

Dynamique spatio-temporelle de la déforestation et des pressions anthropiques au sein du Parc Marin des Mangroves de Muanda en République Démocratique du Congo

Alain NGOY MUTOMBO¹, Fils MILAU EMPWAL^{2*}, Camille NSIMANDA IPEY², Benjamin MANDJO LINGBANDULU² et Christian IBOLOBOLO MOBALI³

¹ *Office Congolais de Contrôle, Laboratoire de chimie et microbiologie, BP 125 Kinshasa XI, République Démocratique du Congo*

² *Université de Kinshasa, Faculté des Sciences et Technologies, Mention Sciences et Gestion de l'Environnement, BP 190 Kinshasa XI, République Démocratique du Congo*

³ *Institut One health pour l'Afrique, Unité de Cartographie et Télédétection, BP 117 Kinshasa XI, République Démocratique du Congo*

(Reçu le 18 Février 2026 ; Accepté le 31 Mars 2026)

* Correspondance, courriel : filsmilau@gmail.com

Résumé

Cette étude évalue les impacts de la déforestation au sein du Parc Marin des Mangroves de Muanda (RDC). Les enquêtes socio-économiques et l'analyse diachronique d'images Landsat (2000-2025) révèlent une déforestation accélérée, une urbanisation croissante et une diminution marquée du couvert végétal. Les zones les plus dégradées sont associées à des pressions liées à la coupe de bois, l'agriculture et la pêche artisanale. Les résultats montrent une perte de 45 % de végétation haute et une expansion de 12 km² de surfaces bâties. L'étude met en évidence la relation entre les dynamiques humaines et les transformations écologiques, soulignant l'urgence de stratégies de gestion participative et de restauration écologique des mangroves.

Mots-clés : *dynamique, déforestation, parc marin, mangrove, Muanda.*

Abstract

Spatio-temporal dynamics of deforestation and anthropogenic pressures within the Muanda Mangrove Marine Park in the Democratic Republic of Congo

This study assesses the impacts of deforestation within the Muanda Mangrove Marine Park (DRC). Socio-economic surveys and diachronic analysis of Landsat images (2000-2025) reveal accelerated deforestation, increasing urbanisation and a marked decrease in vegetation cover. The most degraded areas are associated with pressures related to logging, agriculture and artisanal fishing. The results show a 45% loss of tall vegetation and a 12 km² expansion of built-up areas. The study highlights the relationship between human dynamics and ecological transformations, emphasising the urgent need for participatory management strategies and ecological restoration of mangroves.

Keywords : *dynamics, deforestation, marine park, mangrove, Muanda.*

1. Introduction

Les mangroves sont des écosystèmes de transition offrant une mosaïque fonctionnelle où interagissent les processus biogéochimiques, les dynamiques hydro-sédimentaires et les activités humaines [1, 2]. Reconnues pour leurs multiples services écosystémiques notamment : la séquestration du carbone, l'atténuation des risques côtiers, la régulation hydrologique, l'habitat des ressources halieutiques, etc. les mangroves sont de surcroît au cœur des stratégies d'adaptation au changement climatique et de conservation de la biodiversité [3]. A l'échelle mondiale, les mangroves couvrent environ 147 000 km² répartis dans plus de 120 pays tropicaux et subtropicaux [4]. Malgré leur importance écologique et socio-économique, elles figurent parmi les écosystèmes les plus menacés de la planète. Les estimations récentes indiquent qu'entre 1996 et 2020, près de 5245 km² de mangroves ont disparu sous l'effet combiné des changements d'usage des terres, de l'urbanisation, de l'aquaculture, des infrastructures côtières et des activités extractives [5]. Cette régression entraîne non seulement une perte de biodiversité mais également une diminution de la capacité de stockage du carbone bleu, estimé à plusieurs centaines de millions de tonnes de CO₂ à l'échelle mondiale [6]. Dans le paradigme contemporain de la résilience socio-écologique, les mangroves constituent des systèmes hybrides intégrant les dimensions écologiques, sociales et économiques. Cependant, cette résilience est mise à rude épreuve en Afrique, où les transformations anthropiques rapides dépassent leur capacité de régénération [7]. En Afrique de l'Ouest et du Centre, les mangroves sont soumises à une pression croissante liée à l'augmentation démographique, à l'exploitation du bois énergie, à l'expansion agricole, à la pêche intensive et aux activités industrielles. Plusieurs études rapportent que certaines zones côtières africaines ont perdu entre 20 et 35% de leurs superficies de mangroves aux cours des dernières décennies, avec des conséquences directes sur les moyens de subsistance des populations locales et sur la résilience des systèmes côtiers [8, 9].

