

*Dépendance Socio-Économique, Vulnérabilité Forestière Et
Spatialisation Des Zones De Mise En Défens Dans Le Mayombe
Congolais : Cas Des Secteurs De Fubu Et Tsundi-Sud, Kongo
Central, République Démocratique Du Congo*

*[Socio-Economic Dependence, Forest Vulnerability And Spatial
Distribution Of Forest Exclosures In The Congolese Mayombe:
Evidence From Fubu And Tsundi-Sud Sectors, Kongo Central,
Democratic Republic Of The Congo]*

Matsanga Mbodo Gauthier¹, Cesar MBUMBA Khonde², Ngoie Mululu Patrick^{1*}, Monga Kasongo Jean Claude¹

¹ Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences et Technologie, Kinshasa, République démocratique du Congo

² ADEI ONGD/ LUKULA

*Auteur correspondant : Ngoie Mululu Patrick, patrickmululu@gmail.com



Résumé : La conservation des forêts tropicales du bassin du Congo est étroitement liée aux moyens d'existence des populations rurales qui dépendent des ressources forestières pour l'agriculture, l'énergie, l'alimentation et les revenus. Cette étude analyse la dépendance socio-économique des populations, les manifestations locales de vulnérabilité forestière et la configuration spatiale des zones mises en défens dans les secteurs de Fubu et Tsundi-Sud, territoire de Lukula, au sein du Mayombe congolais. Une enquête transversale a été conduite auprès de 420 répondants selon un échantillonnage stratifié géographiquement et socioprofessionnellement. Les données socio-économiques et environnementales ont été collectées au moyen de questionnaires géoréférencés sous KoboCollect. Elles ont été complétées par des données Sentinel-2 de 2024 traitées sous Google Earth Engine et par l'inventaire géographique de 18 sites mis en défens. Les résultats révèlent une forte dépendance aux ressources naturelles : 97,38 % des répondants pratiquent l'agriculture, 85,48 % déclarent un revenu mensuel inférieur à 100 USD, 93,33 % considèrent la forêt comme une source de revenus et 90,24 % comme un réservoir de ressources. La production de charbon en forêt concerne 84,52 % des répondants, tandis que 61,90 % signalent une diminution des biens forestiers disponibles. La déforestation est perçue comme un indicateur majeur de vulnérabilité par 81,67 % des enquêtés et l'appauvrissement des sols par 80,71 %. Parallèlement, 94,05 % reconnaissent l'importance de remplacer les arbres abattus. Dans l'emprise cartographiée, la forêt représente 87,37 % de la superficie classifiée. Les 18 sites mis en défens couvrent environ 192,90 ha, avec une distribution très asymétrique : la superficie moyenne est de 10,72 ha, la médiane de 4,52 ha et sept sites concentrent 82,4 % de la superficie totale. Ces résultats montrent que la forte dépendance économique à la forêt coexiste avec une conscience élevée des processus de dégradation et de la nécessité de restaurer le couvert forestier. Une gestion durable du Mayombe devrait dès lors associer mise en défens, agroforesterie, diversification des moyens d'existence, encadrement du charbonnage et suivi géospatial des sites restaurés.

Mots-clés : Mayombe ; mise en défens ; déforestation ; vulnérabilité socio-écologique ; moyens de subsistance ; charbon de bois ; télédétection ; Kongo Central ; République démocratique du Congo.

Abstract: Conservation of the Congo Basin tropical forests is closely linked to the livelihoods of rural populations that depend on forest resources for agriculture, energy, food and income. This study assessed socio-economic dependence on forest resources, locally perceived forest vulnerability and the spatial configuration of forest enclosure sites in the Fubu and Tsundi-Sud sectors of Lukula Territory, within the Congolese Mayombe. A cross-sectional survey was conducted among 420 respondents using geographical and socio-professional stratification. Socio-economic and environmental data were collected using georeferenced KoboCollect questionnaires and complemented by 2024 Sentinel-2 data processed in Google Earth Engine and by spatial information on 18 forest enclosure sites. Results showed strong dependence on natural resources: 97.38% of respondents reported agricultural activity, 85.48% had monthly incomes below USD 100, 93.33% considered forests a source of income, and 90.24% regarded them as reservoirs of useful resources. Forest-based charcoal production was reported by 84.52% of respondents, while 61.90% perceived a decline in available forest products. Deforestation was identified as a major indicator of forest vulnerability by 81.67% of respondents and soil impoverishment by 80.71%. At the same time, 94.05% acknowledged the importance of replacing felled trees. Forest accounted for 87.37% of the mapped land-cover extent. The 18 enclosure sites covered approximately 192.90 ha; their size distribution was highly uneven, with a mean of 10.72 ha, a median of 4.52 ha, and seven sites accounting for 82.4% of the total protected area. These findings demonstrate the coexistence of strong forest dependence, substantial anthropogenic pressure and high awareness of conservation needs. Sustainable management of the Mayombe should therefore combine forest enclosures with agroforestry, livelihood diversification, improved wood-energy management and spatial monitoring of restoration areas.

Keywords: Mayombe; forest enclosure; deforestation; socio-ecological vulnerability; livelihoods; charcoal; remote sensing; Kongo Central; Democratic Republic of the Congo.

1. Introduction

Les forêts tropicales jouent un rôle majeur dans le fonctionnement du système Terre à travers le stockage du carbone, la régulation du climat, le maintien de la biodiversité, la protection des sols et la fourniture de multiples services écosystémiques. Les observations satellitaires à long terme montrent cependant que la dégradation et la déforestation continuent d'affecter fortement les forêts tropicales humides, la dégradation constituant fréquemment une étape précédant une conversion forestière plus complète (Vancutsem et al., 2021). Dans le bassin du Congo, cette dynamique revêt une importance particulière en raison de l'étendue des forêts encore présentes et de leur importance écologique et socio-économique.

