



EVALUATION DE LA DEGRADATION DU COUVERT FORESTIER DANS LE MASSIF FORESTIER D'ITOMBWE EN RD CONGO

Gipalanga Giahana Y.^{1,2}, Lubini Ayingweu C.¹, Lukoki Luyeye F.¹, Umba di M'balu J.^{2,3}

¹Université de Kinshasa (UNIKIN), Faculté des Sciences et Technologies, B.P. 190, Kinshasa XI

²Université Loyola du Congo (ULC) Faculté des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 7 avenue Père Boka, Kinshasa, B.P. 3724/Kinshasa-Gombe, RD Congo

³Université Pédagogique Nationale (UPN) Faculté de Médecine vétérinaire, B.P. 8815/Kinshasa-Ngaliema, RD Congo

Résumé

Le massif forestier d'Itombwe est une région géographique située dans la province administrative du Sud-Kivu, en RD. Congo. Ce continuum végétal abrite une biodiversité riche et endémique, composée des primates, des mammifères, d'oiseaux, à laquelle l'on joint des communautés locales qui en dépendent largement.

L'objectif de cette étude est « d'évaluer le niveau et la dynamique de la dégradation du couvert forestier à Itombwe ».

Les résultats obtenus n'ont pas seulement quantifié l'ampleur et la dynamique du processus (perte de 25,1 % de son couvert forestier et un taux de dégradation de 2,87 % par an), mais ont aussi mis en évidence les acteurs et les causes de la dégradation du couvert forestier (les exploitations minières 60,4 %, du bois 18,1 %, l'agriculture traditionnelle 10,1%, etc.). La localisation des unités spatiales les plus dégradées dans la zone centrale du massif n'a pas échappé à la vigilance scientifique afin d'orienter des actions de la régénération et de la biorestauration.

Mots clés : Dégradation, couvert forestier, Itombwe et RD Congo

Abstract

The Itombwe forest massif is a geographical region located in the administrative province of South Kivu, DR Congo. This vegetation continuum shelters a rich and endemic biodiversity, composed of primates, mammals, and birds, alongside local communities that depend heavily on it.

The objective of this study is "to assess the level and dynamics of forest cover degradation in Itombwe".

The results obtained not only quantified the scale and dynamics of the process (a 25.1% loss of its forest cover and a degradation rate of 2.87% per year), but also highlighted the actors and drivers of forest cover degradation (mining 60.4%, logging 18.1%, traditional agriculture 10.1%, etc.). The location of the most degraded spatial units in the central zone of the massif did not escape scientific vigilance, in order to guide regeneration and bio restoration actions.

Keywords : Defradation, forest cover, Itombwe et DR Congo

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.21605933>

1 Introduction

Le massif forestier d'Itombwe est une région montagneuse située au Sud-Est de la province administrative du Sud-Kivu en RD Congo. Il abrite une biodiversité riche et variée, dont certaines espèces floristiques et faunistiques endémiques (Hart *et al.*, 1999). A cette riche biodiversité, s'ajoute d'énormes ressources minérales et une potentialité socio-culturelle exceptionnelle (UNEP/MONUSCO, 2015). Situées dans les hautes terres d'Itombwe, ce massif montagnard-forestier forme une entité biophysique hétérogène qui surplombe les hauts plateaux du Sud-Kivu (Hart *et al.*, 1999).

Il s'agit d'une zone forestière spéciale dont dépendent la vie et la survie des espèces animales et des communautés locales. Mais depuis presque trois décennies, il s'observe à ITOMBWE une dégradation sans précédent du couvert forestier aux conséquences multiples : l'extinction de la biodiversité, fragmentation du paysage forestier et des ruptures des équilibres écologiques suite aux exploitations minérales et forestières. Outre ces conséquences, l'on signale aussi la pollution du sol et des eaux, les viols et tuerie des populations locales (Hart *et al.*, 1999). C'est dire que la RD Congo en général et le massif forestier d'Itombwe en particulier sont confrontés à une panoplie de problèmes écologiques et socio-économiques d'une ampleur sans précédent. Ces problèmes sollicitent à la fois une réflexion beaucoup plus approfondie et des interventions correctives pour réhabiliter les équilibres écologiques rompus.

La présente étude est une « *évaluation détaillée du niveau de la dégradation du couvert forestier dans le massif d'Itombwe en RD Congo* ». Il vise (1) à évaluer le niveau de la détérioration du couvert forestier à partir des métriques de dégradation, (2) à identifier les causes et les conséquences de cette dégradation, (3) à apprécier le niveau de responsabilité de différents acteurs, avant (4) de proposer des recommandations techniques pour une gestion forestière durable.

Le massif forestier d'Itombwe est une zone de biodiversité riche et exceptionnelle qui abrite des forêts tropicales de montagnes indispensables pour la préservation des espèces endémiques, pour la stabilité du climat et pour la survie des communautés locales (Doumenge et Schilter, 1997). Malgré ces atouts, des observations récentes effectuées sur le terrain et les résultats des données préliminaires obtenues signalent une dégradation accélérée de son couvert forestier. Cette mutation est, sans nul doute, la résultante directe d'une pression anthropique combinée : exploitations industrielles des minerais et du bois, agriculture traditionnelle sur brûlis, surpâturage, etc. A cette anthropisation, s'ajoute une faiblesse étatique de gouvernance, caractérisée par une rapine institutionnalisée des ressources naturelles par des entreprises fictives, protégées par des troupes rebelles armées. Toutes ces pratiques qui sévissent à Itombwe altèrent les services écosystémiques de base, accentuent la fragmentation du paysage forestier, détruisent les habitats écologiques des espèces et accroissent la vulnérabilité des populations locales déjà pauvre. Malgré le poids de ce capital écologique et socio-culturel, il n'existe aucune évaluation forestière intégrée et actualisée, capable de quantifier l'ampleur de la dégradation spatio-temporelle, d'identifier les causes et de localiser les zones les plus et les moins dégradées.

Au regard des menaces graves qui pèsent sur le massif forestier d'Itombwe et de la panoplie de conséquences qui en découlent, nous pouvons qualifier cette situation d'une « *urgence écologique* ». C'est dire que l'ampleur de la dégradation forestière et les dégâts collatéraux qu'elle engendre à Itombwe nous inspirent plusieurs interrogations visant à élucider le niveau et la dynamique de la dégradation du couvert forestier. Ainsi, la réalisation de cette étude se base sur des questions essentielles suivantes :

- Quelles sont les activités qui sont à la base de la dégradation forestière dans le massif d'Itombwe ?
- Quels en sont les indicateurs et les conséquences de la dégradation du couvert forestier dans le massif d'Itombwe ?
- Quelles sont les unités spatio-temporelles à fort gradient de dégradation dans le massif forestier d'Itombwe ?

- Quelles en sont des solutions techniques et réparatrices à mettre en place pour stopper, sinon atténuer la dégradation du couvert forestier et favoriser la réhabilitation des équilibres écologiques et socio-économiques rompus à ITOMBWE ?

Ces interrogations, bien que fractionnées, sont liées entre elles et ne peuvent nullement être analysées séparément. Car le massif forestier d'ITOMBWE est un système au sein duquel les composants interagissent de manière complexe et interdépendante en créant un réseau dynamique de relations et des interrelations. Ainsi, chaque composant et chaque processus contribuent à l'évolution, au maintien, à la résilience et à la pérennité du système. Tels sont des questions que nous allons devoir développer dans ce travail et ce, sur base des hypothèses ci-dessous que nous avons amplement vérifiées durant nos investigations.

