



Analyse de la dynamique spatio-temporelle du paysage forestier de la région de Beni (Nord-Kivu, RDC).

Spatio-temporal analysis dynamics of the forest landscape of the Beni region (North Kivu, DRC).

BWEYA Muhindo Naasson¹, MUSAVANDALO Mumbere Charles¹ & SAHANI Muhindo¹

Abstract: The Beni region is undergoing extensive deforestation that has not yet been documented. This study is done in order to quantify the spatial and temporal dynamics of forests and to identify the driving force of deforestation in the Beni area. To do this, two Landsat images were exploited. The supervised classification method that was chosen a priori, to highlight the land use, uses the maximum likelihood algorithm that derives from Bayes theorem probability theory. The truth ground required raids on the place of study. During these investigations, the local population was subjected to a survey questionnaire to gain insight into the evolution and use of forests and the new land use. The transition matrix shows that there has been a notable loss of forest cover over the past 23 years in the Beni region. As a result, the forest landscape is changing, taking into account the new land use in the area. The loss of cover remains intense for the classes of dense and secondary forests. The dominant class is that of fields. The pioneer fronts have strongly retreated and are further away from the major urban centers of the Beni region concomitantly with humanization. The main driver of deforestation in the Beni region remains shifting cultivation on slash-and-burn farms, it is accentuated by the establishment of perennial crops and has influenced the annual rate of deforestation around 2.7%.

Key words: deforestation, forest cover, pioneer front, land use, spatial dynamics, Remote Sensing, Beni region.

Résumé : La région de Beni (Nord Kivu, RDC) subit une déforestation accentuée non encore documentée jusqu'à ces jours. Cette étude est faite dans le but de quantifier la dynamique spatiale et temporelle des forêts et d'identifier le moteur de la déforestation en région de Beni. Pour ce faire, deux images Landsat (1995 et 2018) ont été exploitées. La méthode de classification supervisée qui a été choisie a priori, pour mettre en évidence l'occupation du sol, exploite l'algorithme du maximum de vraisemblance qui découle de la théorie de la probabilité du théorème de Bayes. La vérité « terrain » a exigé des descentes sur le lieu d'étude. Pendant ces investigations, la population locale a été soumise à un questionnaire d'enquête pour avoir sa perception vis-à-vis de l'évolution des forêts, de leur utilisation, et de la nouvelle affectation du sol. La matrice de transition démontre qu'il y a eu une perte notable de la couverture forestière ces 23 dernières années dans la région de Beni. Il résulte que le paysage forestier est en pleine mutation si l'on tient compte de la nouvelle affectation du sol en région de Beni. La perte de la couverture reste intense pour les classes de forêts denses et de la forêt secondaire. La classe dominante est celle des champs. Les fronts pionniers ont fortement reculé et s'éloignent davantage des grands centres urbains concomitamment avec l'anthropisation. Le principal moteur de déforestation en région de Beni demeure l'agriculture itinérante sur abattis non brûlés. Elle est accentuée par l'implantation de cultures pérennes, ce qui a influencé le taux annuel de déforestation de 2,7%.

Mots clés : déforestation, front pionnier, occupation du sol, dynamique spatiale et temporelle, télédétection, région de Beni.

INTRODUCTION

Plus de 99% de surface forestière dans la zone du Bassin du Congo sont constitués de forêts primaires ou naturelles régénérées par opposition aux plantations (MEGEVAND *et al.*, 2013 ; AVELING 2010). Aujourd'hui, ces forêts, comme beaucoup d'autres à travers le monde, subissent une déforestation et des dégradations importantes entraînant ainsi une fragmentation du paysage dont les conséquences sur les écosystèmes mais aussi sur le mode de vie des populations locales deviennent de plus en plus critiques. Cette perte est également l'une des causes des changements climatiques qui menacent à l'heure actuelle la survie de l'espèce humaine sur la planète (BARIMA, 2009).

La région de Beni est connue pour ses forêts à dominance humide caractérisées par le *Cynometra alexandri* d'après la classification de WHITE (1983). Ces massifs forestiers, qui jadis faisaient la fierté du territoire à cause de ses richesses floristiques, subissent une pression anthropique importante. En effet, au cours

¹ - Université Catholique du Graben, Butembo, RD Congo. E-mail : naassonbweya@gmail.com
 - Université Catholique du Graben, Butembo, RD Congo. E-mail : mmcarvin@gmail.com
 - Université Catholique du Graben, Butembo, RD Congo. E-mail : sahaniwalerem@gmail.com

de son histoire, la région de Beni a connu des séries d'instabilités politiques et sécuritaires. Cette série de crises inhérente à cette instabilité crée une sorte de déséquilibre entre la population et la forêt. Faute de la (i) diversité de moyens de survie, (ii) d'investisseurs et (iii) d'infrastructures diversifiées pour une économie attrayante, l'unique alternative de survie des riverains des écosystèmes forestiers est l'exploitation de massifs forestiers par l'agriculture et par le bois-énergie. Il en découle une disparition et une dégradation progressives des ressources forestières qui jusqu'à présent sont loin d'être documentées sur base des connaissances scientifiques objectives alors que les forêts gérées durablement fourniraient des produits et des services essentiels pour l'homme. Leur rôle en matière de développement durable est donc primordial.

Pour y arriver, l'acquisition de données actualisées sur l'état d'occupation du sol, la dynamique des ressources forestières dans le temps et dans l'espace, la perception de la population vis-à-vis de leur environnement naturel est indispensable. C'est dans cette optique que ce travail sur la dynamique spatio-temporelle du paysage forestier dans région de Beni a été réalisé. Ces recherches poursuivies ont moult intérêt tant sur le plan de l'exploitation, de la conservation que sur le plan scientifique. Cela servira comme support technique aux agents de l'environnement de la RDC en général et de la région de Beni en particulier. Ce sera également un document de base pour les organismes d'appui à l'exploitation, à la conservation ou à la gestion durable des forêts et pour la prise de précautions devant des situations à même de causer des dommages, notamment dans le contexte actuel de changement climatique.

MATERIELS ET METHODES

Site d'étude

La zone d'étude est située dans la région septentrionale de la RDC en province du Nord-Kivu. Elle est parcourue par un réseau hydrographique dense et est traversée dans sa partie est par la rivière Semuliki et à l'ouest par les rivières Tuha et Asefu. Trois types de végétation caractérisent son paysage : (i) la forêt claire combinée à des savanes boisée et herbeuse dans la plaine de la Semuliki, (ii) la forêt montagnarde située dans le secteur du mont Ruwenzori et (iii) la forêt ombrophile et sempervirente typique du domaine forestier central de la cuvette congolaise. Elle jouirait d'un climat équatorial du type Af de la classification de Köppen, mais qui devrait être actualisé vu le contexte actuel du changement climatique. Ce climat est caractérisé par des pluies abondantes interrompues par deux saisons sèches respectivement en janvier-février et en juin-août. Les fluctuations pluvio-thermométriques sont cependant importantes. Elles varient entre 1200-2000 mm (moyenne de 1600 mm) de pluie et 20 à 30 °C (moyenne de 25 °C) (RVA, 2018).