En République Démocratique du Congo (RDC), le Parc Marin des Mangroves de Muanda (PMM), seule aire protégée côtière du pays, illustre parfaitement cette tension entre conservation et développement. Situé à l'embouchure du fleuve Congo, cet espace abrite des peuplements caractéristiques tels que *Rhizophora racemosa* et *Avicennia germinans*, qui assurent des fonctions écologiques vitales [10]. Cependant, l'intensification des pressions anthropiques constitue une menace majeure pour ces écosystèmes. En l'occurrence, ces pressions sont principalement liées à l'urbanisation non planifiée, à la pêche illégale, exercées par les activités humaines à l'occurrence l'exploitation forestière, illégale, à l'agriculture sur brûlis ainsi qu'aux activités d'extraction pétrolière, remettant ainsi en cause le modèle de gestion descendante (top-down) caractérisé par une faible inclusion des communautés locales. Le littoral de Muanda concentre en effet la quasi-totalité des activités portuaires et pétrolières du pays. Cette situation crée une forte compétition pour l'accès aux ressources naturelles et accentue la vulnérabilité des écosystèmes côtiers. Plusieurs auteurs ont montré que la conversion des mangroves en zones d'habitation, en espaces agricoles ou en infrastructures économiques constitue aujourd'hui l'un des principaux moteurs de leur dégradation dans la région [11, 12]. A cela s'ajoutent les effets du changement climatique, notamment l'élévation du niveau marin, l'érosion côtière et les modifications du régime des précipitations, susceptibles d'amplifier les pressions déjà existantes [13]. Selon Kangudia et al., les mutations spatiales observées dans les écosystèmes des mangroves de Moanda s'inscrivent dans le cadre du nexus climat-biodiversité-société, au sein duquel les interactions entre les changements d'usage des terres, la vulnérabilité économique et la variabilité climatique contribuent à l'amplification des risques écologiques [14]. Collectivement, ces processus témoignent d'un phénomène global de pression excessive sur les zones côtières, se traduisant par la privatisation du foncier, la marginalisation des pêcheurs artisanaux et la réduction de la connectivité écologique [15]. Malgré l'importance écologique du parc Marin des Mangroves de Muanda, les connaissances demeurent fragmentaires quant à l'ampleur spatio-temporelle de sa dégradation. Les études existantes se sont principalement focalisées sur les aspects floristiques, écologiques ou socio-économiques, l'évaluation des pressions anthropiques et la

quantification géospatiale des changements d'occupation du sol sur une longue période. Cette lacune limite la compréhension des mécanismes de dégradation et réduit la capacité des gestionnaires à mettre en œuvre des stratégies de conservation adaptées [16 - 18]. Dès lors, plusieurs questions demeurent ouvertes : quelles sont les principales pressions anthropiques responsables de la dégradation actuelle des mangroves de Muanda ? Comment ces pressions se distribuent-elles dans l'espace et évoluent-elles dans le temps ? dans quelle mesure les perceptions des populations locales convergent-elles avec les changements observés par télédétection ? Enfin, quelles implications ces dynamiques présentent-elles pour la conservation de la biodiversité et la gestion durable du Parc Marin des Mangroves ? Dans ce contexte, l'analyse des impacts anthropiques sur les mangroves ne peut saurait se limiter à une lecture purement biophysique : elle requiert une approche systémique intégrant une gouvernance environnementale participative et une planification écosystémique intégrée. Ainsi, la présente étude a pour objectif d'analyser la dynamique de dégradation des ressources biologiques et marines du Parc Marin des Mangroves en adoptant une approche pluridisciplinaire intégrant les outils géospatiaux. L'étude articule une analyse socio-économique basée sur les perceptions et pratiques locales liées à l'exploitation des ressources avec une analyse diachronique (2000-2025) des changements d'occupation du sol, réalisée à partir d'images Landsat.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu d'étude

Le site d'étude est le Parc Marin des Mangroves de la RDC localisé dans le territoire de Moanda dans la province du Kongo Central (Figure 1). Le PMM est subdivisé en deux zones : la zone A qui est de protection intégrale avec des mangroves à palétuviers et constituée d'îlots et de chenaux, la zone B qui est de protection partielle et est caractérisée par la savane humide dénudée. Le PMM constitue un site Ramsar depuis 18 janvier 1996. Le PMM jouit d'un climat subtropical humide avec une température moyenne annuelle de 23 °C (maximum absolu de 35,7 °C et le minimum absolu est de 10 °C) et des précipitations moyennes annuelles de 746 mm par an. L'altitude varie entre 0 (à l'océan) et 110 m [19, 20].