Une analyse soutenue de la crise écologique et socio-économique à ITOMBWE relève une dégradation sans précédent du couvert forestier et une détérioration de la situation socio-économique des communautés locales. Cet état de lieu qui dénature ce massif forestier nous conduit à formuler des hypothèses suivantes :

- Les activités anthropiques liées aux exploitations des minerais et du bois, l'agriculture itinérante sur brûlis, les surpâturages sont des principales activités qui dégradent le couvert forestier d'Itombwe ;
- Les indicateurs et les conséquences de la dégradation du couvert forestier à Itombwe sont : la détérioration qualitative et quantitative de la canopée, la fragmentation du paysage forestier, les ruptures des équilibres écologiques et des services écosystémiques de base ;
- Les unités spatio-temporelles à forts gradients de dégradation sont principalement localisées dans les zones centrales à fortes valeurs écologiques, ainsi qu'autour des périphéries des noyaux de forte densité de population. Sur le plan temporel, les décennies 2000-2010 et 2015-2025 se démarquent avec des métriques qualifiées « d'urgence écologique ».
- La mise en place des techniques bio-restauratrices du couvert forestier, couplées à une gouvernance étatique solide des ressources naturelles réhabiliteront les équilibres écologiques et socio-économiques rompus à Itombwe.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer le niveau de dégradation du couvert forestier à Itombwe. Une telle analyse nous aidera à élaborer des recommandations associant les analyses spatiales (télédétection et SIG) et aux enquêtes socio-économiques, afin d'identifier les zones les plus dégradées, d'en dégager les causes, les indicateurs métriques et les conséquences y référentes. Une telle analyse nous aidera à élaborer des recommandations pour une gestion durable et intégrée des ressources naturelles d'Itombwe. Quant aux objectifs spécifiques, ils visent :

- Identifier les activités qui sont à la base de la dégradation du couvert forestier à Itombwe ;
- Analyser les indicateurs et les conséquences de la dégradation du couvert forestier en déterminant le niveau métrique et les répercussions socio-économiques ;
- Cartographier la dynamique de la dégradation du couvert forestier en identifiant les périodes et zones les plus dégradées du massif de 1995 à 2025 ;

Formuler les recommandations adéquates capables de réhabiliter les équilibres écologiques rompus, afin de promouvoir une gestion forestière durable dans le massif forestier d'Itombwe.

2 Matériel et méthode

2.1 Situation géographique, limites et étendue

Le massif forestier d'ITOMBWE est une zone géographique située dans la province administrative du Sud-Kivu, en RD Congo. Il s'étend entre 2°40' et 4°30' de latitude Sud et entre 27°50' et 29°10' de longitude Est. C'est une région dominée des montagnes (le massif) et des hauts plateaux au-dessus de l'isohypse 1100 m. Il est limité :

- *A l'Est* : par le carrefour de Nyangezi, le long de l'escarpement borné par la vallée de la Ruzizi, (Sange - Kiliba...) et la côte Ouest du lac Tanganyika (Uvira, Nundu, Baraka, Fizi...) jusqu'à la pointe sud de la pente supérieure de la vallée de Luama ;
- *A l'Ouest* : par la route Kasongo-Bukavu, depuis Matebo jusqu'à Mudumbwe, puis l'arc de la droite longeant la limite Ouest des chefferies Lulenge et Nganja ;
- *Au Nord* : par la piste transversale de qui relie Mudumbwe à Nyangezi (sur la route Bukavu-Uvira) ;

- *Au sud* : par une ligne droite, théoriquement facultative, qui va de la pointe Ouest de la chefferie Nganja jusqu'à Matebo.

Elle couvre une superficie totale de plus ou moins 22 472 Km², soit (2 247 200 ha). Au centre de ce massif forestier se trouve le secteur administratif qui porte le nom d'ITOMBWE (DOUMENGE et SCHILTER, 1997).

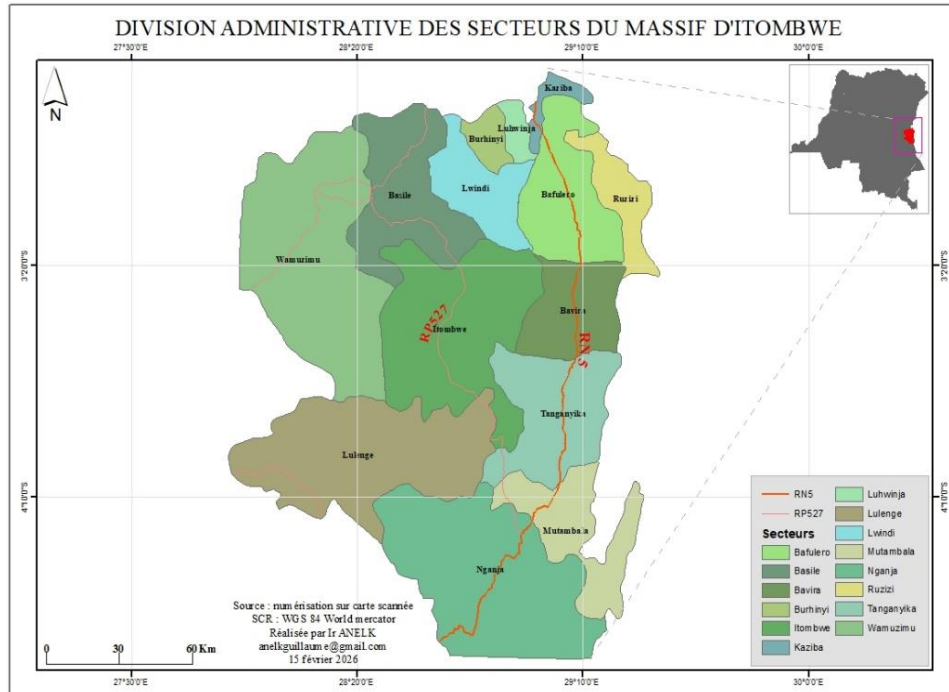


Figure 1. Division administrative des secteurs du massif d'Itombwe

Le massif forestier d'ITOMBWE fait partie intégrante des hautes terres montagneuses Est-congolaise aux contrastes altitudinaux et aux ruptures abruptes de topographie. Ces contrastes sont susceptibles de générer des gradients thermiques et des variations de bilan hydrique inter-versants qui dictent de manière naturelle la composition et la dynamique du couvert forestier.

Les hautes terres d'ITOMBWE font parties intégrante d'une longue chaîne montagneuse, bordant la frange Est de la RD Congo, allant de l'ex province du Katanga au Sud-Kivu, le long du fossé d'effondrement, nommé grand « *Rift-Vallée* » africain (DOUMENGE et SCHILTER, 1997). On y distingue les grands ensembles géomorphologiques suivants : **les vallées abruptes et encaissées, les hauts plateaux d'Itombwe et les massifs montagneux d'Itombwe.**

Cinq grands bassins hydrographiques s'observent à ITOMBWE. Celui d'Ulindi et de la Luama dans la partie nord du massif, de direction Sud-Nord, se jettent dans le Lualaba. Aux alentours de la cité de Mwenga et de Kamituga, l'Ulindi traverse des escarpements abrupts qui la rendent non navigable. Avec un bassin versant de 30 240 km², ses chutes et rapides offrent un grand potentiel hydroélectrique à ITOMBWE. Le bassin de l'Elila localisé au Nord-Ouest, de direction Est-Ouest, couvre un bassin versant de 27 360 km² (DEVROEY, 1959).

Dans le Nord-Est, la Luvimvi, la Luvubu et la Sange drainent les escarpements avant de se jeter dans la Ruzizi, qui elle, alimente le Lac Tanganika. Vers le Sud, la Namala tire sa source sur les sommets des montagnes centrales, draine les hauts plateaux avant de se jeter dans le Lualaba.

2.2 Matériels de l'étude

Pour caractériser le couvert forestier d'Itombwe et évaluer sa dégradation (présence/absence, densité, structure, chlorophyllien/ fanaison) et quantifier les métriques de dégradation (couvert végétal sain, dégradé, régénéré, fragmenté), nous avons eu recours aux matériels suivants :

2.2.1 Matériels récoltés

- Botanique ;
- Produits forestiers non ligneux ;
- Spécimens des espèces animales endémiques
- Echantillon du sol et de l'eau.