Matériels

Des approches par télédétection combinées à la cartographie ont été adoptées pour l'analyse diachronique de la dynamique paysagère à partir de deux scènes de l'imagerie Landsat. Les scènes sollicitées sont celles issues d'une part, du capteur TM (*Thematic Mapper*) (path173 et row 060 du 02-02-1995), et d'autre part du capteur OLI (*Operational Land Imager*) (path 173 et row 060 du 01-02-2018). Ces images présentent l'avantage d'être disponibles gratuitement (sur earthexplorer.usgs.gov). La résolution spatiale de leurs pixels (30 m) permet de mieux identifier les éléments structurant le paysage de la zone d'étude. Les dates de prise de vue de ces images Landsat correspondent à la saison peu pluvieuse, ce qui permet de disposer des différences spectrales très variées entre les éléments de la couverture végétale et de minimiser l'effet de nuage. Les transects parcourus sur terrain lors des investigations ont permis de mettre en évidence les principales composantes du paysage étudié. Ces composantes ont été géolocalisées à l'aide du GPS (*Global Positionning System*) de marque GPSmap62Stc. Ce GPS contient un altimètre barométrique précis et un compas électronique qui permet de retrouver le nord même à l'arrêt. Il est équipé d'un tout nouveau récepteur GPS ultrasensible (type SiRF III) afin de rendre la réception satellite possible dans les environnements les plus difficiles. Il permettait de disposer d'une précision acceptable (± 3 m) sous la canopée. Ces données constituent des vérités de terrain qui ont été utilisées dans l'interprétation des images acquises et par conséquent dans l'analyse de l'occupation du sol. Le traitement et l'analyse de ces images ont été assurés à l'aide des logiciels ENVI 4.6.1, ArcGIS 9.3.1 et QGIS 2.8.1. Un questionnaire d'enquête permettait de révéler la perception de la population vis-à-vis de la dynamique forestière et de l'utilisation actuelle des sols.

Méthode

Matrice de transition de l'occupation du sol

Pour décrire les changements d'occupation du sol intervenus entre 1995 et 2018, la méthode de la matrice de transition a été utilisée pour la région de Beni soumise à une anthropisation prégnante. Un rayon de 50 km à l'ouest de la route nationale N°4 (RDC) a été mesuré. Ce choix est motivé par l'accalmie bien que précaire dans cette partie du territoire, la partie est étant peu stable sur le plan sécuritaire suite aux conflits armés. La matrice de transition entre deux états (T_0 et T_1) est obtenue à partir des valeurs données par les logiciels de télédétection et SIG et traitées dans Excel. Ces valeurs proviennent de la superposition de deux images classées (classification supervisée par la méthode de vraisemblance) de la région (ici à l'aide du logiciel ENVI 4.6.1.) en vue de détecter les changements opérés dans l'occupation du sol entre deux dates. Elle correspond à une matrice carrée décrivant de manière condensée, les changements d'état des éléments d'un système pendant une période donnée (BAMBA, 2010). Les cellules de la matrice contiennent la valeur d'une variable étant passée d'une classe initiale i à une classe finale j pendant la période allant de T_0 à T_1 . Les valeurs des colonnes et des lignes représentent les proportions des aires occupées par chaque classe d'occupation du sol au temps correspondant. Ainsi, les colonnes de la matrice indiquent les états d'occupation des sols en 1995 et les lignes correspondent aux états en 2018.

Calcul du taux de déforestation

L'équation (1) a permis de calculer le taux de déforestation pour la période 1995-2018. Dans le calcul, les classes « forêt primaire et forêts secondaires dégradées » ont été retenues comme classes de référence. Le taux annuel de déforestation a été obtenu en divisant le taux de déforestation par le nombre d'années d'étude (23 ans) (équation 2):

$$T = \frac{(S_2 - S_1)}{S} \times 100 \text{ (équation 1),}$$

$$T_{\text{an.def}} = \frac{T}{23} \text{ (équation 2)}$$

Où :

- T est le taux de déforestation ;
- $T_{\text{an.def}}$ est le taux annuel de déforestation
- S_2 est l'étendue occupée par la forêt (mature et secondaire) au temps 2 ;
- S_1 est l'étendue occupée par la forêt (mature et secondaire) au temps 1 ;
- S est la superficie de départ occupée par la forêt (mature et secondaire)

Entretiens avec la population du milieu

Des enquêtes ont été organisées entre février et mars 2018 dans le but de parfaire les travaux d'analyse spatiale. Un total de 400 individus a été retenu en raison de 200 à Oicha, 100 à Mangina, 50 à Mamove et 50 à Maleki. Grâce à un questionnaire préétabli, des données sur les activités principales, la perception de la population vis-à-vis de la forêt ainsi que les moyens de lutte contre la déforestation ont été collectés. Le choix de ces quatre sites d'enquête est dicté par l'emprise agricole constatée. Les personnes ayant au moins 5 ans d'ancienneté dans le milieu ont été sélectionnées pour les entretiens. Dans un second temps, l'entretien a abordé la perception des causes de la déforestation. Chaque personne a précisé le type de changement qu'elle a constaté dans la forêt (augmentation, maintien, diminution).

RESULTATS

Occupation de sol entre 1995 et 2018

Etat de l'occupation du sol en 1995 et en 2018 de la région de Beni (Tableau 1)

De manière générale, il s'observe une nette augmentation des champs agricoles au détriment des forêts primaires et secondaires dans la région ouest de Beni. En effet, dans les années 1995, le paysage de la région de Beni était largement couvert d'une forêt secondaire soit 63,2% du couvert total. Les forêts primaires, quant à

elles, occupaient la deuxième place en termes de superficie loin devant la couverture des champs agricoles et le sol nu. L'eau, exclusivement les grandes rivières occupait une faible proportion en termes de superficie soit 0,2%. Cependant en 2018, le paysage de la région de Beni a connu une diminution des forêts primaires, des forêts secondaires dégradées et une nette augmentation des champs agricoles. En effet, ces derniers qui ne représentaient que 10% de l'occupation du paysage en 1995, représentent aujourd'hui plus de la moitié (66,8%) du couvert de la région.

Tableau 1 : Etat de l'occupation de sol entre 1995 et 2018.

Classe	1995		2018	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Forêt dense	107543,43	24,24	32293,80	6,23
Forêt secondaire	280577,88	63,23	113374,98	25,02
Sol nu et urbanisé	9504,18	2,14	5714,37	1,67
Champs	45163,00	10,17	292088,43	66,83
Eau	927,99	0,21	245,05	0,24

Matrice de transition

La matrice de transition (Tableau 2) donne les pourcentages de changement opéré entre les années 1995 et 2018. On constate que le taux des forêts denses ou forêts primaires est passé de 24,2% en 1995 à 6,2% en 2018 et des forêts secondaires de 63,2% en 1995 à 25,2% en 2018. Ces deux classes ont été modifiées en 23 ans et ont été transformées en champs (cette classe est passée de 10,1% à 66,8%). Cette augmentation s'est principalement opérée au détriment des forêts secondaires, c'est-à-dire sur les 66,8% des champs en 2018, 46,3% proviennent des forêts secondaires et seulement 1,6% proviennent des forêts denses.

Par contre 0,5% de champs, 0,3% de forêts secondaire et 0,3% de forêts dense ont été convertis en sol nu et urbanisé et 1,5% de sol nu urbanisé a été converti en champs.