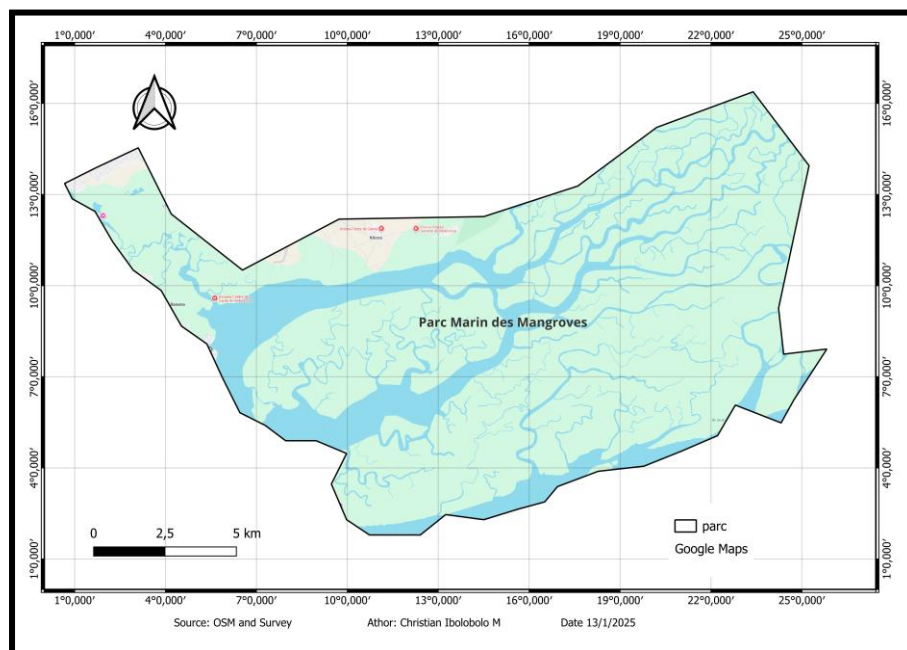


Figure 1 : Présentation du Parc Marin des Mangroves

2-2. Approche de l'étude

L'étude a été menée en utilisant une approche participative basée sur la perception des populations, les observations directes sur terrain et la revue de la littérature. L'approche utilisée consiste en deux étapes suivantes : la conduite des enquêtes et entretiens ainsi que la cartographie du PMM. Les enquêtes se sont déroulées dans sept villages situés en périphérie du PMM notamment : Kitona, Kinkenge, Mbondo, Kifuku, Kisongo, Kingalasa et Kimongowolo. Elles ont été administrées à l'aide de l'application KoboCollect, et organisées autour des questions principales sur : (i) l'identification des écosystèmes et habitats (Quels sont les écosystèmes et habitats présents dans le PMM ? Quels sont les services écosystémiques rendus par chacun des écosystèmes cités ? Quelles sont les activités économiques développées ? Quelles sont les tendances de l'évolution de l'état, des écosystèmes durant les dernières années et pour les années futures en supposant que le mode d'exploitation et de gestion ne change pas ? Quels sont les moteurs des changements observés durant les dernières années ? Les questionnaires ont ciblé les chefs de ménage et les acteurs clés des filières bois, pêche et agriculture, tandis que des entretiens semi-directifs ont été menés avec les agents du parc afin de recueillir des informations complémentaires sur la gestion et les pressions locales. L'analyse de la dynamique d'occupation du sol du PMM a requis la cartographie sur base des images satellites Landsat 5 TM (2000) et Landsat 9 OLI (2025). Ces images ont fait l'objet d'une photo-interprétation et d'une numérisation manuelle minutieuse. Elles ont été classées en 4 classes d'occupation du sol à l'aide d'une clé d'interprétation : plan d'eau, bâtiments, végétation haute, végétation basse.

2-3. Traitement des données

Les données collectées ont été traitées avec le logiciel R, suivant une approche inférentielle multivariée. Une Analyse des Composantes Multiples (ACM) a été appliquée afin d'identifier les principaux axes expliquant la variabilité des pressions humaines et de la perception environnementale selon les villages. Cette double approche a permis d'assurer à la fois la réduction de la dimensionnalité et la validation statistique des relations causales, limitant les biais d'interprétation. La classification des images Landsat a été réalisée par la méthode Random Forest. Ce choix repose sur sa robustesse face à la variabilité spectrale des données et sa capacité à limiter le surapprentissage [21, 22]. La numérisation des polygones s'est faite sur QGIS 3.10.11, à l'aide de l'extension / connexion XYZ Tiles. Les fichiers ont été sauvegardés sous forme shapefile (.shp), tableur (.xlsx) et partiellement Keyhole Markup Language (.kmz). Les superficies des classes ont été calculées pour 2000 et 2025. Leur comparaison a permis de quantifier et de localiser les changements opérés entre les deux années.

3. Résultats

3-1. Typologie des activités anthropiques exercées autour du PMM

Le **Tableau 1** présente une analyse inférentielle des caractéristiques socio-économiques des pratiques d'exploitation et des perceptions environnementales en fonction de l'état actuel des mangroves. Les résultats de cette étude mettent en évidence des différences statistiquement significatives entre les zones des mangroves dégradées et non dégradées, tant en ce qui concerne les activités socio-professionnelles des populations environnantes que les actions de protection et de gestion environnementale mises en œuvre. Dans les zones des mangroves dégradées, 18 % des habitants exercent des activités d'exploitation des bois, contre aucune proportion dans les zones non dégradées. En revanche, l'activité agricole y moins pratiquée, ne concernant que 38 % des enquêtés dans les zones dégradées, contre 64 % dans les zones non

