPE HUIT, 2009, *Elaboration du plan urbain de référence de Lubumbashi*. Rapport final Groupe Huit, BEAU, Ministère des ITR, RD Congo.
18. Hick A., Maud H., Tshibungu N.A. & Mahy G., sous presse, *La place de l'arbre dans les systèmes agricoles par les populations locales*. In: J. Bogaert, G. Colinet & G. Mahy (eds). *Anthropisation au Katanga*. Gembloux: Presses Universitaires de Gembloux.
<http://hdl.handle.net/2268/197327>
19. Kabulu D.J., Bamba I., Munyemba K.F., Defourny P., Vancutsem C., Nyembwe N.S., Ngongo L.M., Bogaert J., 2008, *Analyse de la structure spatiale des forêts au Katanga*. Ann. Fac. Sc. Agr. UNILU, **1**, 2, 12-18.
20. Kikombo I.N., 2006, Assessing the impact of turnoils and wars on the environment in the city of Lubumbashi using remote sensing data, *The Great Lake Res. J.*, **2**, 74-90.
21. Leblanc M. & Malaisse F., 1978, *Lubumbashi, un écosystème urbain tropical*. Centre International de Sémiologie Université Nationale du Zaïre.
22. Lootens-De Muynck M.T. & Mbuyi B.D., 1983, Sambwa : un pôle d'attraction rural dans l'arrière-pays de Lubumbashi (Zaïre), *Geo-Eco-Trop*, **7**, 4, 155-163

23. Lootens-De Muynck M.T., Mbuyi B.D. & Binzangi K., 1982, Typologie et aspects socio-économiques de quelques villages de bûcherons et charbonniers des environs de Lubumbashi, *Geo-Eco-Trop.*, **6**, 1, 45-63.
24. Lootens-de Muynck M.T., Bruneau J-C., Lootens M. & Malaisse F., 1980, Lubumbashi en 1980 et ses relations avec son environnement régional, *Geo-Eco-Trop*, **4**, 1-4, 3-29.
25. Malaisse F. & Binzangi K., 1990, *Consommation de bois de feu (bois de carbonisation et bois de chauffe) et déforestation au Shaba (Zaire)*. Session d'échanges sur les écosystèmes tropicaux humides, 13-17 Novembre Brazzaville.
26. Malaisse F. & Kapinga I., 1987, The influence of deforestation on the hydric balance of soils in the Lubumbashi environment, *B. Soc. Roy. Bot. Belg.*, **119**, 2, 161-178.
27. Malaisse F. & Binzangi K., 1985, Wood as a source of fuel in upper Shaba (Zaire)? *Commonwealth For. Rev.*, **64**, 3, 227-239.
28. Malaisse F., 1997, *Se nourrir en forêt claire africaine: Approche écologique et nutritionnelle*. Gembloux, Belgique les presses agronomiques de Gembloux.
29. Malaisse F., 1979, *L'homme dans la forêt Claire Zambézienne*. In: Jewsiewicki B. (Ed). Diversification et appauvrissement des anciens systèmes africains de production alimentaire, *Afr. Econ. Hist.*, **7**, 38-64.
30. Malaisse F., 1978, The *miombo* ecosystem. In: *Tropical forest ecosystems, a state of Knowledge*. Report prepared by UNESCO/UNEP/FAO. Paris: Unesco/ Natural Resources research, 16, 589-606.
31. Malaisse F., Batubenga K., Binzangi K., Ipanga T. & Kakisingi M., 1983, Essai cartographique de l'environnement et de sa dynamique en milieu tropical humide : les moyens plateaux du Shaba méridional du Zaïre. *Geo-Eco-Trop.*, **7**, 49-65.
32. Malaisse F., Binzangi K. & Kapinga I., 1980, L'approvisionnement en produits ligneux de Lubumbashi (Zaïre), *Geo-Eco-Trop*, **4**, 139-163.
33. Malaisse F., Alexandre J., Freson R., Goffinet G. & Malaisse-Mousset M., 1972, *The miombo ecosystem: a preliminary study*. In: Golley P. & Golley F. (Eds). *Tropical ecology with an emphasis on organic production*. Athens (Georgia, USA): University of Georgia, 33-405.
34. Megevand C., Sanders K. & Doetinchem N., 2013, *Dynamiques de déforestation dans le bassin du Congo: réconcilier la croissance économique et la protection de la forêt*. Washington DC, World Bank.
35. Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., Brooks T.M., Pilgrim J.D., Konstant W.R., Da Fonseca G.A. & Kormos C., 2003, Wilderness and biodiversity conservation. *Proc. Nat. Academy Sci.*, **100**, 18, 10309-10313.
36. Münkner C-A., Bouquet M., Muakana R., 2015, *Elaboration du schéma directeur d'approvisionnement durable en bois-énergie pour la ville de Lubumbashi* (Katanga). Programme Biodiversité et Forêts (PBF) Projet Filière Bois / Chaînes de valeur ajoutée, GIZ, MEDD, DFS, GFA.
37. Munyemba K.F. & Bogaert J., 2014, Anthropisation et dynamique de l'occupation du sol dans la région de Lubumbashi de 1956 à 2009, *E-revue UNILU*, **1**, 1, 3-23.
38. Mwitwa J., German L., Muimba-Kankolongo A. & Puntondewo A., 2012, Governance and sustainability challenges in landscape shaped by mining: Mining-forestry linkages and impacts in the copper belt of Zambia and the DR Congo, *For. Policy & Econ.*, **25**, 19-30.
39. Potapov P.V., Turubanova S.A., Hansen M.C., Adusei B., Broich M., Altstatt A., Mane L. & Justice C.O., 2012, *Quantifying forest cover loss in Democratic Republic of the Congo, 2000–2010, with Landsat ETM+ data*, *Remote Sens. Environ.*, **122**, 106-116.
40. Sanga-Ngoie K. & Fukuyama K., 1996, Interannual and long-term of climate variability over the Zaïre basin during the last 30 years, *J. Geophysic. Res.*, **101**, 21351-21360.
41. Shirima D.D., Totland Ø., Munishi P.K., & Moe S.R., 2015, Relationships between tree species richness, evenness and aboveground carbon storage in montane forests and *miombo* woodlands of Tanzania, *Basic & Appl. Ecol.*, **16**, 3, 239-249.
42. Sileshi G., Akinnifesi F.K., Ajayi O.C., Chakeredza S., Kaonga M. & Matakala P.W., 2007, Contributions of agroforestry to ecosystem services in the Miombo eco-region of eastern and southern Africa, *Afr. J. Environ. Sci. Technol.*, **1**, 4, 68-80.
43. Soyer J. & Wilmet J., 1986, *Environmental changes around african tropical towns* (Lubumbashi, Zaïre, Bamako, Mali) from Landsat MSS data. Proceed. of the XXth International Symposium on Remote Sensing of Environment, Nairobi, december 1986, pp 507-520.
44. Syampungani S., Geldenhuys C.J. & Chirwa P.W., 2016, Regeneration dynamics of miombo woodland in response to different anthropogenic disturbances: forest characterisation for sustainable management, *Agrofor. Syst.*, **90**, 4, 563-576.