La République démocratique du Congo (RDC) concentre la plus grande partie des forêts du bassin du Congo, mais contribue également fortement aux pertes de couvert forestier observées dans la région. Les études à l'échelle nationale et régionale indiquent que l'agriculture familiale itinérante constitue un moteur majeur de la conversion forestière, souvent en association avec la croissance démographique, l'ouverture des paysages, la production de bois-énergie, l'exploitation artisanale du bois et l'amélioration de l'accessibilité (Tyukavina et al., 2018 ; Molinario et al., 2020 ; Shapiro et al., 2021). Plus récemment, Mangaza Nondo et al. (2026) ont confirmé, dans la province de la Tshopo, l'interaction entre expansion agricole, croissance démographique, proximité des centres urbains et transformation du couvert forestier.

Cette problématique est également observée dans les paysages du Kongo Central. Le massif du Mayombe constitue un écosystème forestier de grande importance écologique, dont la Réserve de biosphère de Luki représente l'un des principaux noyaux de conservation. Malgré les dispositifs de protection existants, les paysages du Mayombe demeurent soumis aux activités agricoles, aux prélèvements de produits forestiers et au feu. Cirezi Cizungu et al. (2022), en étudiant la Réserve de biosphère de Luki et sa périphérie, ont montré que les feux d'origine anthropique participent aux dynamiques de conversion des terres et sont étroitement liés aux usages humains du paysage. Les analyses floristiques réalisées dans cette même réserve montrent en outre que les pressions anthropiques persistent malgré son statut d'aire protégée (Bienu et al., 2023).

La relation entre conservation et conditions socio-économiques est particulièrement importante dans ce contexte. Les populations riveraines ne sont pas uniquement des agents potentiels de dégradation : elles dépendent également des forêts pour leurs revenus, leur énergie domestique, les produits forestiers ligneux et non ligneux, l'agriculture et leur sécurité économique. Dans la Réserve de biosphère de Luki, Opelele Omeno et al. (2024) ont récemment montré que les produits forestiers contribuent significativement aux moyens de subsistance des ménages, avec une dépendance particulièrement importante parmi certaines catégories économiquement vulnérables. De même, les travaux de Sodalo et al. (2026) soulignent l'interdépendance entre ressources productives, agriculture, sécurité alimentaire et résilience des communautés locales de Luki.

Il en résulte un paradoxe de gestion : les ressources qui doivent être conservées constituent simultanément une composante essentielle des moyens d'existence locaux. Des stratégies exclusivement restrictives risquent ainsi d'être socialement difficiles à maintenir lorsqu'elles ne sont pas accompagnées de solutions économiques et productives. L'agroforesterie constitue à cet égard une option importante. Dans le paysage de Luki, Mbumba Bandi et al. (2022) ont montré une adoption notable des pratiques agroforestières et identifié plusieurs déterminants sociaux et fonciers susceptibles d'en favoriser l'appropriation.

La mise en défens, entendue ici comme la protection d'espaces déterminés contre certaines formes de prélèvement ou de perturbation afin d'en favoriser la régénération, peut compléter ces dispositifs. Toutefois, la simple existence d'une zone protégée ne suffit pas à démontrer son efficacité écologique ou sociale. La localisation, la superficie, la représentativité écologique, le niveau de respect des restrictions, l'évolution du couvert végétal et l'adhésion des communautés doivent également être considérés.

Dans les secteurs de Fubu et Tsundi-Sud, les connaissances restent limitées sur la manière dont se combinent la dépendance des ménages aux ressources forestières, leurs perceptions de la dégradation, l'état spatial du paysage et la distribution des sites de mise en défens. Cette étude vise ainsi à : (i) caractériser la dépendance socio-économique des populations locales à l'écosystème forestier ; (ii) identifier les principales manifestations perçues de vulnérabilité et de dégradation forestière ; (iii) décrire la structure de l'occupation du sol à partir de données satellitaires ; et (iv) analyser la distribution spatiale et la structure dimensionnelle des sites mis en défens. L'hypothèse générale est que la forte dépendance socio-économique aux ressources forestières s'accompagne de pressions anthropiques élevées, tandis que la mise en défens et des pratiques de gestion participative constituent des leviers potentiels de restauration.

2. Matériels et méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'étude a été conduite dans les secteurs de Fubu et Tsundi-Sud, situés dans le territoire de Lukula, province du Kongo Central, au sud-ouest de la République démocratique du Congo (Figure 1). Ces secteurs appartiennent au paysage forestier du Mayombe. La région est caractérisée par une mosaïque de formations forestières, de savanes, de terres agricoles, de jachères, d'habitats humains et de réseaux hydrographiques.