dégradées. Par ailleurs, les stratégies de protection des mangroves varient significativement selon l'état de dégradation du milieu ($p < 0,001$). Dans les zones dégradées, les actions sont principalement axées sur la surveillance (26 %) et sur diverses interventions ponctuelles (48 %). En revanche, dans les zones non-dégradées, les actions de sensibilisation des populations locales constituent la stratégie dominante, représentant 47 % des initiatives mises en œuvre. Les résultats relatifs à la connaissance du cadre juridique mettent en évidence un constat à la fois paradoxal mais statistiquement. En effet, la proportion d'habitants déclarant connaître les lois et règlements relatifs à la protection des mangroves est plus élevée dans les zones dégradées (46%) que dans les zones non dégradées (19%), avec une différence statistiquement significative ($p = 0,011$). Concernant les pratiques de coupes de bois, les écarts observés entre les deux types de zones sont particulièrement marqués. Dans les zones des mangroves dégradées, la coupe des bois est jugée courante par 56% des enquêtés, contre seulement 22% dans les zones non dégradées. A l'inverse, la coupe des bois est perçue comme rare par une majorité d'enquêtés (61%) dans les zones non dégradées, alors qu'elle ne concerne que 20% des répondants dans les zones dégradées. Par ailleurs, les changements environnementaux diffèrent significativement selon l'état de dégradation des mangroves. Les habitants vivant à proximité des zones dégradées évoquent principalement la diminution du couvert végétal (34%) et la raréfaction des ressources halieutiques (38%). En revanche, dans les zones non dégradées, les répondants mentionnent davantage la pollution de l'eau (44%) ou déclarent n'observer aucun changement notable (36%). S'agissant de la perception de la dégradation des écosystèmes des mangroves, les résultats indiquent qu'elle varie en fonction de l'ancienneté de résidence dans la zone d'étude. Les ménages récemment installés avec une ancienneté de moins de cinq ans, perçoivent l'environnement comme étant très dégradé que ceux résidant dans la zone depuis plus de cinq ans.

Tableau 1 : Analyse comparative des activités anthropiques et des perceptions environnementales selon l'état de dégradation des mangroves

Etat actuel des Mangroves				
Caractéristiques	Non dégradé N = 36 ¹	Dégradé N = 50 ¹	Overall N = 86 ¹	p-valeur ²
Activités principales				0,012
Commerces	3 (8,3%)	4 (8,0%)	7 (8,1%)	
Agricultures	23 (64%)	19 (38%)	42 (49%)	
Pêches	10 (28%)	18 (36%)	28 (33%)	
Exploitation de bois	0 (0%)	9 (18%)	9 (10%)	
Actions prises				<0,001
Autre	5 (14%)	24 (48%)	29 (34%)	
Régulation	5 (14%)	6 (12%)	11 (13%)	
Surveillance	5 (14%)	13 (26%)	18 (21%)	
Sensibilisation	17 (47%)	4 (8,0%)	21 (24%)	
Reboisement	4 (11%)	3 (6,0%)	7 (8,1%)	
Connaissance de la loi				0,011
Non	29 (81%)	27 (54%)	56 (65%)	
Oui	7 (19%)	23 (46%)	30 (35%)	
Conservations				0,4
Non	13 (36%)	14 (28%)	27 (31%)	
Oui	23 (64%)	36 (72%)	59 (69%)	
Connaissance des mangroves				>0,9
Non	0 (0%)	1 (2,0%)	1 (1,2%)	
Oui	36 (100%)	49 (98%)	85 (99%)	
Coupe de bois				<0,001
Rare	22 (61%)	10 (20%)	32 (37%)	
Très courant	8 (22%)	28 (56%)	36 (42%)	
Limite	6 (17%)	12 (24%)	18 (21%)	
Engins de pêche				0,5
Non	32 (89%)	42 (84%)	74 (86%)	
Oui	4 (11%)	8 (16%)	12 (14%)	
Changements				<0,001
Aucun changement	13 (36%)	0 (0%)	13 (15%)	
Diminution de la couverture	3 (8,3%)	17 (34%)	20 (23%)	
Rareté des poissons	4 (11%)	19 (38%)	23 (27%)	
Pollution d'eau	16 (44%)	14 (28%)	30 (35%)	
¹ n (%)				
² test exact de q Fisher ; test du khi-deux d'indépendance				

3-2. Analyses des correspondances des variables socio-environnementales

L'analyse des correspondances multiples (ACM) met en évidence les relations entre les caractéristiques socio-professionnelles des enquêtés, les pratiques d'exploitation, les actions de protection, les perceptions des changements environnementaux et l'état de dégradation des mangroves (**Figure 2**). Les résultats révèlent une structuration des modalités selon deux axes principaux. L'axe 1 oppose sur la partie positive les modalités associées aux zones dégradées notamment l'exploitation du bois, la coupe jugée très courante, l'augmentation des pressions anthropiques, la diminution du couvert végétal ainsi que les impacts liés à la pollution. Ces modalités traduisent une forte pression sur les ressources naturelles et une dynamique de dégradation marquée du milieu. A l'inverse, le côté négatif de l'axe 1 est caractérisé par des modalités associées aux zones non dégradées, telles que la sensibilisation, la protection de la faune et la flore, la coupe de bois rare, l'absence des changements environnementaux notables ou encore la conservation des mangroves. Cet ensemble reflète un contexte de gestion plus préventive et une moindre intensité des usages extractifs. L'axe 2 semble davantage structurer les variables selon les perceptions environnementales et les profils socio-économiques. Les modalités liées à la raréfaction des ressources halieutiques, à la diminution du couvert végétal et à l'utilisation des engins de pêche se distinguent de celles associées à l'absence d'engins, aux changements perçus comme faibles et à certaines catégories socioprofessionnelles moins dépendantes des ressources forestières.