2.2.2 Matériels de mesure métrique

- Boussole ;
- Clinomètre
- Cartes numériques ;
- Fiche d'échantillons
- GPS de marque GPSMAP 65/65s ;
- pH ;
- Ordinateur

2.2.3 Matériels de mesure dendrométrique

- Mètre ruban forestier ;
- Sonde de sol ;
- Thermomètre
- Hygromètre

2.2.4 Matériels de traitement et d'analyse des données

- Analysis hi-97717c ;
- Soil Analysis high range spectrometer
- Water Analysis high range Spectrometer

2.3 Méthodes

L'évaluation de la dégradation du couvert forestier dans le massif forestier d'ITOMBWE requiert une démarche méthodologique expérimentale qui englobe les observations directes, les enquêtes sur le terrain, la télédétection et les analyses aux laboratoires.

2.3.1 Observation directe et prospection du terrain

2.3.2 Approches : approche systémique, approche analytique et approche quantitative

2.3.3 Enquêtes socio-économiques et interviews semi-structurées : les enquêtes et interviews ont été réalisées dans 20 villages auprès de 25 individus par village ; c'est qui fait un total de 500 enquêtés.

2.3.4 Echantillonnage forestier : cette méthode nous a permis de récolter les échantillons des forêts primaires, secondaires, des prairies alpines et herbacées d'Itombwe ainsi que dans les zones rocheuses des montagnes afin de mieux déterminer la dégradation du couvert forestier du massif d'Itombwe.

3 Résultats

3.1 Dépeuplement forestier dans le massif d'Itombwe

3.1.1 Analyse de l'occupation du sol

L'analyse des résultats sur l'occupation du sol renseigne que le paysage forestier d'ITOMBWE affiche une tendance régressive de son couvert forestier. Les données obtenues signalent un dépeuplement forestier de l'ordre de 25,1%, soit une superficie totale de 564 897 ha. Le tableau suivant illustre ce dépeuplement durant une période de 30 ans.

Tableau 1. Dynamique de l'occupation du sol à Itombwe (1995-2025).

Quinquennats d'étude	Dynamique quinquennale de l'occupation du sol (ha)	Perte quinquennale du couvert forestier (ha)	Cumule des superficies dégradées (ha)	Cumule du couvert forestier dégradé en %	Couvert forestier restant en %
1995	2 247 200	Etat initial	Etat initial	100 %	100 %
2000	2 188 735	58 465	58 465	2,60 %	97,40 %
2005	2 088 635	100 100	158 565	7,06 %	92,94 %
2010	2 007 629	81 006	239 571	10,66 %	89,34 %
2015	1 917 238	90 391	329 962	14,69 %	85,31 %
2020	1 804 638	112 600	442 562	19,66 %	80,34 %
2025	1 682 303	122 335	564 897	25,11 %	74,89 %

Source: Enquêtes sur terrain

Il ressort de ce tableau qu'avant 1995, le peuplement forestier d'ITOMBWE était encore dense, composé des forêts (matures et secondaires), de la végétation herbacée et prairies de Montagne, etc., avec un pourcentage négligeable de dégradation, localisé essentiellement dans la partie nord-est d'ITOMBWE.

Les données globales signalent une dégradation forestière de l'ordre de 5 648,97 Km², soit 564 897 hectares durant une période de 30 ans. Quant aux données quinquennales, elles révèlent une dynamique ascendante de dépeuplement forestier. Durant le quinquennat 1995-2000, le taux de dépeuplement enregistré était de 2,60 %. Ce taux a ostensiblement augmenté à 4,46 % durant la période 2000-2005, soulignant une intensification du processus.

Bien qu'une légère baisse de 3,6 % ait été notée durant le quinquennat 2005-2010, ce taux demeure aussi bien supérieur à celui enregistré au quinquennat 1995-2000. A partir de 2010, il s'est observé une dynamique décroissante du peuplement avec des taux de 4,03 % entre 2010-2015, suivi de 4,97 % entre 2015-2020 pour enfin culminer à 5,45 % lors du quinquennat 2020-2025. La tendance globale souligne une dynamique intensive de la dégradation du couvert forestier (figure 2).

Notons par ailleurs que le dépeuplement forestier à ITOMBWE est passé de 100 % en 1995 à 74,89 % en 2025. D'où un dépérissement forestier de l'ordre de 25,1 % durant trois décennies. Ce taux brut de dépeuplement forestier a des conséquences graves sur les connexions inter patches, sur la santé forestière, sur les équilibres écologiques, sur la biodiversité et sur le bien-être social.

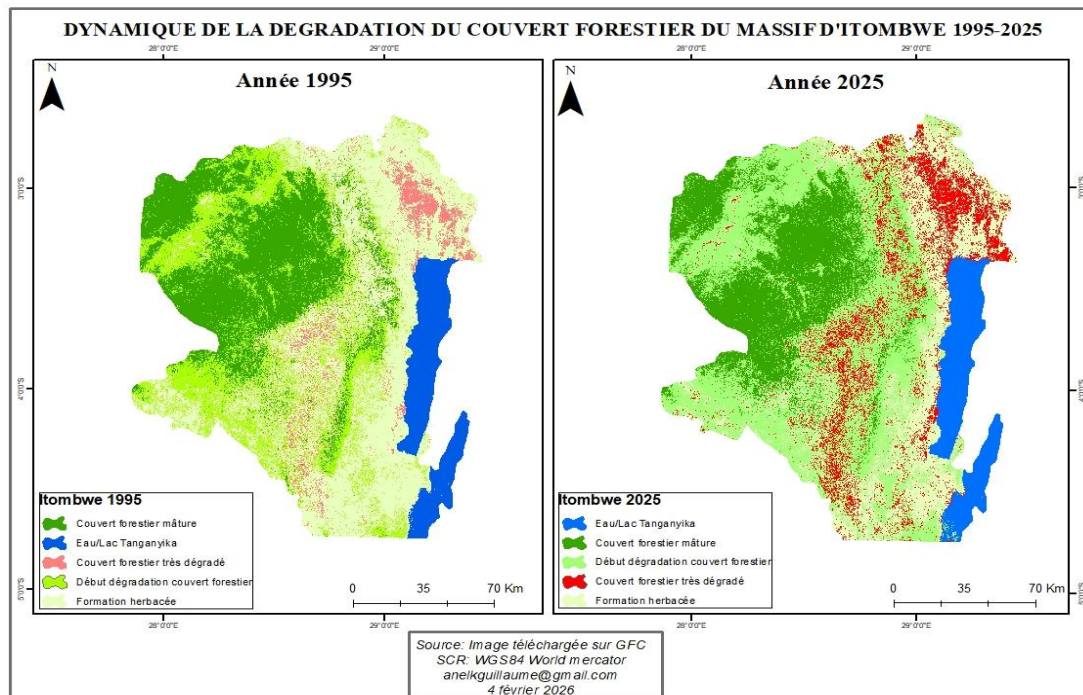


Figure 2. Cartographie de l'occupation du sol à Itombwe (1995 et 2025)

Source: Résultats d'enquêtes de terrain

Une analyse comparative de ces deux images laisse entrevoir un recul significatif de la surface forestière à ITOMBWE. La tonalité verte qui désigne la présence d'une couverture forestière saine se dégrade progressivement, cédant la place des forêts dégradées et qui finit par créer des espaces totalement dépourvus d'une couverture forestière (en rouge). Les zones dégradées sont celles qui connaissent une anthropisation accélérée due en majeure partie aux exploitations minières et du bois.

Quant au zonage de la dégradation 2025, deux grands axes se distinguent depuis 2025 :

- L'axe central, de direction nord-sud (Alt 3246 - 3500 m) longeant les localités de Kasika, Miki, Mayamoto, Kipupu, Lulimba et Itombwe ; et
- L'axe est de direction nord-sud, longeant la côte du lac Tanganyika (Alt ≥ 3538 m) bordant les localités de Twanziga, Lungwe, Katobo, Swima jusqu'à Kabolo à l'extrême sud du massif.

Il sied de signaler que ces zones dégradées sont situées à des périmètres compris entre 5 à 20 km des localités habitées, sauf pour l'axe central où le périmètre s'étend parfois au-delà de 50 km.