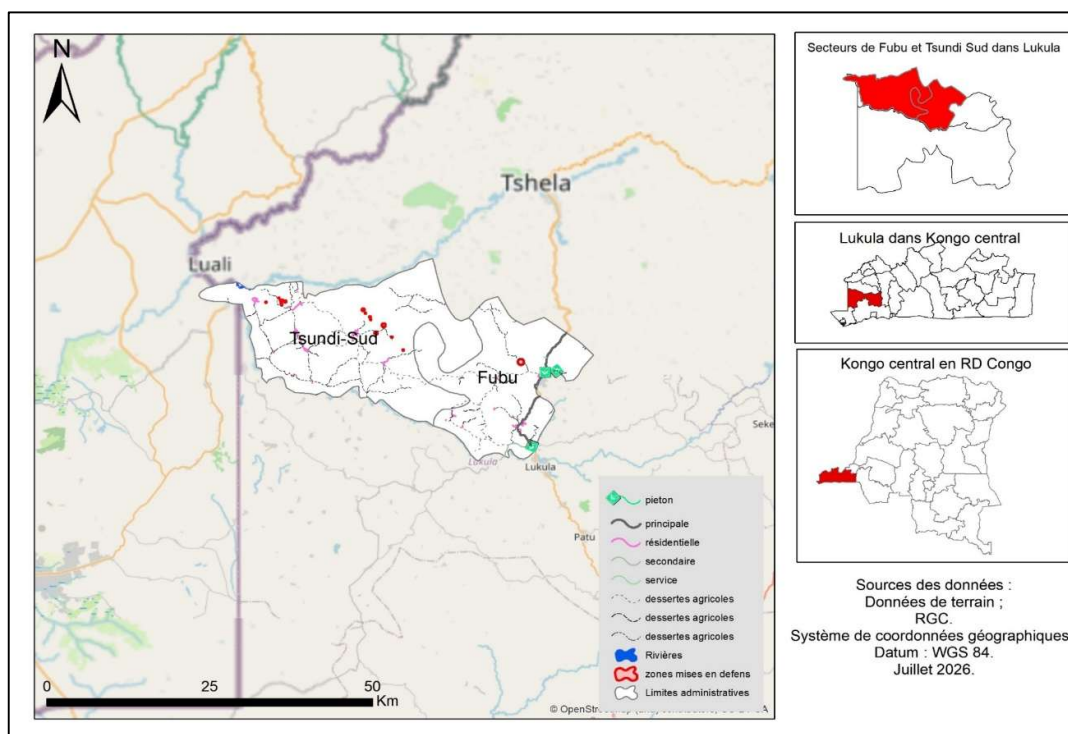


Figure 1. Milieu d'investigations

Les activités rurales sont fortement liées à l'utilisation des ressources naturelles, notamment l'agriculture, l'exploitation artisanale du bois, la production de charbon de bois, le prélèvement du bois-énergie et la collecte de produits forestiers.

2.2. Type d'étude

Le protocole général reposait sur une approche mixte combinant une étude descriptive et analytique transversale, une composante qualitative et une approche géospatiale. Le présent article rapporte principalement les composantes quantitative et géospatiale pour lesquelles des résultats consolidés étaient disponibles.

L'unité d'analyse principale pour la composante socio-économique était le ménage ou son répondant. Le dispositif général prévoyait également l'implication d'acteurs institutionnels, de chefs coutumiers, d'autorités administratives, de services techniques, d'organisations non gouvernementales ainsi que d'acteurs économiques intervenant dans l'exploitation forestière et le charbonnage.

2.3. Échantillonnage

L'échantillonnage a comporté une première stratification géographique distinguant Fubu et Tsundi-Sud, puis une stratification socio-professionnelle prenant notamment en considération les agriculteurs, charbonniers, exploitants forestiers et autres acteurs concernés.

La taille minimale de l'échantillon a été déterminée à l'aide de la formule de Cochran :

$$n = Z^2 p(1 - p) / d^2$$

avec $Z = 1,96$ pour un niveau de confiance de 95 %, $p = 0,50$ et $d = 0,05$. Ces paramètres conduisent à une taille minimale théorique d'environ 384 individus (Cochran, 1977). L'analyse finale a porté sur 420 répondants.

Le recrutement des ménages reposait ensuite sur un tirage systématique au sein des strates retenues.

2.4. Collecte des données socio-économiques et environnementales

Les données ont été collectées au moyen de questionnaires géoréférencés administrés avec KoboCollect. Les informations recueillies portaient notamment sur les caractéristiques socio-économiques des ménages, les activités agricoles et forestières, les sources de revenus, la production de charbon de bois, la dépendance vis-à-vis des ressources forestières, les perceptions des changements environnementaux, les pratiques d'abattage et de renouvellement forestier ainsi que certaines conséquences de la dégradation sur les activités agricoles et forestières.

Les coordonnées GPS ont permis de relier les observations de terrain à la composante géospatiale de l'étude.

2.5. Données satellitaires et occupation du sol

L'analyse de l'occupation du sol présentée dans cette étude repose sur des images Sentinel-2 MSI de 2024, dont la résolution spatiale peut atteindre 10 m pour certaines bandes spectrales. Sentinel-2 est particulièrement adapté à l'analyse de la végétation et de l'occupation du sol en raison de sa résolution spatiale, spectrale et temporelle (Drusch et al., 2012).

Les données ont été traitées sous Google Earth Engine, plateforme permettant le traitement à grande échelle d'archives de télédétection (Gorelick et al., 2017).

Les classes produites dans la cartographie disponible étaient principalement la forêt, les formations arbustives, les formations herbacées, l'eau, les surfaces bâties, les cultures, la végétation inondée et les sols nus.

2.6. Analyse des sites mis en défens

Les sites mis en défens ont été géoréférencés et leurs superficies déterminées à partir des données spatiales de terrain. Pour chacun des 18 sites, la superficie a été calculée en hectares. La structure de leur distribution a été examinée à partir de statistiques descriptives, notamment la moyenne, la médiane, le classement par superficie et la proportion cumulée de la surface représentée par les sites les plus importants.