45. Trefon T., Hendriks T., Kabuyaya N. & Ngoy B., 2010, *L'économie politique de la filière du charbon de bois à Kinshasa et à Lubumbashi*: Appui stratégique à la politique de reconstruction \$post-conflit en R.D.C. Working paper of the Institute of Development Policy and Management, University of Antwerp.
46. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2016, *The World's Cities in 2016 – Data Booklet* (ST/ESA/ SER.A/392).
47. Vranken I., Amisi Y.M., Munyemba Kankumbi F., Bamba I., Veroustraete F., Visser M. & Bogaert J., 2013, The Spatial Footprint of the Non-ferrous Mining Industry in Lubumbashi, *Tropicultura*, **31**, 1, 22-29.
48. Vranken I., Kabulu Djibu J.P., Munyemba Kankumbi F., Mama A., Iyongo Waya Mongo L., Bamba I., Laghmouch M. & Bogaert J., 2011, *Ecological impact of habitat loss on African landscapes and diversity*. In: Daniels JA (ed) *Advances in environmental research*, volume 14. Nova Science Publishers, Hauppauge, pp 365-388.
49. White F., 1983, *The Vegetation of Africa*. Natural Resources Research N° 20 UNESCO, Paris, p. 356.

Y. Useni Sikuzani, Congolais, PhD, Professeur Associé, Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences Agronomiques, Unité Ecologie, Restauration Ecologique et Paysage, Lubumbashi, R.D. Congo; Centre de Compétences en Planification et Gestion Urbaine, Lubumbashi, R.D. Congo.

F. Malaisse, Belge, PhD, Professeur honoraire, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux, Belgique

S. Cabala Kaleba, Congolais, PhD, Professeur Associé, Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences Agronomiques, Unité Ecologie, Restauration Ecologique et Paysage, Lubumbashi, R.D. Congo

F. Munyemba Kankumbi, Congolais, PhD, Professeur, Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences Agronomiques, Unité Ecologie, Restauration Ecologique et Paysage, Lubumbashi, R.D. Congo; Centre de Compétences en Planification et Gestion Urbaine, Lubumbashi, R.D. Congo.

J. Bogaert, Belge, PhD, Professeur ordinaire, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux, Belgique.