3.1.2 Identification des facteurs de la dégradation du couvert forestier

Le dégradation du couvert forestier que connaît ITOMBWE est la résultante directe des certaines activités, notamment des exploitations minières (60,4 %), des exploitations du bois et du charbon de bois (18,1 %), de l'agriculture itinérante sur brulis (10,1%), du surpâturage (5,8 %), du feu de brousse et d'éboulement (3,6 %), de l'artisanat (1,2 %) et autres (0,8%).

Il convient de préciser qu'avant les années 1995, l'agriculture était l'activité principale de dépeuplement forestier à ITOMBWE (KAREN HILLYER 1998). Cette première place était justifiée d'une part, par la stabilité de population locale dans la région et d'autres part, par la présence des certaines entreprises agricoles très prospères dans le Kivu avant les années 1995.

Depuis 1995, les exploitations minières ont inversé cette tendance (tableau 2). Ce renversement de situation s'accompagne d'une insécurité qui pousse la population locale à se déplacer vers les centres villes ou vers les pays voisins à la recherche de la quiétude. Ce départ de la région a fait chuter les activités agraires au profit des exploitations minières. Le tableau suivant répertorie les activités, énumère les raisons, les acteurs et l'étendue forestière dégradée.

Tableau 2. Facteurs de la dégradation du couvert forestier à Itombwe

N°	Activités	Raisons	Acteurs Responsables	Superficie dégradée (ha)	Pourcentage (%)
1	Exploitation minières	Economiques et déficit administratif	Entreprises minières	3 41 747 ha	60,4
2	Exploitation du bois et de charbon de bois	Subsistance et Economiques	Entreprises et population locale	102 635 ha	18,1
	Agriculture itinérante sur brulis	Subsistance et économiques	Agriculteurs/trices	57 118 ha	10,1
3	Surpâturages	Subsistance et économiques	Eleveurs	33 024 ha	5,8
4	Incendies forestières, éboulements et Feux de brousse ...	Naturelles et économiques	Population locale	20 927 ha	3,6
5	Artisanats	économiques	Forgerons	5 509 ha	1,2
	Autres	Naturelles	Nature	3 937 ha	0,8
	Total			5 64 897 ha	100 %

Source: Enquêtes (2025)

Il ressort de ce tableau que les activités principales, responsables de la dégradation du couvert forestier à ITOMBWE sont les exploitations minières, du bois et de charbon de bois. Signalons en outre que toutes ces activités requièrent la suppression du couvert forestier. Et si nous devons porter une attention spécifique à toutes ces activités, un accent significatif doit être accordé aux activités minières, du bois et du charbon de bois, qui seules génèrent près de 80 % de superficie dégradée. Ces deux secteurs nécessitent une attention beaucoup plus approfondie dans l'orientation décisionnelle et mesures conservatoires.

Pour arriver à évaluer niveau de la dégradation du couvert forestier et déterminer les paramètres quantitatifs et qualitatifs, il est nécessaire de recourir aux indicateurs de dégradation forestière.

- Indicateurs de dégradation du couvert forestier à Itombwe

A Itombwe, plusieurs indices nous ont servi d'évaluer qualitativement et quantitativement la dégradation forestière en nous facilitant la compréhension du processus à partir certains paramètres. Il s'agit des données qui déterminent indices des signes de stress, qui relèvent des mesurer physiques et qui cartographient toute surface forestière dégradée.

Durant cette recherche, nous nous sommes servis de trois indicateurs pour évaluer la dégradation du couvert forestier à ITOMBWE. Il s'agit de l'indice différentiel normalisé de végétation (NDVI), de l'indice de bord rouge à différence normalisée (NDRE) et de l'indice de fragmentation du paysage (IFP).

- Bilan global de dégradation du couvert forestier à Itombwe

L'analyse globale des résultats du niveau de dégradation du couvert forestier à ITOMBWE nous offre des valeurs quantitatives et qualitatives qui déterminent la santé et la dynamique du couvert forestier.

Sur le plan quantitatif, l'analyse de l'occupation du sol indique une régression du couvert forestier qui est passée de 2247 200 ha en 1995 à 1682 303 ha en 2025, soit un taux relatif de dégradation du couvert forestier de l'ordre de 25,1% durant une période de 30 ans. Quant à la perte absolue, elle a été estimée à 564 897 ha (tableau 1). De ce fait, le taux annuel de la dégradation du couvert forestier (approche linéaire) est évalué à 18 830 ha par an et celui de la dégradation composé de 2,87 % par an.

Sur le plan qualitatif, l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) est passé de 0,88 (très bonne couverture forestière) en 1995 à 0,48 (accentuation de dégradation du couvert forestier, signalant un stress aigu) en 2025, soit un taux de dépérissement du couvert forestier de 0,4 durant trois décennies. Quand bien même la

dynamique de dégradation s'est inversée en 2015, soulignant ainsi une période de régénération forestière avec un indice de 0,82 contre 0,56 enregistré en 2005, comme indiqué sur le tableau 3.

S'agissant de l'indice à bord rouge par différence normalisée (NDRE), il est passé de 0,2 (bonne couverture végétale) en 1995 à - 0,56 (couvert forestier stressé et très dégradé) en 2025, soit un taux de dépérissement du couvert forestier de l'ordre de -2,56. Signalons que les forêts primaires et secondaires affichent un NDRE élevé par rapport aux prairies alpines, herbacées et aux zones rocheuses.

Quant à l'indice de fragmentation du paysage (IFP) qui était de 0,33 (couvert forestier légèrement fragmenté) déjà en 1995, il est passé à 0,40 (risques accrues pour la biodiversité) en 2025. Concernant cet indice, il est impérieux de préciser que les forêts primaires matures et les forêts secondaires sont les plus fragmentées, c'est-à-dire, qu'elles affichent des indices élevés de discontinuité et des ruptures d'équilibres écologiques (0,45, 0,46) en 2025. Tandis que les zones rocheuses sont les moins fragmentées (0,29) en 2025.

De tout ce qui précède, il apparaît que les quinquennats 2000-2005 et 2020-2025 ont enregistré une altération forestière remarquable dont l'évolution transparaît fort bien sur les cartes de la dynamique du couvert forestier illustrée dans le tableau 3 et la figure 3 ci-après. Cette figure illustre la dynamique de l'altération forestière, des pertes de connectivité et des ruptures des équilibres écologiques. Cela souligne les rapports de changement qualitatifs et quantitatifs du couvert forestier.

Tableau 3. Dynamique globale de la dégradation du couvert forestier à Itombwe de 1995 à 2025

Dynamique globale de la dégradation du couvert forestier à Itombwe (1995-2025)								
Année 1995					Année 2005			
Indices	Valeur pixel	Valeur	Interpretation		Indices	Valeur pixel	Valeur	Interpretation
NDVI	8601325	0,88	Très bonne couverture forestière mature, très dense et saine		NDVI	4126884	0,56	Degradation accentuée / stress aigu
NDRE	5537832	0,2	Couvert vegetal sain		NDRE	8803363	-0,08	Couvert vegetal stressé
IFP	2463354	0,33	Couvert forestier légèrement fragmenté		IFP	3080108	0,24	Couvert forestier fragmenté
Superficie initiale		2 247 200 ha			Sup. Dégradée/2005		158 565 ha	
Année 2015					Année 2025			
Indices	Valeur pixel	Valeur	Interpretation		Indices	Valeur pixel	Valeur	Interpretation
NDVI	9220892	0,82	Régénération du couvert forestier		NDVI	3054776	0,48	Degradation accentuée du couvert forestier / stress aigu
NDRE	3054725	0,10	Couvert forestier régénéré		NDRE	7885087	-0,56	Couvert forestier stressé et très degrade
IFP	1610391	0,18	Régénération significative		IFP	14004693	0,40	Risques accrues pour la biodiversité
Sup. Dégradée/2015		329 962 ha			Sup. Dégradée/2025		564 897 ha	