2.7. Analyse statistique

Les données ont été synthétisées sous forme d'effectifs et de pourcentages. Pour les superficies des sites mis en défens, des statistiques de tendance centrale et de distribution ont été calculées.

2.8. Considérations éthiques

La participation aux enquêtes doit être décrite dans la version définitive en précisant le processus de consentement éclairé, la confidentialité des données et, lorsque cela s'applique, l'autorisation institutionnelle ou éthique obtenue.

Numéro d'autorisation éthique : [à compléter avant soumission].

3. Résultats

3.1. Forte dépendance socio-économique à l'écosystème forestier

Les données mettent en évidence une dépendance importante des populations aux ressources naturelles et aux activités liées à la forêt.

Dimension	Indicateur	n	%
Dépendance socio-économique	Pratique de l'agriculture	409	97,38
Niveau de vie	Revenu mensuel inférieur à 100 USD	359	85,48
Perception générale	Forêt jugée importante pour la vie humaine	420	100,00
Fonction économique	Forêt considérée comme source de revenus	392	93,33
Fonction productive	Forêt considérée comme réservoir de ressources	379	90,24
Activité forestière	Exploitation forestière rapportée	210	50,00
Activité forestière	Charbonnage rapporté	174	41,43
Charbonnage	Production du charbon réalisée en forêt	355	84,52
Bois-énergie	Bois de feu encore obtenu de la forêt	350	83,33
Évolution des ressources	Diminution des quantités de biens forestiers	260	61,90

L'agriculture constitue ainsi une activité quasi généralisée. Cependant, la forte proportion de ménages à faible revenu traduit un contexte économique fragile. La forêt est presque unanimement reconnue comme indispensable : tous les répondants lui attribuent une importance pour la vie humaine, tandis que plus de neuf répondants sur dix la considèrent comme une source de revenus ou un réservoir de ressources.

La production de bois-énergie apparaît également étroitement liée au milieu forestier. Plus de huit répondants sur dix signalent que le charbon est produit en forêt et que le bois de feu continue d'y être prélevé. Parallèlement, près des deux tiers indiquent une diminution des quantités de biens forestiers disponibles.

3.2. Pressions d'exploitation et perception de la vulnérabilité forestière

Les pratiques et perceptions rapportées indiquent simultanément l'existence de pressions importantes et d'une conscience élevée des enjeux de conservation.

Domaine	Indicateur	n	%
Pression d'exploitation	Abattage sans connaissance préalable du volume	240	57,14
Pression d'exploitation	Abattage sans contrôle	225	53,57
Renouvellement forestier	Abattage sans replantation	216	51,43
Attitude de conservation	Importance de remplacer les arbres abattus	395	94,05
Agriculture sur brûlis	Pratique reconnue comme destructrice de la forêt	287	68,33
Biodiversité	Brûlis associé à la disparition des plantes	304	72,38
Vulnérabilité forestière	Déforestation identifiée comme indicateur majeur	343	81,67
Dégradation des sols	Appauvrissement du sol signalé	339	80,71

Domaine	Indicateur	n	%
Incidence économique	Réduction des activités forestières	316	75,24
Incidence agricole	Réduction de la production agricole	306	72,86
Incidence globale	Incidence écologico-socio-économique majeure reconnue	261	62,14

Plus de la moitié des répondants rapportent des situations d'abattage sans connaissance préalable du volume de bois disponible, sans contrôle ou sans replantation. Ces pratiques constituent un signal de faiblesse du dispositif de gestion et de renouvellement.

En revanche, 94,05 % des répondants reconnaissent la nécessité de remplacer les arbres abattus. Cette proportion particulièrement élevée montre que les pressions d'exploitation ne doivent pas être interprétées comme une absence d'intérêt pour la conservation.

La déforestation et la dégradation des sols figurent parmi les manifestations les plus fréquemment perçues de vulnérabilité, avec respectivement 81,67 % et 80,71 %. Les répercussions dépassent le seul domaine écologique : 75,24 % rapportent une réduction des activités forestières et 72,86 % une réduction de la production agricole.

3.3. Structure de l'occupation du sol

La classification issue de Sentinel-2 montre une prédominance de la classe forestière dans l'emprise spatiale analysée.

Classe d'occupation du sol	Superficie (ha)	Part (%)
Forêt	919 581,30	87,37
Arbustes	100 920,69	9,59
Herbe	11 984,22	1,14
Eau	9 605,46	0,91
Bâti	6 769,90	0,64
Cultures	1 724,31	0,16
Végétation inondée	1 178,39	0,11
Sol nu	696,00	0,07

La forêt représente ainsi 87,37 % de l'emprise classifiée et les formations arbustives 9,59 %. Les autres classes occupent individuellement de faibles proportions.

La forte proportion de forêt observée à l'échelle de l'emprise cartographiée ne doit toutefois pas être assimilée à un état d'intégrité écologique. Un territoire peut conserver une proportion importante de pixels classés « forêt » tout en subissant une dégradation interne, une ouverture de la canopée, des prélèvements sélectifs, des incendies ou une fragmentation croissante. La distinction entre couverture forestière et condition écologique du couvert est donc essentielle.

3.4. Superficie et distribution des sites mis en défens

Dix-huit sites mis en défens ont été répertoriés. Leur superficie cumulée est d'environ **192,90 ha**. La superficie moyenne atteint **10,72 ha**, alors que la médiane n'est que de **4,52 ha**, révélant une distribution fortement asymétrique.