Tableau 2 : Matrice de transition entre 1995 et 2018

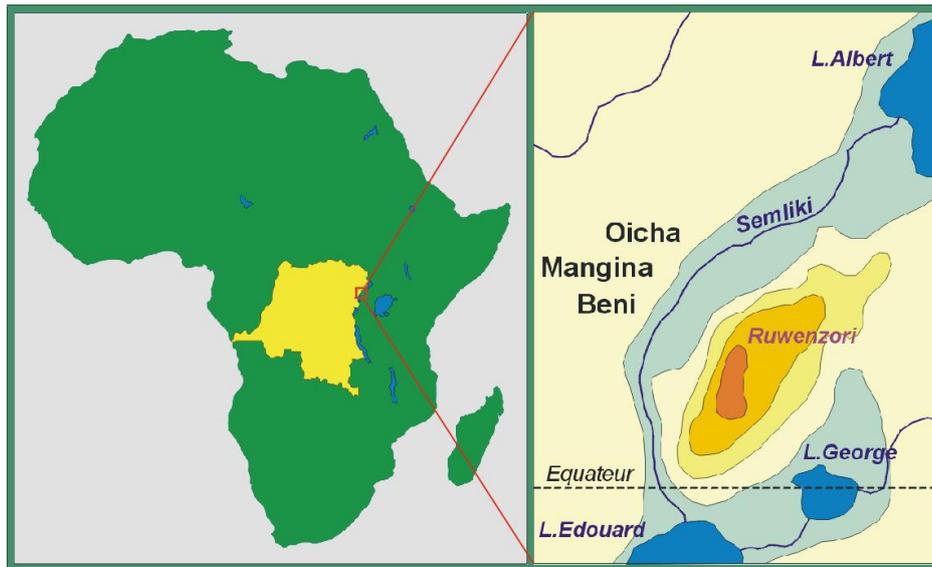
Classe		Etat 1995					total
		Forêt dense	Forêt secondaire	champ	sol nu et urbanisé	eau	
Etat 2018	Forêt dense	3,9	2,1	0,2	0,03	0,001	6,231
	Forêt secondaire	9,21	14,53	1,2	0,07	0,01	25,02
	Champ	10,6	46,3	8,2	1,54	0,19	66,83
	Sol nu et urbanisé	0,3	0,3	0,57	0,5	0,001	1,671
	Eau	0,23	0,001	0	0	0,01	0,241
Total		24,24	63,231	10,17	2,14	0,212	100

Taux de déforestation

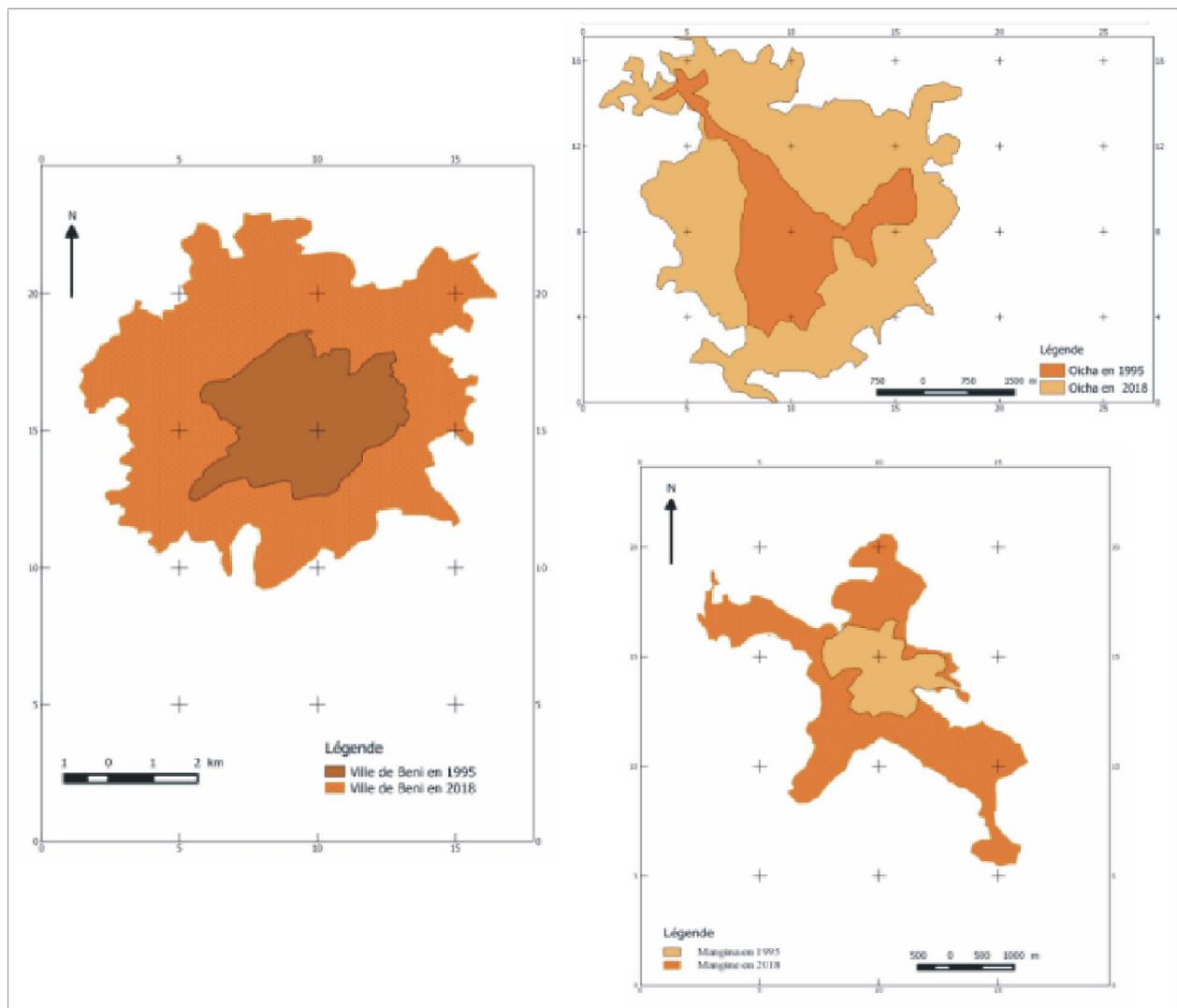
Le taux de déforestation est estimé sur une période de 23 ans en tenant compte de la superficie totale occupée par les forêts primaires et secondaires entre les deux dates. Après calcul du taux de déforestation (équation 1 et 2), et en se basant sur les résultats de l'occupation de sol en 1995 et en 2018 (tableau 2), il a été constaté que le taux de déforestation annuelle de la région de Beni entre 1995 et 2018 est de 2,7%.

Dynamique spatiotemporelle des grandes zones urbaines de la région de Beni

Entre 1995 et 2018, s'observe un changement dans le tissu urbain de Beni, Oïcha et Mangina, trois sites retenus par ce travail. Plusieurs kilomètres carré ou hectares, jadis couverts par la végétation, ont subi une transformation. Ils sont actuellement occupés par des habitations familiales. Ces changements sont illustrés par les cartes 1,2 et 3.



Carte de localisation de la zone d'étude en Afrique et en RDC



Cartes 1, 2 et 3 : Dynamique spatio-temporelle des localités de Beni, Oicha et Mangina entre 1995 et 2018

L'augmentation de la configuration urbaine a été estimée en superficie dont les valeurs calculées sont reprises dans le tableau 3.