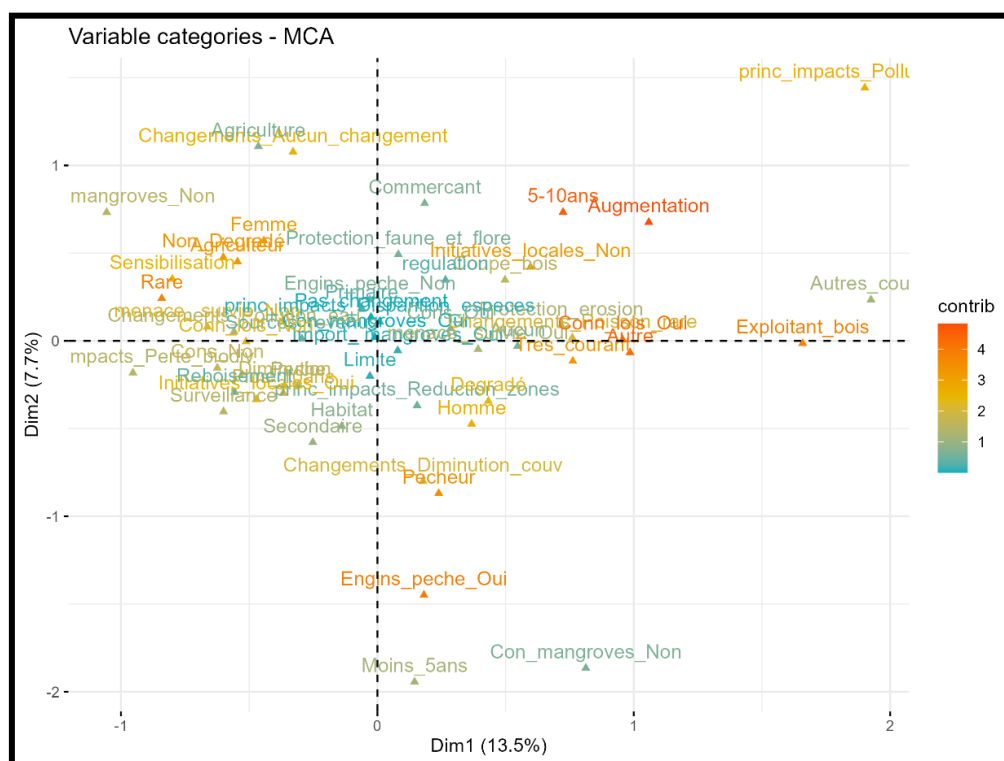


Figure 2 : Structuration des variables selon l'Analyse en composantes multiples (ACM)

3-3. Évaluation de la dynamique spatio-temporelle de la déforestation du PMM

3-3-1. Organisation spatiale des unités d'occupation du sol en 2000

La **Figure 3** illustre la répartition spatiale de la couverture terrestre du PMM en l'an 2000. Quatre grandes classes d'occupation du sol y sont distinguées ; la végétation haute, la végétation basse, les plans d'eau, la carte suivante montre une dominance nette de la végétation haute, qui occupe la majeure partie du territoire du parc. Cette formation végétale, correspondant essentiellement aux mangroves matures et aux formations forestières associées, est particulièrement bien représentée dans les zones centrales et méridionales, traduisant un état de conservation relativement satisfaisant du couvert végétal à cette période. La végétation basse apparait de manière plus diffuse, souvent en mosaïque avec la végétation haute. Elle est principalement localisée en périphérie des formations forestières denses et le long des axes hydrographiques, suggérant des zones de transition écologique, de régénération naturelle ou de perturbations modérées du milieu. Les plans d'eau, représentés par les chenaux, bras de mer et zones lagunaires, structurent fortement le paysage. Leur répartition met en évidence le rôle central du réseau hydrologique dans la dynamique écologique des mangroves. Enfin, les zones bâties bien que spatialement limitées sont concentrées principalement dans la partie Nord-ouest du parc. Cette localisation suggère une pression anthropique localisée, probablement liée aux établissements humains, aux infrastructures et aux activités socioéconomiques.