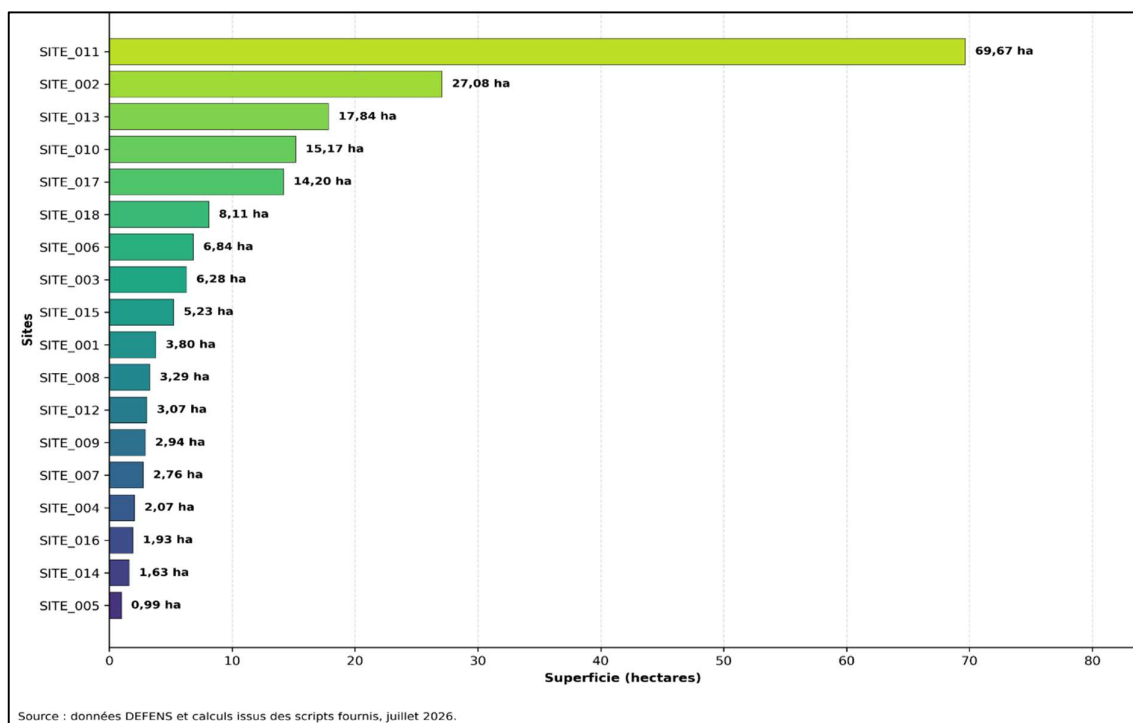


Figure : Classement des sites de mise en défens selon la superficie

Le SITE_011 couvre à lui seul environ 36 % de toute la superficie mise en défens. Les sept sites les plus étendus représentent **82,4 %** de la superficie cumulée. À l'inverse, de nombreux sites couvrent moins de 5 ha.

La cartographie montre en outre plusieurs regroupements géographiques : un ensemble occidental, plusieurs sites disposés dans la partie centrale de l'espace étudié et un groupe plus oriental comprenant les plus grandes superficies. Cette organisation démontre que le réseau de mise en défens n'est pas homogène, ni du point de vue de la taille des sites ni de leur répartition dans l'espace.

4. Discussion

4.1. Dépendance forestière, faibles revenus et vulnérabilité des moyens d'existence

La première observation majeure de cette étude réside dans le niveau particulièrement élevé de dépendance à l'écosystème forestier. L'agriculture est rapportée par 97,38 % des répondants, alors que 85,48 % disposent d'un revenu mensuel inférieur à 100 USD. Dans un tel contexte, la forêt remplit simultanément plusieurs fonctions : espace de production agricole, réserve de bois-énergie, source de revenus et réservoir de biens utiles aux ménages.

Ces observations sont cohérentes avec les résultats obtenus récemment dans la Réserve de biosphère de Luki par Opelele Omeno et al. (2024). Ces auteurs ont démontré que les produits forestiers contribuent substantiellement aux moyens de subsistance des ménages et que le degré de dépendance varie selon leurs caractéristiques socio-économiques. Leur étude souligne notamment le rôle particulièrement important des revenus forestiers chez les ménages économiquement défavorisés.

La dépendance observée à Fubu et Tsundi-Sud ne peut donc être réduite à un problème de comportement environnemental individuel. Elle est inscrite dans un système socio-économique où les ressources forestières jouent un rôle d'assurance, de production et de revenu. Cette interprétation rejoint également Sodalo et al. (2026), qui montrent dans le paysage de Luki que les actifs productifs et l'accès aux services de base occupent une place déterminante dans la résilience des ménages.

Cette relation est essentielle pour la politique de mise en défens. Restreindre l'exploitation forestière sans apporter d'alternatives aux ménages fortement dépendants risque de déplacer la pression vers d'autres espaces ou de diminuer l'acceptabilité sociale de la conservation. Les mesures environnementales devraient par conséquent être accompagnées de stratégies de diversification économique et de renforcement des capacités productives.

4.2. Agriculture, charbonnage et dynamique de dégradation

La seconde observation concerne l'importance conjointe de l'agriculture, du charbonnage et des prélèvements de bois. Dans l'étude, 84,52 % des répondants associent la production de charbon au milieu forestier, 83,33 % continuent d'obtenir du bois de feu de la forêt et 68,33 % reconnaissent le caractère destructeur de l'agriculture sur brûlis.