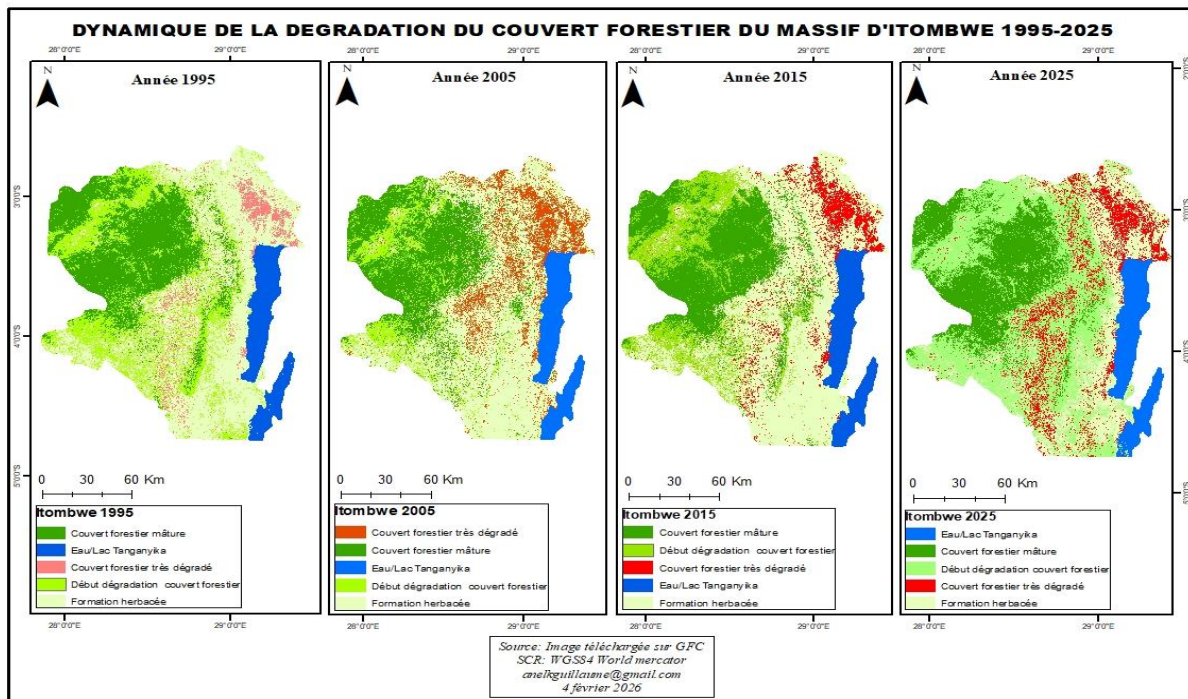


Figure 3. Dynamique de la dégradation du couvert forestier du massif d'Itombwe (1995-2025)

Source: Résultats des enquêtes de terrain

Un tel bilan affecte directement la biodiversité et les habitats des nombreuses espèces, notamment la réduction des populations animales et la fragmentation des habitats “*species-specific*”. Par ailleurs, la réduction du couvert forestier réduit aussi bien le pouvoir du stockage Carbone, la biomasse aérienne et souterraine, ainsi que la perturbation du cycle éco-hydrologique et microclimatique de toute la région.

Il convient de signaler que la remontée des indices constatée en 2015 n'explique pas forcément un rétablissement des forêts primaires matures. Sur ce, nous avons fait recours à l'observation sur le terrain (endroits accessibles) et à télédétection à partir de *Lidar* qui décrit la composition et la structure forestière verticale à partir des images à haute résolution. Les analyses nous ont permis de découvrir qu'il s'agissait plutôt d'une régénération forestière (arborescente, jeune peuplement, herbacée...) : passage des forêts primaires dégradées aux forêts secondaires suite à l'arrêt des exploitations minières dans certains sites.

Les analyses qui suivent décrivent les conséquences de la dégradation forestière sur les services écosystémiques de base.

3.2 Conséquences de la dégradation forestière sur les services écosystémiques

3.2.1 Interprétation métrique de la dégradation et leurs causes

L'interprétation métrique des indices de dégradation analyse les données quantitatives et qualitatives afin de déterminer l'ampleur de la dégradation. Ces métriques incluent des mesures sur les mutations et sur la détérioration du couvert forestier (changements qualitatifs et quantitatifs).

a) Taux de dégradation du couvert forestier

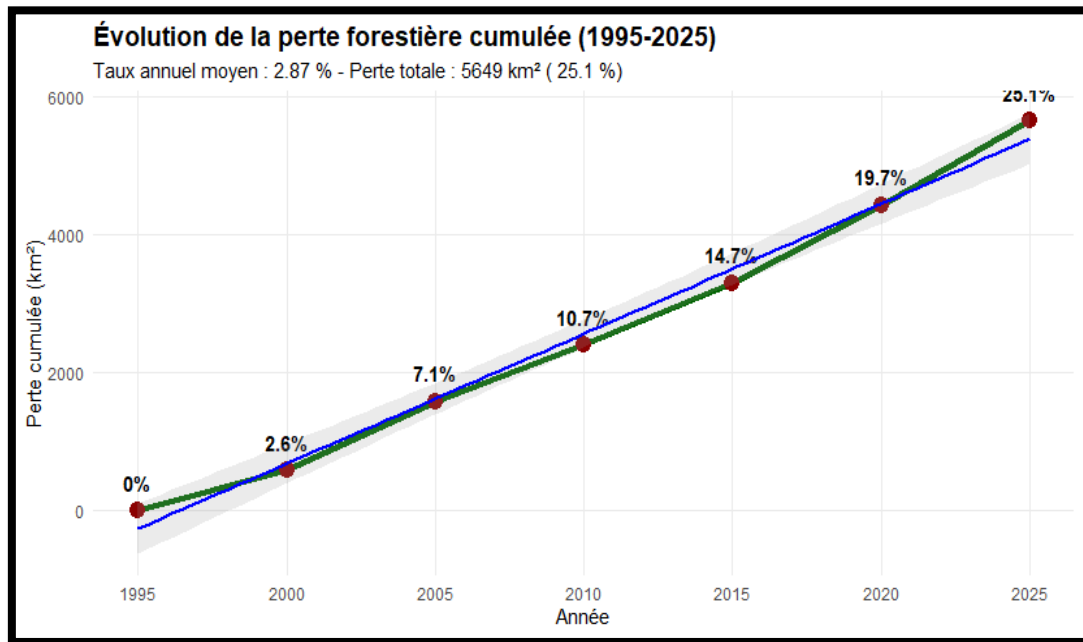


Figure 4. Evolution de la perte forestière cumulée (1994-2025)

Les résultats statistiques obtenus mettent en évidence une dégradation du couvert forestier massive et continue à ITOMBWE entre 1995 et 2025. Le taux de dégradation annuelle moyenne est de 2,87 %. C'est un taux très élevé selon les seuils de la FAO (au-delà de 2 %) : cela induit une situation qualifiée d'urgence écologique. En 30 ans, 564 897 ha de la couverture forestière initiale a disparu, soit 25,1% : cela représente une perte massive d'habitats, une diminution de la biodiversité et une rupture des connectivités écologiques.

b) Causes de dégradation (Analyse de Pareto)