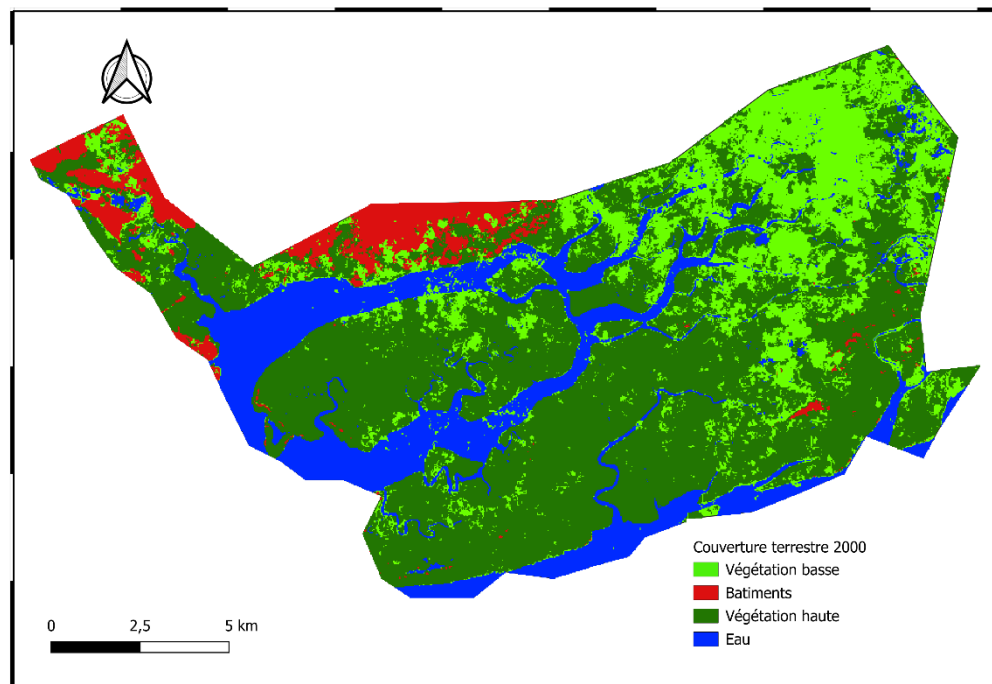


Figure 3 : Couverture terrestre du PMM en 2000

3-3-2. Dynamiques des flux des pertes d'occupation du sol entre 2000 et 2025

La **Figure** présente les dynamiques des flux de transition des classes d'occupation observées entre 2000 et 2025. Les classes considérées sont les bâtiments, les surfaces en eau, la végétation basse et la végétation haute. Il s'agit d'un diagramme illustrant les conversions entre classes sur une période de 25 ans. L'épaisseur des flux est proportionnelle aux superficies exprimées en hectares ; transférées d'une classe initiale en 2000 vers une classe finale en 2025. L'axe vertical indique les surfaces, tandis que l'axe horizontal distingue les deux dates d'observation. L'analyse des flux met en évidence des transformations significatives de la couverture végétale du PMM au cours de vingt-cinq dernières années. La végétation haute bien qu'encore dominante en 2000, enregistre des pertes substantielles au profit des autres classes, principalement la végétation basse et les zones bâties. Cette dynamique traduit un processus de dégradation progressive du couvert forestier, caractérisé par une fragmentation et une conversion partielle des formations denses vers des formations plus ouvertes ou vers des usages anthropiques. La transition de la végétation haute vers la végétation basse paraît comme l'un des flux les plus importants. Ce phénomène peut être interprété comme le résultat d'une exploitation forestière, d'un défrichement partiel ou d'une pression agricole croissante conduisant à une modification structurelle du paysage. Par ailleurs, l'augmentation relative des surfaces bâties suggère une intensification de l'urbanisation ou de l'implantation des infrastructures. Les flux provenant à la fois de la végétation haute et de la végétation basse vers la classe des bâties témoignent d'une progression de l'emprise anthropique sur l'espace naturel du PMM. Les surfaces en eau présentent également des transitions, bien que moins marquées comparativement aux dynamiques végétales. Ces changements peuvent refléter des modifications hydrologiques, des phénomènes d'ensablement ou d'inondations.