Ces résultats correspondent à la littérature consacrée aux moteurs de la dégradation forestière en RDC. À l'échelle du bassin du Congo, Tyukavina et al. (2018) ont identifié l'expansion des défrichements agricoles de petite échelle comme une composante dominante de la perte forestière. Pour la RDC, Molinario et al. (2020) ont également montré que l'agriculture itinérante sur brûlis joue un rôle prépondérant dans l'expansion du complexe rural.

Shapiro et al. (2021) insistent cependant sur la nécessité d'éviter une explication monocausale. La dégradation forestière résulte d'interactions entre usages du sol, accessibilité, présence humaine, feux et autres déterminants spatiaux. Cette approche est particulièrement appropriée à Fubu et Tsundi-Sud, où les activités agricoles, le charbonnage, l'exploitation du bois et les besoins économiques se combinent.

Dans la Réserve de biosphère de Luki, Cirezi Cizungu et al. (2022) ont précisément montré le rôle des feux anthropiques dans les dynamiques de changement du couvert forestier et des savanes. Les résultats obtenus à Fubu et Tsundi-Sud, où 72,38 % des répondants associent le brûlis à la disparition de plantes, renforcent ainsi l'intérêt d'intégrer la gestion du feu aux stratégies de conservation.

Des travaux menés dans le bassin de production de charbon de Lubumbashi apportent un parallèle utile. Useni Sikuzani et al. (2023) montrent que l'agriculture et la carbonisation génèrent des feux qui contribuent à la dégradation des paysages forestiers, tandis que Khoji Muteya et al. (2023) documentent une importante transformation des formations boisées sous l'effet de pressions anthropiques et énergétiques. Même si l'écosystème du Mayombe diffère du miombo du sud-est congolais, ces études illustrent la relation générale entre demande en bois-énergie, activités agricoles et transformation des paysages ruraux de la RDC.

4.3. Une population consciente de la dégradation

Un résultat particulièrement important est la coexistence entre des pratiques exerçant une pression sur la forêt et une attitude largement favorable au renouvellement forestier. Alors que plus de la moitié des répondants rapportent l'abattage sans replantation, **94,05 %** considèrent qu'il est important de remplacer les arbres abattus.

Cette apparente contradiction constitue en réalité une information importante pour l'action publique. Elle indique que l'absence de replantation ne résulte pas nécessairement d'une opposition de principe à la conservation. Elle peut également refléter des contraintes d'accès aux plants, de sécurisation foncière, de connaissance technique, de main-d'œuvre ou d'incitations économiques.

Les résultats de Mbumba Bandi et al. (2022) dans et autour de la Réserve de biosphère de Luki confortent cette interprétation. Leur étude montre qu'une proportion importante des agriculteurs adopte des pratiques agroforestières et que l'éducation, la situation foncière, l'activité principale et l'appartenance à des associations locales figurent parmi les facteurs associés à cette adoption. L'existence d'une attitude très favorable au remplacement des arbres dans notre étude constitue donc un capital social susceptible d'être mobilisé pour la restauration.

L'agroforesterie, la régénération naturelle assistée, les pépinières communautaires et l'amélioration des jachères pourraient notamment permettre de rapprocher objectifs de conservation et besoins productifs.

4.4. Couverture forestière et vulnérabilité : une contradiction seulement apparente

La classification satellitaire attribue 87,37 % de l'emprise analysée à la classe forêt. À première vue, cette proportion pourrait sembler incompatible avec les perceptions élevées de déforestation, d'appauvrissement du sol et de raréfaction des ressources.

Cette divergence souligne la nécessité de distinguer **surface forestière** et **qualité écologique de la forêt**. Une zone enregistrée comme forêt dans une classification d'occupation du sol peut présenter différents degrés de perturbation, d'exploitation sélective ou de fragmentation. Vancutsem et al. (2021) ont montré à l'échelle pantropicale que la dégradation forestière constitue une composante majeure des changements des forêts humides et peut précéder leur déforestation complète. Shapiro et al. (2021) soulignent également que la condition forestière doit être évaluée au-delà de la seule présence d'un couvert identifié comme forestier.

Les perceptions des communautés peuvent en outre porter sur la raréfaction d'espèces utiles, l'éloignement progressif des ressources, la diminution du bois exploitable ou la dégradation des sols, phénomènes qu'une classification générale de l'occupation du sol ne détecte pas nécessairement.

Cette observation justifie l'intégration ultérieure d'indicateurs tels que le NDVI, la densité de lisière, la densité des taches, le Largest Patch Index et les changements diachroniques du couvert forestier.

4.5. Mise en défens : une superficie globalement limitée et fortement concentrée

L'inventaire des sites mis en défens révèle une autre caractéristique importante : leur distribution est extrêmement inégale. Les 18 sites couvrent environ 192,90 ha, mais sept concentrent 82,4 % de cette superficie. Le SITE_011 représente à lui seul plus du tiers de toute la superficie recensée.

La moyenne de 10,72 ha est donc fortement influencée par quelques grandes unités, comme le confirme une médiane de seulement 4,52 ha. En matière de planification écologique, le simple nombre de sites protégés constitue ainsi un indicateur insuffisant. Il convient également d'examiner leur taille, leur localisation, leurs relations avec les massifs forestiers environnants et leur contribution à la continuité écologique.

La présence d'un statut de gestion ou d'une réglementation ne constitue par ailleurs pas automatiquement une garantie de réduction des pertes forestières. À une autre échelle de gestion forestière en RDC, Chervier et al. (2024) n'ont pas mis en évidence de différence nette de déforestation et de dégradation entre certaines concessions forestières étudiées et leurs zones de comparaison. Bien que le contexte des concessions industrielles diffère de celui de la mise en défens communautaire, cette étude rappelle qu'une désignation administrative doit être accompagnée d'une mise en œuvre effective, d'un suivi et de mécanismes de gouvernance.