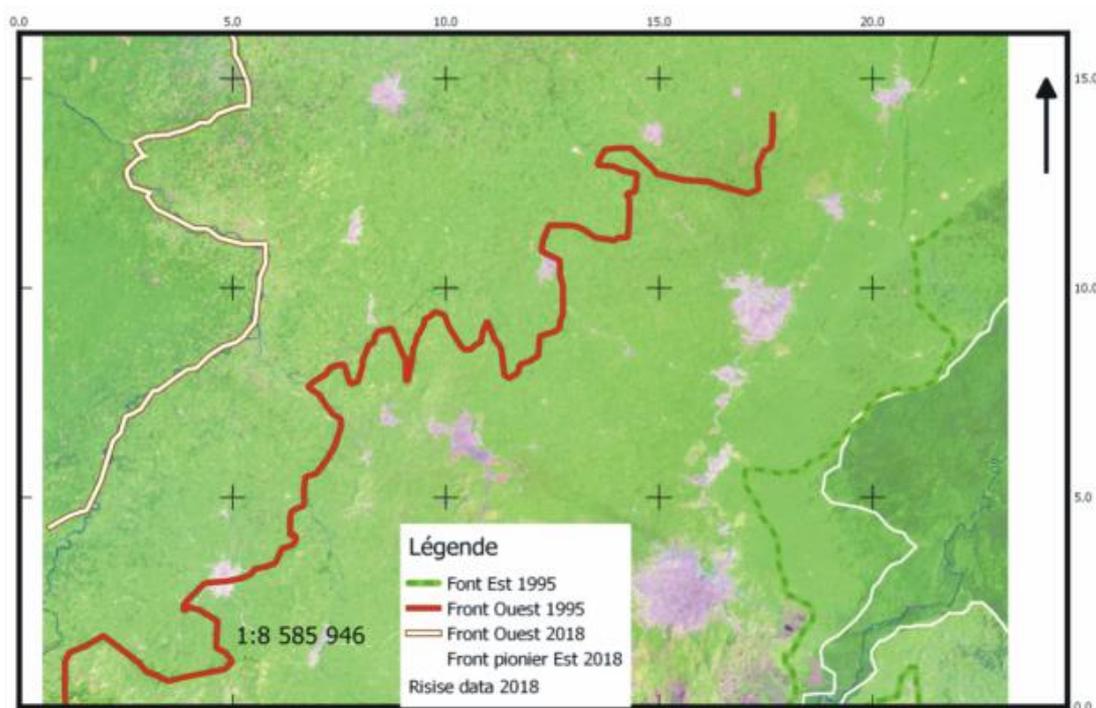
Tableau 3 : Augmentation de l'emprise urbaine

Entité	Superficie en 1995 (km ²)	Superficie en 2018 (km ²)	Taux de changement
Ville de Beni	11,582	49,144	324,3%
Commune rurale d'Oïcha	4,639	19,367	317,2%
Commune rurale de Mangina	1,953	8,726	398,0%

Le tableau 3 montre qu'en 2018, la superficie de la ville de Beni et des Commune rurales d'Oïcha et de Mangina est estimée à plus de 300% de la superficie de chacune d'elle en 1995. Autrement dit, la ville de Beni et la Commune rurale d'Oïcha ont triplé de superficie en 23 ans. A Mangina par contre, le chiffre frôle le quadruple. L'augmentation annuelle moyenne est de 15,1% pour les trois entités.

Evolution du front pionniers autours des grands centres urbains

Déplacement du front pionnier entre 1995 et 2018 de la région de Beni.



Carte 4 : Déplacement du front pionnier entre 1995 et 2018 dans le paysage forestier de Beni

Entre 1995 et 2018, il y a eu un déplacement plus important du front pionnier dans la partie ouest de la Ville de Beni et de la Commune rurale d'Oïcha que dans la partie est. Le déplacement chiffré est illustré par le tableau 4.

Tableau 4 : Distance séparant les fronts pionnier des grandes agglomérations de la région de Beni

	Ville de Beni		Commune rurale d'Oïcha		Commune rurale de Mangina	
	1995	2018	1995	2018	1995	2018
Front pionnier Est	2,5 Km	12 Km	9,6 Km	10 Km	20,1 Km	26,4Km
Front pionnier Ouest	28,6Km	45,0Km	8,6Km	45,5Km	8,8Km	15,2Km

La particularité du tableau 4 est que le front pionnier Est n'a pas bougé pour la Commune rurale d'Oïcha contrairement à la ville de Beni. Toutefois, dans la partie Ouest, le front pionnier s'est déplacé au quintuple de la distance initiale.

Dynamique des fronts pionniers des secteurs de territoire de Beni

Dynamique des fronts pionniers de secteur de Beni-Mbau

La carte 5 présente l'évolution des fronts pionnier entre 1995 et 2018 du secteur de Beni-Mbau.

Selon la carte 5 le front pionnier a évolué du côté Est vers le Parc National des Virunga causant ainsi une pression vis-à-vis de l'aire protégée. Par contre dans la partie ouest, actuellement il n'existe plus de forêts primaires (denses), ce qui revient à dire que le front pionnier a reculé et dépassé même les limites du secteur de Beni-Mbau. Ce qui cause ainsi une perte énorme de forêts dans cette zone.

Dynamique des fronts pionniers de secteur de Watalinga.

La carte 6 présente la situation de l'évolution des fronts pionniers dans le secteur de Watalinga en territoire de Beni.

De la carte 6, il ressort que la couverture forestière du secteur de Watalinga n'a pas fort changé, mais alors une forte pression anthropique s'est manifestée dans la partie nord dans les localités de Kitimba, Molopia et Sao. Cette pression a alors occasionné une anthropisation dans le secteur du Parc National des Virunga.

Occupation de sol dans le secteur de Bashu de 1995 à 2018

L'occupation de sol du secteur de Bashu est présentée sur les cartes 7 et 8 ; la première représente l'état de l'occupation du sol à 1995 alors que la seconde donne l'état de l'occupation de sol à 2108 (nous n'avons pas voulu présenter l'évolution du front pionnier pour éviter la tension qui éclaterait entre les services de l'Institut Congolais pour la Conservation de la Nature, le Parc National des Virunga et la population locale).

Evolution du front pionnier du secteur de Ruwenzori

La carte 9 présente l'état de l'évolution de front pionnier dans le secteur de Ruwenzori. On voit que les forêts dans le secteur de Ruwenzori en territoire de Beni a plus évolué dans sa partie nord. Il s'est éloigné de la localité de Libokora à 1995 jusqu'à atteindre le nord profond des villages de Tumbula et Kiniambaore, un recul de près de 20 km. Par contre la partie est n'a pas fort évolué, les deux fronts pionniers, c'est-à-dire de 1995 et de 2018 frôlent l'agglomération de Mutwanga, les villages de Manduli et Mutsora et bordent la zone est de Loulo et Mwenda. Signalons aussi une végétation savanicole dans la partie centrale (Lume) du secteur de Ruwenzori et qui s'étend plus à l'ouest vers la zone de Kabasha.