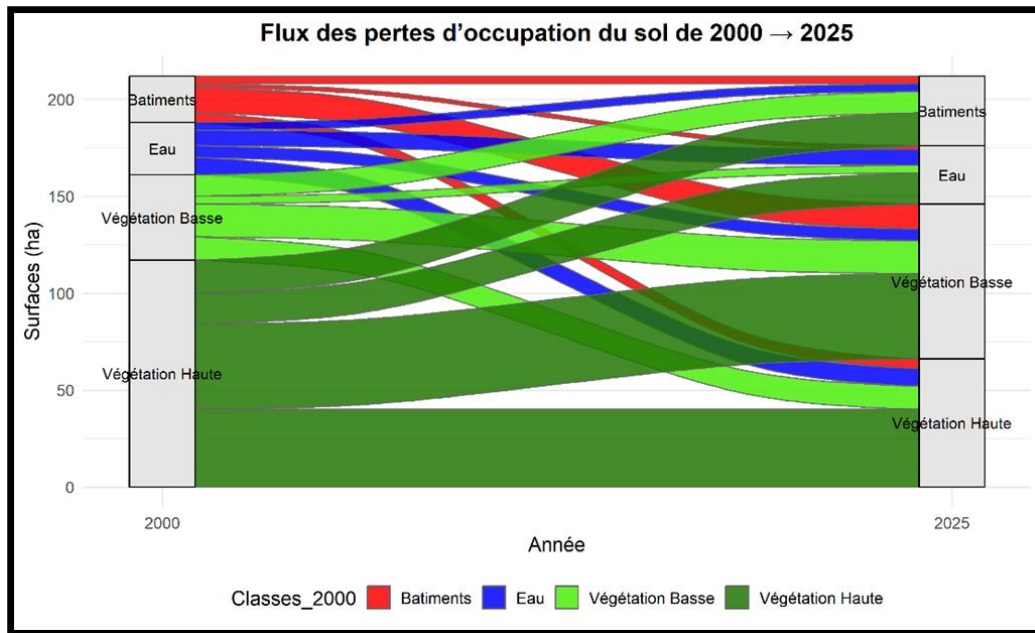


Figure 4 : *Pertes de couverture terrestre au cours de 25 dernières années*

3-3-3. Organisation spatiale des unités d'occupation du sol en 2025

La **Figure** illustre la répartition spatiale des principales classes d'occupation du sol du PMM de Muanda en 2025. Quatre unités sont identifiées : la végétation haute, la végétation basse, les surfaces en eau et les zones bâties. L'examen de la figure met en évidence une structuration territoriale largement dominée par les formations végétales, particulièrement la végétation haute qui couvre une portion substantielle du Parc marin. Cette prédominance témoigne du maintien d'importantes formations de mangroves. Toutefois, leur distribution révèle par endroits une certaine fragmentation, traduisant une interaction des dynamiques écologiques et anthropiques. La végétation basse s'organise en mosaïque autour des massifs de végétation haute et le long du réseau hydrologique. Cette disposition suggère l'existence des espaces soumis à des perturbations modérées. Les surfaces en eau dessinent un système hydrologique dense et sinueux typique des écosystèmes de mangrove. Les zones bâties apparaissent concentrées principalement dans la partie Nord-ouest du parc, avec quelques foyers isolés ailleurs. Cette configuration traduit une pression anthropique localisée mais significative.

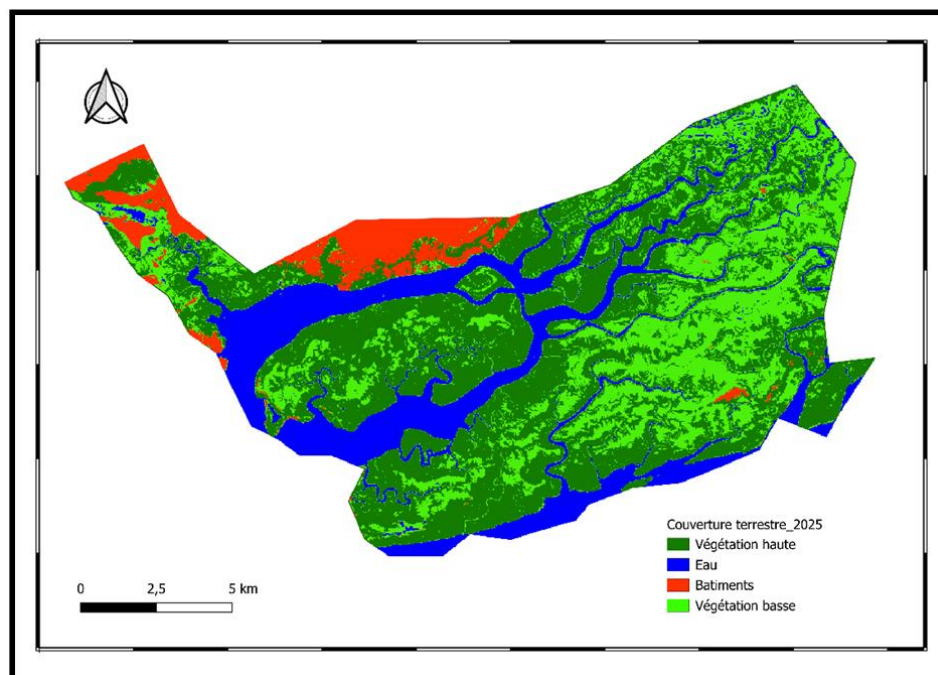


Figure 5 : Couverture terrestre du PMM en 2025

3-3-4. Dynamiques des flux des gains d'occupation du sol entre 2000 et 2025

La **Figure** présente les flux des gains de différentes classes d'occupation observées entre 2000 et 2025. Il s'agit d'un diagramme des flux illustrant les transitions des surfaces (exprimées en hectares) entre quatre classes : bâtiments, eau, végétation haute et végétation basse. L'analyse des flux met en lumière une recomposition significative du paysage entre 2000 et 2025. Les gains observés ne résultent pas d'une expansion isolée, mais des conversions entre classes, traduisant des dynamiques territoriales complexes. La classe des bâtiments enregistre des gains notables provenant des formations végétales, tant de formation haute et de formation basse. Cette tendance révèle une intensification de l'urbanisation ou de l'implantation des infrastructures au détriment des espaces naturels. La végétation basse apparaît également comme une classe bénéficiaire importante recevant des flux significatifs provenant de la végétation haute. Ce phénomène démontre une dégradation progressive du couvert forestier dense vers de formations plus ouvertes. Les surfaces en eau présentent des variations plus modérées, mais les flux indiquent néanmoins des ajustements spatiaux liés à des dynamiques hydrologiques ou à des transformations anthropiques des milieux riverains. En revanche, la végétation haute, bien qu'elle puisse enregistrer certains gains ponctuels, semble globalement céder des superficies au profit d'autres classes, en particulier la végétation basse et les bâtiments. Cette évolution souligne une tendance à la réduction qualitative du couvert forestier dense.