L'efficacité écologique des sites mis en défens de Fubu et Tsundi-Sud devra donc être démontrée par un suivi temporel comparant l'évolution de la végétation à l'intérieur et à l'extérieur des sites, idéalement à l'aide d'observations avant-après et de zones comparables non mises en défens.

4.6. Implications pour la gestion durable du Mayombe

Les résultats plaident pour une approche intégrée plutôt que pour une stratégie reposant uniquement sur l'interdiction d'accès aux ressources. La forte dépendance aux revenus et produits forestiers signifie que la conservation doit être accompagnée de solutions permettant de réduire progressivement la pression sur le couvert.

L'agroforesterie constitue l'une des options les mieux documentées localement (Mbumba Bandi et al., 2022). Elle pourrait être associée à l'amélioration des rendements agricoles sur les terres déjà cultivées afin de limiter l'expansion spatiale des défrichements.

Une seconde priorité concerne le bois-énergie. Dans la mesure où le charbonnage est fortement associé à l'utilisation de la forêt, l'amélioration de l'efficacité de la carbonisation, les plantations énergétiques, l'utilisation d'essences à croissance rapide dans les zones appropriées et les alternatives énergétiques pourraient contribuer à réduire les prélèvements.

Une troisième dimension concerne la gouvernance. Les sites de mise en défens devraient être intégrés dans un système local de suivi associant communautés, autorités coutumières, services techniques et organisations de conservation. Les données géoréférencées offrent la possibilité d'évaluer périodiquement l'état des sites et d'orienter les interventions vers les zones où la pression est la plus forte.

Enfin, les résultats indiquent que la conservation peut s'appuyer sur une base sociale favorable puisque la nécessité de renouveler les arbres est reconnue par une très large majorité des répondants. L'enjeu n'est donc pas seulement de sensibiliser, mais surtout de transformer cette disposition favorable en capacité réelle d'action.

5. Limites de l'étude

Plusieurs limites doivent être considérées dans l'interprétation de ces résultats. Premièrement, la composante socio-économique est transversale. Les associations observées et les perceptions déclarées ne permettent donc pas, à elles seules, de démontrer une relation causale entre la dégradation forestière et la diminution des revenus ou de la production agricole.

Deuxièmement, plusieurs indicateurs reposent sur les déclarations des répondants. Ils renseignent efficacement les perceptions et pratiques locales mais peuvent être exposés à des biais de mémoire ou de désirabilité sociale.

Troisièmement, les résultats disponibles ne permettent pas encore d'évaluer directement l'efficacité écologique de la mise en défens. Une telle démonstration nécessiterait des comparaisons temporelles et spatiales de végétation entre zones protégées et zones témoins.

Quatrièmement, la classification Sentinel-2 doit être accompagnée, dans la version définitive, d'une description détaillée de son algorithme et d'une évaluation de précision indépendante.

Cinquièmement, les analyses spatiales avancées prévues dans le protocole — autocorrélation globale de Moran, LISA, Getis-Ord G_i^* , métriques de fragmentation et analyse multicritère — devront être intégrées lorsqu'elles auront produit des résultats entièrement vérifiés.

6. Conclusion

Cette étude met en évidence la complexité des interactions entre conservation forestière et conditions de vie des communautés des secteurs de Fubu et Tsundi-Sud dans le Mayombe congolais. Les populations présentent une dépendance élevée vis-à-vis de l'agriculture, du bois-énergie et d'autres ressources forestières dans un contexte caractérisé par de faibles niveaux de revenus.

Parallèlement, les répondants identifient clairement plusieurs manifestations de dégradation : déforestation, appauvrissement des sols, réduction de la production agricole et diminution des activités forestières. Cette vulnérabilité écologique est donc étroitement liée à une vulnérabilité économique.

Toutefois, la reconnaissance quasi unanime de la nécessité de remplacer les arbres abattus montre qu'il existe un potentiel important d'adhésion aux actions de restauration. La mise en défens peut constituer l'un des instruments de cette restauration, mais sa contribution réelle ne peut être appréciée uniquement par le nombre de sites créés. La forte concentration des superficies dans quelques sites souligne la nécessité d'évaluer leur représentativité spatiale, leur connectivité, leur état de régénération et leur niveau réel de protection.

La gestion durable du Mayombe devrait ainsi reposer sur une combinaison de protection et de restauration des zones prioritaires, d'agroforesterie, d'amélioration des pratiques agricoles, de gestion durable du bois-énergie, de diversification des revenus et de gouvernance participative.

Le suivi géospatial périodique des zones mises en défens, associé à des indicateurs socio-économiques, permettrait de passer d'une logique de simple délimitation des espaces à une évaluation objective de leur efficacité écologique et sociale.

Déclarations

Approbation éthique et consentement à participer. Les informations relatives à l'autorisation éthique, au consentement libre et éclairé et aux dispositions prises pour garantir la confidentialité des répondants doivent être précisées avant la soumission.

Consentement à la publication. Sans objet pour les données anonymisées, sous réserve des exigences de la revue retenue.

Disponibilité des données. Les données ayant servi à l'étude peuvent être rendues disponibles par l'auteur correspondant sur demande raisonnable, sous réserve des règles institutionnelles applicables.

Financement. [À compléter.]

Conflits d'intérêts. Les auteurs déclarent [à confirmer] ne connaître aucun conflit d'intérêts susceptible d'avoir influencé ce travail.