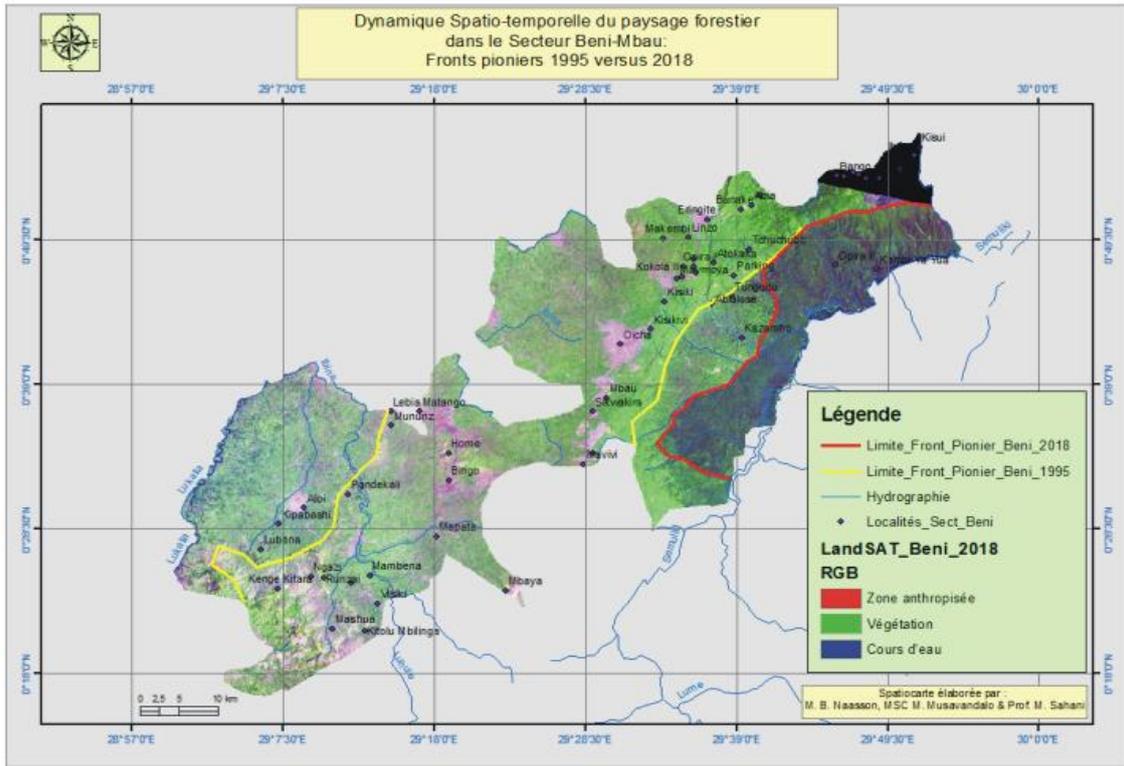
Activité humaine et déforestation dans le paysage de la région de Beni.

Technique d'ouverture des champs

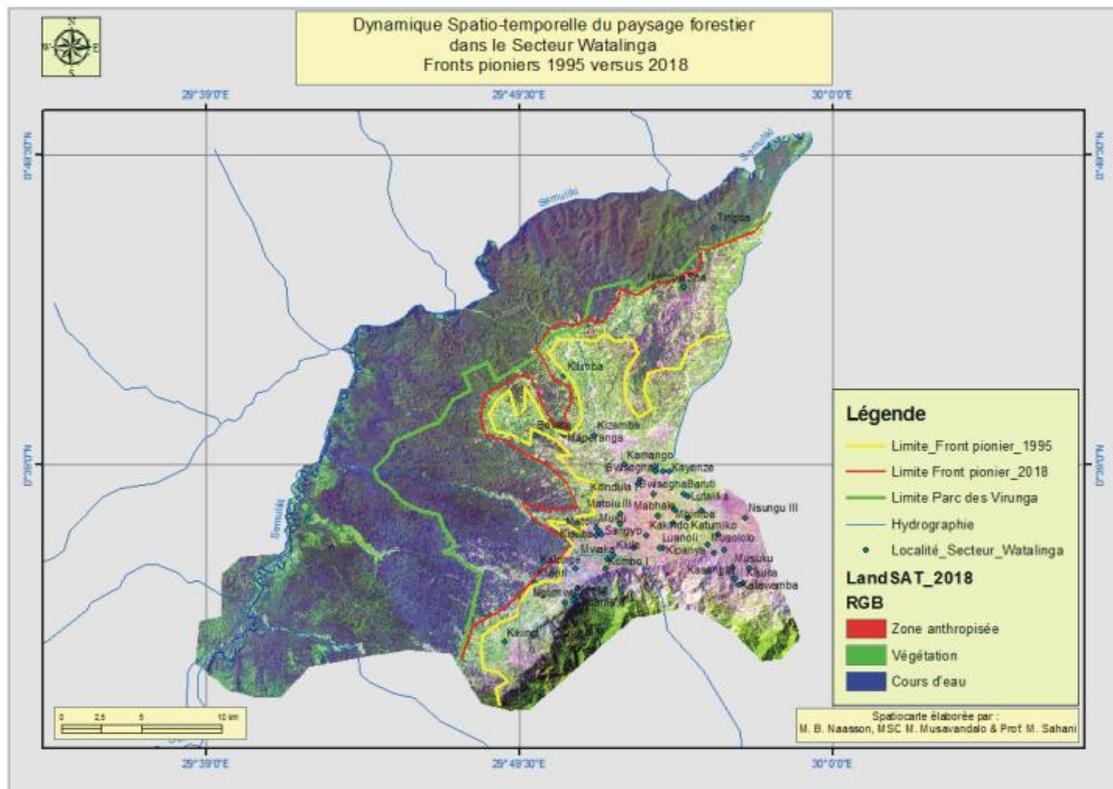
Les techniques culturelles pratiquées lors de l'ouverture des champs en région de Beni sont présentées dans le tableau 5:

Tableau 5 : Techniques culturelles pratiquées lors de l'ouverture des champs

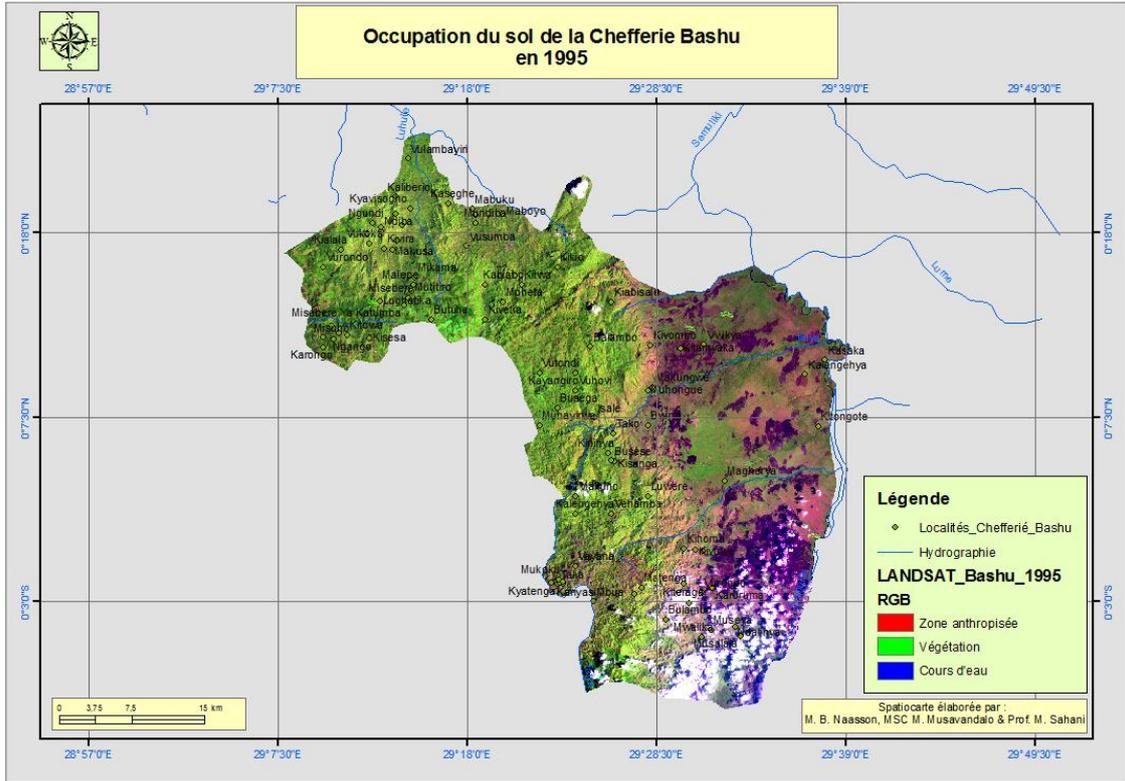
Région	Technique culturelle		
	Agriculture itinérante sur abattis-brûlis (%)	Agriculture itinérante sur abattis non-brûlis (%)	Agriculture sur brûlis(%)
MALEKI	22,2	66,6	11,1
MAMOVE	37,0	62,9	0,0
MANGINA	24,3	72,9	2,7
OICHA	15,3	76,5	8,1
Moyenne générale	21,1	72,4	6,3