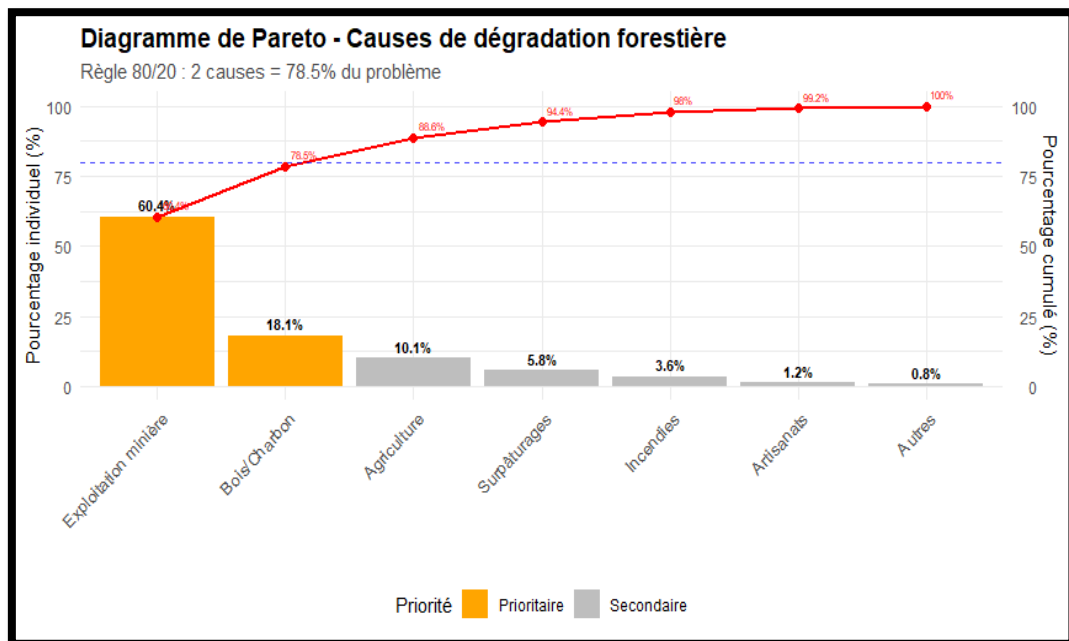


Figure 5. Diagramme de Pareto – Causes de dégradation forestière

L'analyse des causes de dégradation selon la règle de Pareto (80/20) montre que les deux premières causes (les exploitations minières 60,4 % et du bois 18,1 %) cumulent en elles seules près de 78,5 % de la surface totale dégradée. De ce fait elles sont considérées comme prioritaires pour toutes actions et tous projets de gestion forestière. Ces deux causes sont liées à des activités économiques industrielles et à une pression croissante de la demande sur le marché international. L'agriculture sur brûlis (10,1 %) et le surpâturage (5,8 %) complètent le tableau, mais leur poids relatif est moindre, c'est-à-dire secondaire.

3.2.2 Interprétation métrique des indices de dégradation

L'interprétation métrique s'assigne l'objectif de fournir une analyse rigoureuse des indices de dégradation en transformant les résultats bruts des données récoltées en indicateurs exploitables. Cet exercice exige le recours à la méthode quantitative pour établir des corrélations qui facilitent la détection des tendances qualitatives sur l'état général du couvert forestier.

a) Tendances qualitative de NDVI : Test de Mann-Kendall

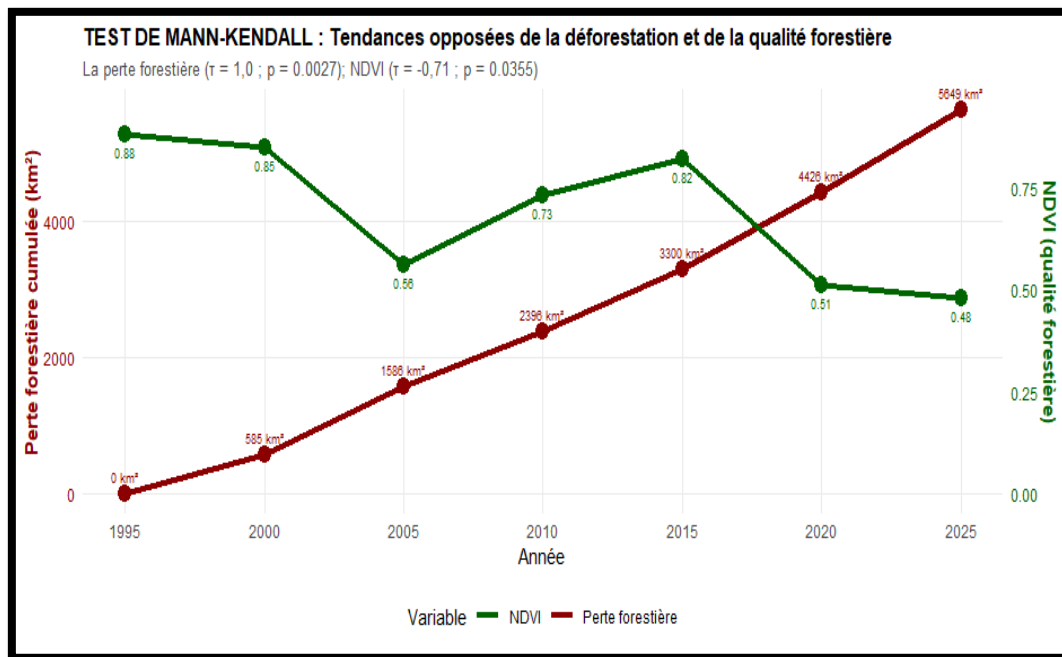


Figure 6. Test de Mann-Kendall

Il ressort de la figure ci-haut que la perte du couvert forestier se réalise de façon régulière et sans aucun ralentissement, comme le confirme le test de Mann-Kendall : la tendance à la hausse de la dégradation est parfaitement monotone ($\tau = 1,00$) et la perte est très significative ($p = 0,0027$). Parallèlement, la qualité de la végétation mesurée par le NDVI a subi une forte baisse ($\tau = -0,714$), avec une perte significative ($p = 0,0355$). Ces deux tendances opposées confirment un processus de dégradation généralisée et continue à ITOMBWE.

b) Tendance qualitative de NDRE : Test de Mann-Kendall

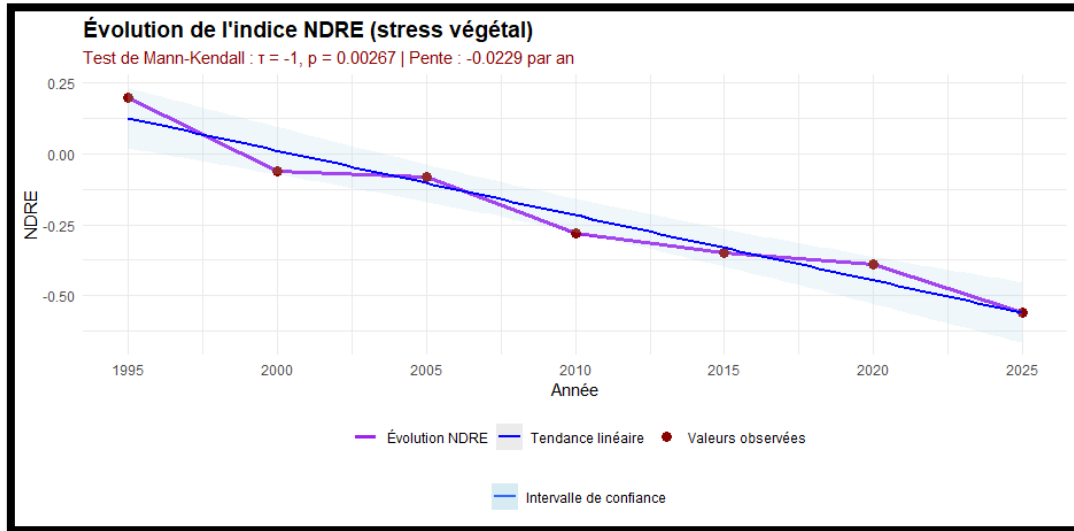


Figure 7. Evolution de l'indice NDRE

Les résultats de NDRE dévoilent qu'en 1995, l'indice positif de 0,20 désignait un couvert forestier sain et dense. Dès le quinquennat 2000, il a basculé au négatif (- 0,06), signalant l'apparition d'un stress modéré. Ce stress s'est amplifié exponentiellement pour atteindre - 0,56 en 2025, seuil caractérisant un stress très sévère et un dépérissement avancé du couvert forestier.