Contributions des auteurs. [À compléter selon la taxonomie CRediT après établissement de la liste définitive des coauteurs.]

Références

- [1]. Bienu, S. A., Lubalega, T. K., Khasa, D. P., Kombi Kaviriri, D., Yang, L., Li, Y., Musibono Eyul'Anki, D., Kidikwadi Tango, E., & Belesi Katula, H. (2023). Floristic diversity and structural parameters on the forest tree population in the Luki Biosphere Reserve, Democratic Republic of Congo. *Global Ecology and Conservation*, 44, e02489. doi: 10.1016/j.gecco.2023.e02489.
- [2]. Chervier, C., Ximenes, A. C., Ntirumenyerwa Mihigo, B. P., & Doumenge, C. (2024). Impact of industrial logging concession on deforestation and forest degradation in the DRC. *World Development*, 173, 106393. doi: 10.1016/j.worlddev.2023.106393.
- [3]. Cirezi Cizungu, N. C., Bastin, J.-F., Tshibas, E., Lonpi, E. T., Chuma, G. B., Mugumaarhahama, Y., Sambieni, K. R., Karume, K. C., Lumbuenamo, R. S., & Bogaert, J. (2022). Contribution of 'human induced fires' to forest and savanna land conversion dynamics in the Luki Biosphere Reserve landscape, western Democratic Republic of Congo. *International Journal of Remote Sensing*, 43(17), 6406–6429. doi: 10.1080/01431161.2022.2138622.
- [4]. Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). Wiley.
- [5]. Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*, 120, 25–36. doi: 10.1016/j.rse.2011.11.026.
- [6]. Geist, H. J., & Lambin, E. F. (2002). Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*, 52(2), 143–150.
- [7]. Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. doi: 10.1016/j.rse.2017.06.031.
- [8]. Khoji Muteya, H., N'Tambwe Nghonda, D.-D., Mwamba Kalenda, F., Strammer, H., Munyemba Kankumbi, F., Malaisse, F., Bastin, J.-F., Useni Sikuzani, Y., & Bogaert, J. (2023). Mapping and quantification of Miombo deforestation in the Lubumbashi charcoal production basin (DR Congo): Spatial extent and changes between 1990 and 2022. *Land*, 12(10), 1852. doi: 10.3390/land12101852.
- [9]. Mangaza Nondo, L., Batsi, G., Peroches, A., Masson, C., Sonwa, D. J., Lhoest, S., Makana, J.-R., Hubau, W., Lejeune, P., & Fayolle, A. (2026). Dynamics and determinants of forest cover changes in the inner Congo basin. *Trees, Forests and People*, 23, 101126. doi: 10.1016/j.tfp.2025.101126.

-
- [10]. Mbumba Bandi, M., Bitijula Mahimba, M., Mafuka Mbe Mpie, P., Ntoto M'vubu, A. R., & Khasa, D. P. (2022). Adoption of agroforestry practices in and around the Luki Biosphere Reserve in the Democratic Republic of the Congo. *Sustainability*, 14(16), 9841. doi: 10.3390/su14169841.
- [11]. Molinario, G., Hansen, M., Potapov, P., Tyukavina, A., & Stehman, S. (2020). Contextualizing landscape-scale forest cover loss in the Democratic Republic of Congo (DRC) between 2000 and 2015. *Land*, 9(1), 23. doi: 10.3390/land9010023.
- [12]. Opelele Omeno, M., Ying, Y., Fan, W., Tolerant, L., Chen, C., & Kachaka, S. K. (2024). Household dependence on forest resources in the Luki Biosphere Reserve, Democratic Republic of Congo. *Environmental Management*, 74(2), 282–298. doi: 10.1007/s00267-024-01960-y.
- [13]. Shapiro, A. C., Bernhard, K. P., Zenobi, S., Müller, D., Aguilar-Amuchastegui, N., & d'Annunzio, R. (2021). Proximate causes of forest degradation in the Democratic Republic of the Congo vary in space and time. *Frontiers in Conservation Science*, 2, 690562. doi: 10.3389/fcosc.2021.690562.
- [14]. Sodalo, C., Lonpi Tipi, E., Obvala, R. R., Sambieni, K. R., Eloma, H. P., Lumande Kasali, J., & Akossou, Y. J. A. (2026). Resilience to food insecurity of local communities in the Luki Biosphere Reserve in Democratic Republic of Congo. *Tropicultura*, 44.
- [15]. Tyukavina, A., Hansen, M. C., Potapov, P., Parker, D., Okpa, C., Stehman, S. V., Kommareddy, I., & Turubanova, S. (2018). Congo Basin forest loss dominated by increasing smallholder clearing. *Science Advances*, 4(11), eaat2993. doi: 10.1126/sciadv.aat2993.
- [16]. Useni Sikuzani, Y., Mpanda Mukenza, M., Khoji Muteya, H., Cirezi Cizungu, N., Malaisse, F., & Bogaert, J. (2023). Vegetation fires in the Lubumbashi charcoal production basin (The Democratic Republic of the Congo): Drivers, extent and spatiotemporal dynamics. *Land*, 12(12), 2171. doi: 10.3390/land12122171.
- [17]. Vancutsem, C., Achard, F., Pekel, J.-F., Vieilledent, G., Carboni, S., Simonetti, D., Gallego, J., Aragão, L. E. O. C., & Nasi, R. (2021). Long-term (1990–2019) monitoring of forest cover changes in the humid tropics. *Science Advances*, 7(10), eabe1603. doi: 10.1126/sciadv.abe1603.