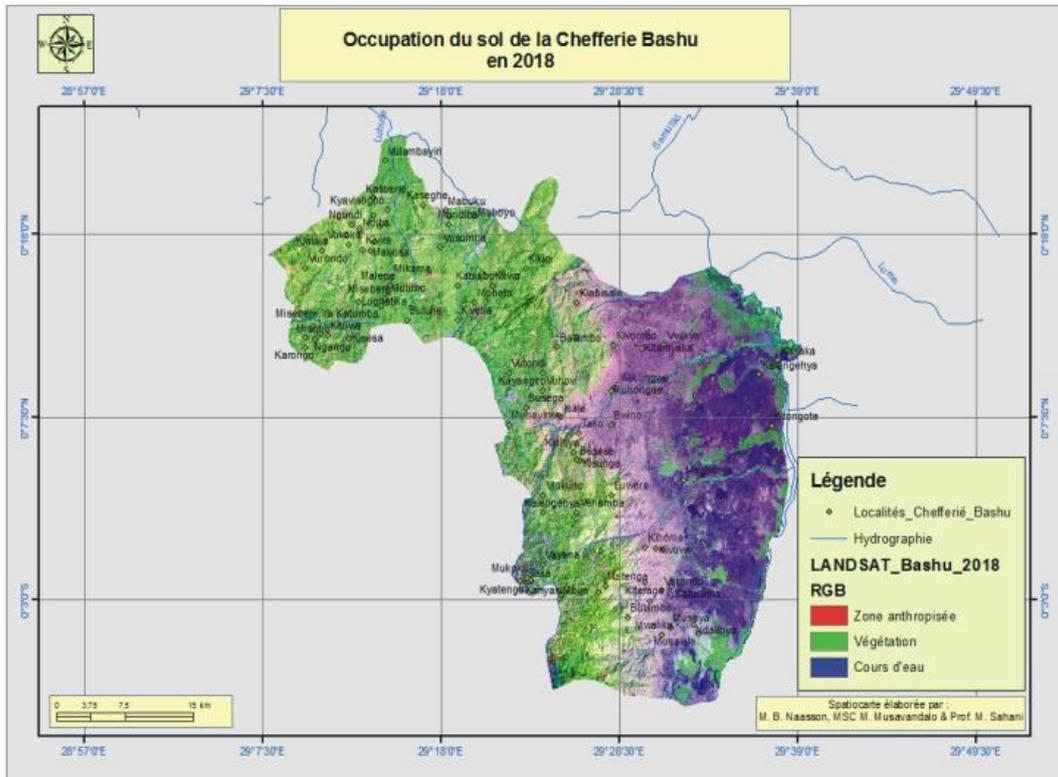
Carte 5 : Spatiocarte de l'évolution du front pionnier du secteur de Beni-Mbau



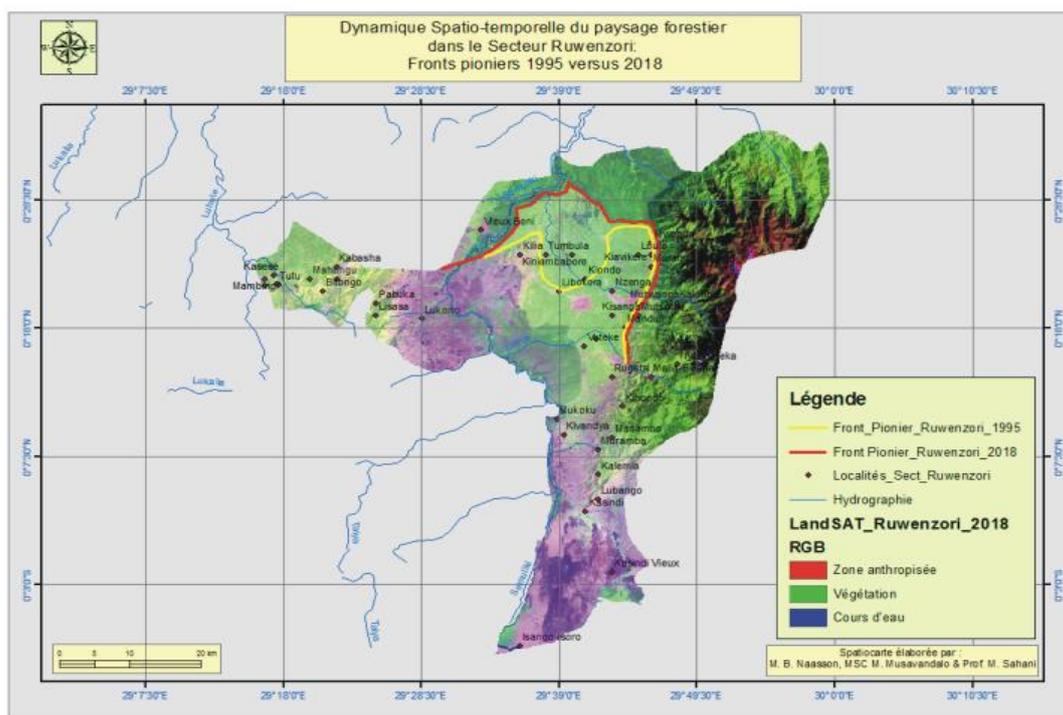
Carte 6 : Spatiocarte de l'évolution des fronts pionniers du secteur de Watalinga



Carte 7 : Etat de l'occupation de sol de la chefferie de Bashu en 1995



Carte 8 : Etat de l'occupation de sol de la chefferie de Bashu en 2018



Carte 9 : Spatiocarte de l'évolution de front pionnier du secteur de Ruwenzori

A partir des techniques culturales pratiquées lors de l'ouverture des nouveaux champs, les enquêtes révèlent que la technique la plus utilisée est le non brûlis. Celle-ci est appliquée par la grande majorité de la population locale soit 76,5% à Oicha, 72,9% à Mangina, 66,6% à Maleki et 62,9% à Mamove. Par ailleurs le brûlis, bien que moins pratiqué dans la région, est quelquefois pratiqué à Maleki(11,1%), à Oicha (8,1%) et à Mangina (2,7%) où l'ouverture de champs est précédée par le passage de feux de brousse. Par ailleurs, d'autres agriculteurs, surtout dans la localité de Mamove défrichent et brûlent par après les abatis.

Temps de jachère

La durée de jachère respectée par les agriculteurs est reprise dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Temps de jachère

Région	Durée de jachère		
	≤ 1an	2 à 5ans	+5ans
MALEKI	51,8	37,0	11,1
MAMOVE	33,3	51,8	14,8
MANGINA	70,2	24,3	5,4
OICHA	45,9	44,9	9,1
Moyenne générale	49,7	40,7	9,5

La durée de jachère pour 90% d'enquêtés est comprise entre un et cinq ans. Toutefois, à Mangina et à Maleki, plus de la moitié respecte un temps de jachère qui ne dépasse pas une année. A Mamove et à Oicha, nombreux sont ceux qui respectent un temps de jachère compris entre deux et cinq ans. Seuls environ 10% d'agriculteurs reviennent sur le même champ après plus de cinq dans la région de Beni.