Le test de Mann-Kendall appliqué au NDRE révèle une tendance à la baisse très significative ($\tau = -1,00$, $p = 0,0027$). La chute du NDRE confirme que le couvert forestier d'ITOMBWE n'est pas seulement dégradé au niveau de la canopée chlorophyllienne. Mais que la dégradation affecte aussi bien le sous-bois et même les espèces forestières non chlorophylliennes qui deviennent moins résilient et par là, plus vulnérable aux perturbations ultérieures.

c) Tendance qualitative de l'IFP : Analyse des variances (ANOVA)

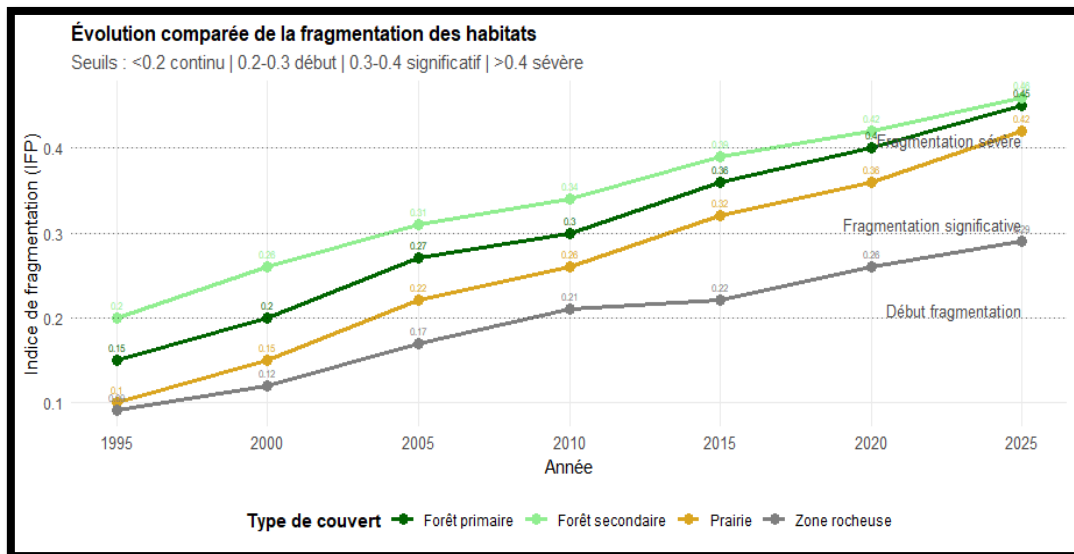


Figure 8. Evolution comparée de la fragmentation

L'analyse des variances sur l'IFP ne détectent pas de différence significative entre les types de couvert au seuil classique de 5 % ($p = 0,057$; $F = 2,876$). Même si les forêts primaire et secondaire présentent les IFP moyens les plus élevés (0,304 et 0,34) respectivement, confirmant ainsi une fragmentation plus avancée du paysage, même si les forêts secondaires sont les plus fragmentées (moyenne 0,34) par rapport aux zones herbacées et rocheuses.

4 Conclusion

Le massif forestier d'ITOMBWE est un ensemble riche et complexe de l'Afrique tropicale. Des forêts primaires denses et sempervirentes au paysage des zones rocheuses, en passant par des forêts secondaires et des prairies herbacées, le couvert forestier d'ITOMBWE abrite une biodiversité spécifique dotée des spécimens endémiques (primates, mammifères, oiseaux, arbres et plantes, etc.). A cette valeur biologique, s'ajoutent les rôles écologiques et socioéconomiques (régulation climatique et stockage carbone, pourvoyeur des ressources, support des pratiques agropastorales et d'un exceptionnel savoir endogène, etc.).

De nos jours, ce patrimoine forestier connaît une dégradation croissante de son couvert forestier provoquée par une pression anthropique qui altère la structure, la composition et la fonctionnalité forestière. L'intensification des exploitations minières, du bois commercial, de l'agropastoralisme, la collecte intense de produits forestier ligneux et non ligneux, sont autant des facteurs directs et majeurs de dégradation. A ces causes majeures, s'ajoutent d'autres indirectes, dont l'absence étatique de gestion et de gouvernance des ressources. Ce vide laissé par l'Etat est à la base de l'insécurité persistante dans la région et par là, de la vulnérabilité forestière.

L'évaluation globale du niveau de dégradation du couvert forestier à ITOMBWE a été envisagée selon une approche systémique à multi-échelle. Sur le plan méthodologique, nous avons combiné des analyses temporelles et spatiales du couvert forestier à partir d'images satellitaires (des hautes et moyennes résolutions). Elles ont facilité les exploitations de séries temporelles d'indices de végétations, de la détection de perturbations, de la fragmentation et des indices sur l'occupation du sol.

Le système d'information géographique (SIG), la cartographie numérique des pressions anthropiques (blocs miniers, fronts agricoles, exploitation du bois, etc.), les collectes effectuées sur le terrain (inventaires forestiers, relevés dendrométriques, enquêtes socio-économiques) et une observation participative des faits et phénomènes à élucider ont orienté, guidé et soutenu nos investigations.

Sur le plan conceptuel, il nous était impérieux de distinguer la dégradation forestière de la déforestation. Si la dégradation renvoie à la réduction des capacités qu'a un écosystème à fournir des services sans qu'il y ait nécessairement perte complète du couvert arboré, la déforestation elle, est une conversion permanente du couvert forestier à un autre usage. ITOMBWE connaît ces deux mutations, qui d'ailleurs sont interconnectées.

Quant aux résultats des indices, une série temporelle de trois décennies, allant de 1995 à 2025 traduit la trajectoire d'une recherche non linéaire. L'analyse des indices de dégradation indique des bons couverts forestiers à l'état initial (1995). A cette période, s'est succédé celle caractérisée par une intensification de la dégradation (quinquennat 2000-2005) avec des pertes signalées pour chaque indice. Il s'en est suivi une phase de régénération forestière vers le quinquennat 2010 - 2015, dominée par l'émergence d'une végétation secondaire. Le quinquennat 2020-2025 s'est démarqué par une dégradation très marquée du couvert forestier avec des indices qui ont dépassé le seuil de 2%. Ce seuil est qualifié de critique, c'est-à-dire, d'une « *urgence écologique* » selon la FAO.

Par ailleurs, les métriques de dégradation ne sont pas les mêmes pour chaque types de forêts, quand bien même l'IFP signale une différence non significative de dégradation au seuil classique de 5 % ($p = 0,057$; $F = 2,876$). Les forêts primaires matures et secondaires d'ITOMBWE connaissent un taux élevé de fragmentation (0,304 et 0,34) par rapport aux zones rocheuses qui semble être les moins fragmentées (0,19).

Des coupes pour éclaircir des zones destinées aux exploitations minières (60%), du bois d'œuvre (18,1%) et celles affectées à l'agro-pastoralisme (15,9%) ont été mentionnés comme étant des causes majeures de la dégradation du couvert forestier. Toutes ces pratiques altèrent qualitativement et quantitativement la structure et la composition floristique. Cette conversion du couvert forestier initial à des formes dégradées génère des ruptures sévères d'équilibres écologiques aux conséquences souvent irréversibles.

Face à cette situation, nos recherches ont relevé diverses conséquences : sur le plan écologique, l'on souligne la fragmentation du couvert forestier qui altère les habitats écologiques des espèces endémiques, réduit considérablement la connectivité inter patches, intensifie les risques d'extinction des espèces, dont les aires de

réparation et de viabilité sont déjà restreintes. Quant aux conséquences socio-économiques, la dégradation du couvert forestier affecte les moyens de subsistance des communautés locales qui en dépendent, accroît la vulnérabilité alimentaire et la sous-alimentation dans la région. Sur le plan politique, la dynamique de dégradation du couvert forestier d'ITOMBWE se doit d'interroger les politiques publiques en matière de gestion et de gouvernance des ressources au niveau national.