Perception de la population des causes de déforestation dans le paysage forestier de la région de Beni

Causes principales de la déforestation

Comme présenté dans le tableau 7, l'avènement de cultures pérennes dont le cacaoyer, le caféier et le palmier, l'agriculture itinérante sur brûlis, la colonisation des terres par les déplacés de guerre, le charbon de bois

ont modifié profondément le couvert forestier dans le paysage de Beni. L'exploitation artisanale, la coupe de bois de chauffe à des fins domestiques, l'exploitation artisanale et industrielle de bois d'œuvre et l'élevage sont faiblement invoqués comme causes principales de la déforestation dans le paysage forestier de Beni.

Tableau 7 : Causes majeures de la déforestation en région de Beni

Causes (%)	Oicha	Mangina	Maleki	Mamove	Moyenne
Installation des plantes pérennes	22,50	25,24	31,48	25,37	26,1
Agriculture itinérante	20,67	25,24	12,96	11,94	17,7
Elevage	5,42	1,94	9,26	13,43	7,5
Colonisation par les déplacés de guerre	15,74	12,62	14,81	8,96	13,0
Exploitation industrielle de bois d'œuvre	4,0	3,88	7,41	7,46	5,6
Exploitation artisanal de bois d'œuvre	7,08	8,74	3,70	14,93	8,6
Production de charbon de bois	11,67	17,48	7,41	13,43	12,4
Activité de chasse	2,92	0,00	1,85	0,00	1,1
Bois de chauffe	6,25	1,94	3,70	1,49	3,3
Sol et topographie	3,75	2,91	7,41	2,99	4,2

Causes secondaires de la déforestation

Le tableau 8 présente les causes secondaires de déforestation dans le paysage forestier de Beni telles qu'exprimées par les enquêtés.

Tableau 8 : Causes secondaires de la déforestation en région de Beni

Causes	Oicha	Mangina	Maleki	Mamove	Moyenne
Croissance démographique	32,50	40,91	29,17	31,03	33,4
Routes et pistes	13,50	13,64	12,50	20,69	15,0
Développement du secteur du marché	7,50	2,27	10,42	5,17	6,3
Urbanisation et industrialisation	7,50	7,95	8,33	12,07	8,9
Augmentation de prix de produits forestiers	5,00	3,41	10,42	8,62	6,8
Changement agro-technique	9,50	4,55	14,58	12,07	10,1
Déficit administratif	8,50	9,09	2,08	3,45	5,7
Pauvreté	16,00	18,18	12,50	6,90	13,3

Le tableau 8 ci-dessus indique que la croissance démographique (33,4%), l'ouverture et la réhabilitation des routes de desserte agricole, la pauvreté et le changement des techniques agricoles (l'utilisation de feux de brousse ou des machines tronçonneuses lors de l'ouverture de champs) constituent les principales causes de la disparition progressive de la forêt dans la région de Beni. L'urbanisation, l'augmentation de prix des produits forestiers, le développement du secteur du marché des produits forestiers et le déficit administratif viennent en seconde position.

DISCUSSION

L'analyse de la dynamique spatiotemporelle dans le paysage forestier de Beni a été réalisée par l'utilisation de plusieurs outils à savoir : la télédétection, la cartographie numérique, les enquêtes et les observations de terrains. L'occupation du sol, le changement de la configuration urbaine, la dynamique du front pionnier, les activités et leurs impacts sur les massifs forestiers ont constitué les points importants qui ont fait l'objet de l'analyse.

En effet, trois processus importants ont été observés dans l'interprétation de la matrice de transition, la stabilité du paysage de 27,1 %, la tendance à la déforestation de la couverture végétale de 69,3 % et la tendance à la reforestation de 3,6 % au niveau du paysage forestier de Beni. MIKWA (2009) a utilisé la matrice de transition pour quantifier la dynamique paysagère de la réserve de Masako à Kisangani et a abouti aux résultats selon lesquels la stabilité du paysage était de 60,5 %, la dynamique de densification de la couverture végétale de 22,1% et l'ouverture du paysage de 17,3 %. Nos résultats diffèrent de cet auteur car le milieu d'étude n'est pas le même. Notre étude est réalisée dans un paysage non protégé alors que celle de MIKWA a été faite dans une zone où les restrictions d'accès sont importantes.

La matrice de transition en vingt-trois ans a révélé une dégradation de l'écosystème forestier principalement dans la classe forêt secondaire alors que dans le processus de succession spontanée de la végétation, la phase forêt secondaire occupe une position centrale. Ce sont en effet, les forêts secondaires qui restitueront la forêt dense. Elles composent le chenal forcé vers l'état para-climacique dans un biotope forestier (BAMBA 2010). Quant à la formation de forêts secondaire (2%) en forêts denses, l'augmentation du taux de forêt dense est une bonne tendance pour la conservation ; même si ces forêts nouvellement formées sont plutôt constituées de fragments isolés et de petites tailles, caractérisés par un effet de lisière considérable (BOGAERT & MAHAMANE., 2005). La baisse de leur taux (1,6% chaque année) est un signe d'inquiétude pour la reconstitution de l'écosystème. Cette situation est due à une pratique non durable du système agraire (agriculture itinérante), elle-même provoquée dans le cas de la région de Beni par une pression démographique de plus en plus grandissante et par la réduction des temps de jachères (moins de cinq ans). En effet, dans la région de Beni, les temps de jachère usuels de plus de cinq ans ne concernent que 9,5 % des personnes interrogées alors que près de 90% reconnaissent réduire ce temps de repos à moins de cinq ans. Les systèmes traditionnels basés sur la régénération naturelle ne fonctionnent plus comme jadis. En 23 ans, la matrice dominante du paysage est passée de forêts aux champs. Ce constat est similaire à celui de BAMBA (2010) dans les forêts de la région de l'ancienne province du Bas-Congo en RDC où il a observé que les forêts secondaires sont transformées en champs de culture qui à leur tour se modifient à savane après abondance des cultures. Par la suite le même auteur, a constaté dans cette même zone, une modification du paysage forestier en trois processus : premièrement la savanisation qui s'est faite par le maintien des savanes préexistantes (9,30 %) et surtout par la disparition de la classe forêt secondaire (14,23 %). Deuxièmement la dégradation de l'écosystème forestier, surtout de la forêt secondaire au détriment des champs et finalement la succession naturelle spontanée : c'est l'évolution vers un état para-climacique.

Le taux annuel de déforestation dans le paysage forestier de la région de Beni est estimé à 2,7 % en combinant les classes forêt primaire et forêts secondaire dans une même catégorie. Selon les estimations de la FAO (2016), le taux annuel de déboisement du massif forestier de la RDC est estimé à 1,25%. Pour ACHARD *et al.*, (1998) le taux annuel du changement de la couverture forestière est de 0,26 % par an pour des zones comme des aires de changement rapide et varie jusqu'à 1 % voire 2,3 % par an pour des zones affectées par des activités paysannes. Ce qui n'est pas à l'écart de notre constat.

Les activités de subsistance dont l'agriculture itinérante sur abattis non brûlés renforcée par la plantation de cultures pérennes dont le cacaoyer, le caféier et le palmier à huile sont la principale cause de la déforestation en région de Beni. Ces résultats sont différents de ceux du ministère de l'agriculture qui ont prouvé que la cause primaire de la diminution des forêts de la RDC est accentuée par l'agriculture sur brûlis. En effet, cette dernière pratique a été longtemps à la base des pertes de forêts en région de Beni, mais, suite aux sensibilisations des agriculteurs de la région par des structures agricoles (telle le SYDIP), elle a été éradiquée, ce qui fait qu'actuellement la perte de la couverture forestière est favorisée par l'agriculture itinérante sur abattis-non-brûlés. Par après, KISSINGER *et al.* (2012) ont montré que l'agriculture paysanne est la principale cause de déforestation dans les zones tropicales. Elle contribue à 35 % à la destruction de la forêt en Afrique. Mais l'idée selon laquelle l'agriculture itinérante sur brûlis est responsable d'une déforestation irréversible et d'une dégradation catastrophique des forêts et des sols des régions tropicales est de plus en plus contestée. En effet, des études conduites par des ethnobotanistes et anthropologues soulignent le caractère léger et non perturbateur, au sens écologique, de l'agriculture itinérante traditionnelle sur brûlis telle qu'elle est mise en œuvre par les populations autochtones des régions forestières tropicales (DOUNIAS 2000). En région de Beni, on note un net recul des forêts dû principalement à l'installation des cultures pérennes (Caféier, Palmier à huile et Papayer notamment) dont le développement a été éclatant à compter des années 1970 (installation de l'usine de papaine de *Capaco* par ENRA) (MEC-NT 2012). De plus en plus, l'agriculture vivrière (haricot et le riz) prend de l'ampleur sur les terres forestières. Un autre phénomène quasi nouveau, est celui du recours au cacaoyer, une plante ombrophile (de sous-bois) et dont la culture se fait aux dépens des forêts, face à l'abandon du caféier en proie à la *trachéomyose* (MEC-NT 2012). Il est alors important de souligner ici l'importance des études de cas sur le plan local.

Par ailleurs, cette étude vient renforcer les constats des plusieurs chercheurs selon lequel la croissance démographique est la cause secondaire de la diminution des forêts en région de Beni. Ce qui concorde avec la tendance générale dans les forêts du bassin du Congo et particulièrement en République Démocratique du Congo (GEIST & LAMBIN, 2001).

En 23 ans, les superficies de zones habitées (Ville de Beni, Communes rurales d'Oïcha et de Mangina) ont augmenté de 346% en moyenne. Il en est de même de la superficie de champs qui, pendant la même période, a augmenté de 246.925 ha dans le paysage de l'ouest de Beni, soulignant la pression exercée par la démographie et l'augmentation de la demande de produits agricoles. Pourtant, à partir des conditions où la densité de population atteint et surpasse certaines bornes critiques (10-15 habitants/km²), la période de jachère diminue, et la végétation se dégrade, souvent de façon irréversible, ce qui entraîne une décroissance de fertilité du sol

(KARSENTY 2012), poussant alors plus de la moitié des agriculteurs de la région de Beni de vouloir abandonner les anciennes concessions pour ouvrir des nouveaux champs pour ainsi augmenter la production.

CONCLUSION

Ces recherches ont été menées dans la région de Beni en RDC dans l'objectif de quantifier, par télédétection et des investigations de terrain, l'évolution spatiale et temporelle des forêts de la région de Beni et déterminer les moteurs principaux et secondaires de régression du paysage forestier régional.

Les analyses des résultats révèlent que le paysage a beaucoup changé en 23 ans. Trois grandes transformations y ont été identifiées, à savoir la dégradation de l'écosystème forestier (par l'agriculture), une faible tendance de succession vers le paraclimax végétal naturel et la couverture par la végétation des quelques sols nus. Ces changements sont principalement dus à des perturbations d'origine anthropique essentiellement l'agriculture itinérante sur abattis non-brûlés. En effet, les pratiques agricoles non durables et la pression démographique ont contribué à la modification de l'occupation du sol. Le taux de déforestation annuel est supérieur à la moyenne nationale actuelle.

Pour contribuer à l'utilisation durablement des forêts de la région de Beni, une sensibilisation des populations s'impose. Le monitoring sur l'état de forêt dans la partie Est de la RDC est aussi une nécessité scientifique et politique. L'amélioration du système agraire dévoreur et gaspilleur des terres par un système d'agroforesterie ou encore de l'assolement et l'élargissement du temps de jachère, la procédure de culture intensive et plus économique du point de vue de la superficie s'avèrent inévitable.

REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements au Professeur E.K. VYAKUNO, pour avoir accepté la relecture du texte final de ce travail. Notre gratitude s'adresse également à la NASA pour avoir rendu disponible les images satellitaires sans lesquelles ces recherches ne seraient pas réalisées. Enfin, nous remercions l'Université Catholique du Graben qui nous a encouragés à aborder cette thématique novatrice contribuant à la prise de décision idoine pour une meilleure gestion des ressources naturelles.

REFERENCES

- ACHARD, F., EVA H., GLINNI A., MAYAUX P., RICHARDS T. & STIBIG H.J., 1998. Identification of deforestation hot spot areas in the humid tropics. Luxembourg, European Commission, TREES Publications, Series B, n° 4.
- AVELING, C. 2010. Le patrimoine mondial dans le bassin du Congo. Centre du patrimoine mondial de l'UNESCO. 64 p.
- BAMBA, I., 2010. Anthropisation et dynamique spatio-temporelle des paysages forestiers en République Démocratique du Congo. Thèse, Université Libre de Bruxelles, 69-162.
- BARIMA, Y., 2009. Dynamique, fragmentation et diversité végétale des paysages forestiers en milieux de transition forêt-savane dans le département de Tanda (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, université Libre de Bruxelles.
- BOGAERT, J. & MAHAMANE A., 2005. Ecologie du paysage : cibler la configuration et l'échelle spatiale. *Annales des sciences Agronomiques du Bénin* 7 : 39-68
- DOUNIAS E., 2000. La diversité des agricultures itinérantes sur brûlis, in S. Bahuchet (éd.), Les peuples des forêts tropicales aujourd'hui, Bruxelles, *APFT-ULB*, 65-106.
- FAO, 2016. Evaluation des ressources forestières mondiales 2015 : Comment les forêts de la planète changent-elles? Rome, 47 p.
- GEIST, H.J. & LAMBIN E.F., 2001. What Drives Tropical Deforestation? A Meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on sub-national case study evidence. LUC, Report serie N°4, Louvain-la-Neuve. Belgium.
- 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.
- KISSINGER G., HEROLD M., & DE SY V., 2012. Drivers of Deforestation and Forest Degradation: A Synthesis Report for REDD + Policymakers, Vancouver Canada, Lexeme Consulting.
- MEGEVAND, C., MOSNIER, A., HOURTICQ, J., KLAS, S., NINA, D., & STRECK, C., 2013. Dynamiques de déforestation dans le bassin du Congo : Réconcilier la croissance économique et la protection de la forêt. Washington, DC, USA, Banque mondiale, 201 p.
- MIKWA, N. 2010. Evaluation par télédétection des effets de la déforestation et de la dégradation des forêts à Kisangani (Cas de la Région forestière de Masako). Université de Kisangani, RDC, 52p.
- MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, CONSERVATION DE LA NATURE ET TOURISME (RDC), 2012. Etude qualitative sur les causes de la déforestation et de la dégradation des forêts en République Démocratique du Congo, Groupe de Travail Climat, REDD, 165p.

RAPPORT DE SERVICE DE METEOROLOGIE, RVA Mavivi, 2018.

WHITE, F., 1983. Vegetation of Africa: a descriptive memoir to accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. UNESCO, Natural Resource Research, UNESCO, Paris, 356 p.