Eu égard à ce qui précède, cette recherche ne s'est pas limitée à quantifier l'ampleur et la dynamique de la dégradation, mais elle a aussi identifiée les causes de la dégradation et zones les plus dégradées en vue d'éclairer toute action de régénération et de restauration forestière. Ce bilan sombre que dresse cette recherche a dépassé l'intervalle dit « *de confiance* ». Cela nous permet de tirer les conclusions suivantes :

- la dégradation du couvert forestier à ITOMBWE a dépassé l'état de basculement écologique ($\geq 2\%$) ;
- la résilience forestière à ITOMBWE s'affaiblit du jour au lendemain;
- le processus de régénération forestière spontanée demeure fragilisé par des techniques abusives des exploitations en cours;
- selon la FAO, cette situation est qualifiée d'« *urgence écologique* » ;
- sans des mesures de correction coordonnées et efficaces de restauration, la dégradation forestière poursuivra son cours à ITOMBWE et l'homme apparaîtra comme le produit le moins désiré qui dénature la nature.

REFERENCES

- [1] Banque Mondiale (1984) *Zaire : Problème de développement- Région du Kivu*, Bureau Régional Afrique de l'Est, Bukavu, 187 p.
- [2] BEERCKMANS R. (2008), *L'avenir du Congo : est-il miné ?* Broederlijk Delen, Bruxelles, 28 p.
- [3] Besseau P, Graham S. et Christophersen T. (dir.) (2018), *Restaurer les Paysages Forestiers : la clé d'un avenir durable, Partenariat Mondial pour la restauration des paysages forestiers*, Vienne, Autriche, 25 p.
- [4] BULTOT F. (1977), *Atlas climatique du Bassin zaïrois*. IV. Pression atmosphérique, vent en surface et en altitude, température et humidité de l'air, nébulosité et visibilité, classification climatiques, propriétés chimiques de l'air et des précipitations. *Publ. INEAC, hors Sér.*
- [5] BULTOT F. (1950), *Régime normaux et cartes de précipitations dans l'Est du Congo Belge* (Long. : 26° à 31° Est, Lat., 4° Nord à 5° Sud) pour la période de 1930 à 1946. *Publ. INEAC, Comm. N°1 Bur. Climat.* : 56 p., 13 cartes h.-t.
- [6] Bureau d'Etudes Scientifiques et Techniques (B.E.S.T), *Rapports annuels, quinquennaux, décennaux d'Itombwe*, Vol. 1. 2. 3. 4. 5 et 6, BUKAVU, Ed. inédit.
- [7] BURRETTE J.-L., (1953) *Les sols du Kivu*, II, carte des sols de la vallée de KILOMBWE. *Publ. CDKI, Bruxelles, Nouv. Sér.*, 6.
- [8] Christian Aid South Kivu- Food security assessment, (2025) *Enquête alimentaire d'Itombwe*, Bukavu, 48 p.
- [9] COLLAR N. J. et STUART S.N., (1988) *Threatened Birds of Africa and Related Islands*, The ICBP/IUCN Red Data Book, part.1 (*Third edition*), ICBP, Cambridge- U-K, and IUCN, Gland, Switzerland: XXXIV+, p. 12 (761 pages photo o. of t).
- [10] de SAINT MOULIN L., (1984) « *Les migration au Kivu se font-elles des zones les plus peuplées vers les zones les moins peuplées* » ? In : *Cah. CERUKI, Bukavu-Zaire*.
- [11] de SAINT MOULIN L., (1976) *Atlas des collectivités du Zaïre*, Presses Univ. Zaïre, Kinshasa.
- [12] Département du Plan-Direction de planification régionale (1988), *Projet PNUD/DTCD ZAI 86/001* Appui à la planification**, Kinshasa, 32 p.
- [13] DEVRED R., (1956) *Annuaire hydrologique du Congo Belge et du Ruanda-Urundi 1951-1959. Mém. Acad. Roy. Sci. Coloniales. Nouv. Sér.*, V (2 et dernier).
- [14] DEVRED R., (1958) *La végétation forestière du Congo Belge et du Ruanda-Urundi. Bull.Soc. Roy. For. Belgique*, 65 (6) :409-468, 1 carte h.-t.

- [15] DOUMENGE C. et SCHILTER C., (1997) *Les Monts Itombwe : d'une enquête environnementale et socio-économique à la planification d'interventions au Zaïre, UICN, Gland, Suisse*, 269 p.
- [16] FAO, (2019) *Summary of the final report of forest resources assessment 2019 for the tropical world*. 11th COFO Meeting Rep., FAO, Rome.
- [17] GERMAIN R., CROEGART J. & SYS C., (1955) *Carte des sols et de la végétation du Congo Belge et du Ruanda-Urundi. 3. Vallée de la Ruzizi, A. Sols (1/1000 000), B. Végétation (1/50 000)*. INEAC, Bruxelles.
- [18] GERMAIN R., (1952) *Les Associations végétales de la plaine de la Ruzizi (Congo Belge) en Relation avec le milieu, Publ. INEAC, Sér. Sci., 52 : 1-321*.
- [19] GLORIE Lt., 1898-1899., *La marche du Lieutenant GLORIE contre les révoltés de l'Est, In Belgique Coloniale*, 3, pp. 605-606. 616-617 ; pp. 5-7.
- [20] IUCN, (2005) *Restauration des Paysages Forestiers : introduction à l'art et la science de la restauration des paysages forestiers, Série Technique OIBT n°23, Yokohama 220-0012, Japon*, 153 p.
- [21] Janzen, (2002) *Outils pour la Restauration des forêts Tropicales*, Longmarchfor ACG, 150 p.
- [22] KABALA MATUKA DAVID et al, (1991) *La Forêt tropicale africaine, patrimoine à préserver d'urgence. Actes du Séminaire régional sur le renforcement de la coopération pour la gestion rationnelle de la forêt tropicale africaine, l'IZCN et l'UNESCO, Kinshasa-N'sele (Zaïre)*, 350 pages.
- [23] Liegoies P., (1960) *Observations sur la reforestation de terres arides au Kivu, Direction de l'agriculture des forêts et de l'élevage du Ministère du Congo-Belge et du Ruanda-Urundi*, Bruxelles, 61 p.
- [24] Ministères de l'agriculture et de l'élevage, du plan, de l'éducation nationale et de l'environnement, conservation de la nature, forêts et pêche, (1998) *Monographie de la province du Sud-Kivu, Programme National de relance du secteur agricole et rural (PNSAR), 1997-2001, PNUD/UNOPS, Kinshasa*, 160 p.
- [25] MUCHUKIWA BOSCO, (2006) *Territoire ethniques et territoires étatiques : pouvoir locaux et conflits interethniques au Sud-Kivu (R. D. Congo)*, Paris, L'Harmattan, 214p.
- [26] MUGANGU S., *La gestion foncière rurale au Congo, réformes juridiques et pratiques foncières locales. Cas du Bushi, Louvain-La-Neuve, Academia- Bruylant*, 1997, 341 p.
- [27] Nabil BEN KHATRA & al, *Les écosystèmes Africains : Entre dégradation et restauration*, Observatoire du Sahara et du Sahel, Tunis Carthage, 2022, 160 pages.
- [28] Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (2010), *Guide OCDE sur le Devoir de Diligence pour des chaînes d'Approvisionnement Responsables en Minerais Provenant de zones de conflit ou à haut Risque*, OCDE 50, 25 pages.
- [29] PIERLOT R., (1966) *Structure et composition de forêt dense d'Afrique Centrale, spécialement celles du Kivu, Acad. Roy. Sci. Outre-Mer, Sci. Nat. & Médic., Nouv. Sér., XVI (4), 367 p.*
- [30] RAHMU U., (1966) *Les mammifères de la forêt équatoriale de l'Est du Congo*. Ann. Mus. Roy. Afr. Cent., Sci. Zoo., 149 :37-121, 11 pl. photo+ 1 fig.
- [31] République du Zaïre – Cabinet du président régional du MPR, (1985) *3^{ème} Rapport synthèse du Sud-Kivu*, Bukavu.
- [32] ROED. et al. (2009) *Gestion communautaire des ressources naturelles en Afrique, Impacts, expériences et orientations futures*, Londres, IIED, 241 p.