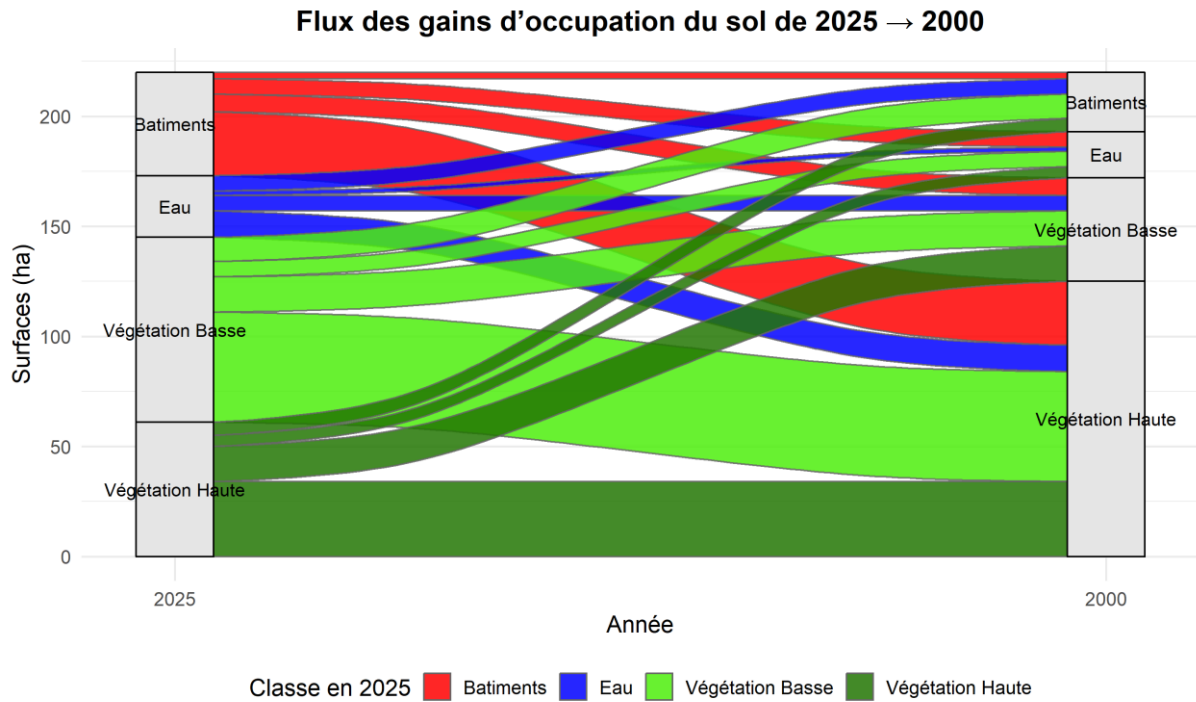


Figure 6 : *Flux des gains d'occupation du sol depuis 2000 à 2025*

3-3-5. Dynamiques des flux des pertes et des gains d'occupation du sol de 2000 à 2025

La **Figure** présente de flux globaux d'occupation du sol entre 2000 et 2025. A l'aide d'un diagramme des flux, elle illustre simultanément les pertes et gains enregistrés par quatre classes : eau, bâtiments, végétation basse et la végétation haute. L'analyse des flux une dynamique de transformation marquée par une distribution différenciée des superficies entre classes d'occupation du sol. La végétation haute bien qu'elle demeure l'élément dominant du paysage, enregistre des pertes notables au profit d'autres classes notamment la végétation basse et les bâtiments. Cette évolution traduit un processus de dégradation progressive du couvert végétal dense, caractérisée par une ouverture du milieu et une fragmentation accrue. La végétation basse apparait comme une classe intermédiaire, à la fois réceptrice et émettrice des flux. Elle bénéficie des conversions issues de la végétation haute, ce qui suggère un passage vers des formations secondaires ou dégradées. Toutefois, elle cède également des superficies notamment en direction des zones bâties, illustrant la pression constante des activités humaines sur les espaces naturels. Les bâtiments enregistrent gains perceptibles, principalement issus des formations végétales. Cette progression témoigne d'une intensification de l'urbanisation ou de l'implantation des infrastructures. Bien que les superficies des bâties demeurent inférieures à celles des formations végétales, leur dynamique ascendante constitue un indicateur significatif des mutations territoriales en cours. Les surfaces en eau présentent des variations relativement plus stables, mais certains flux indiquent des ajustements spatiaux pouvant être liés à des processus hydrologiques ou à des aménagements anthropiques.

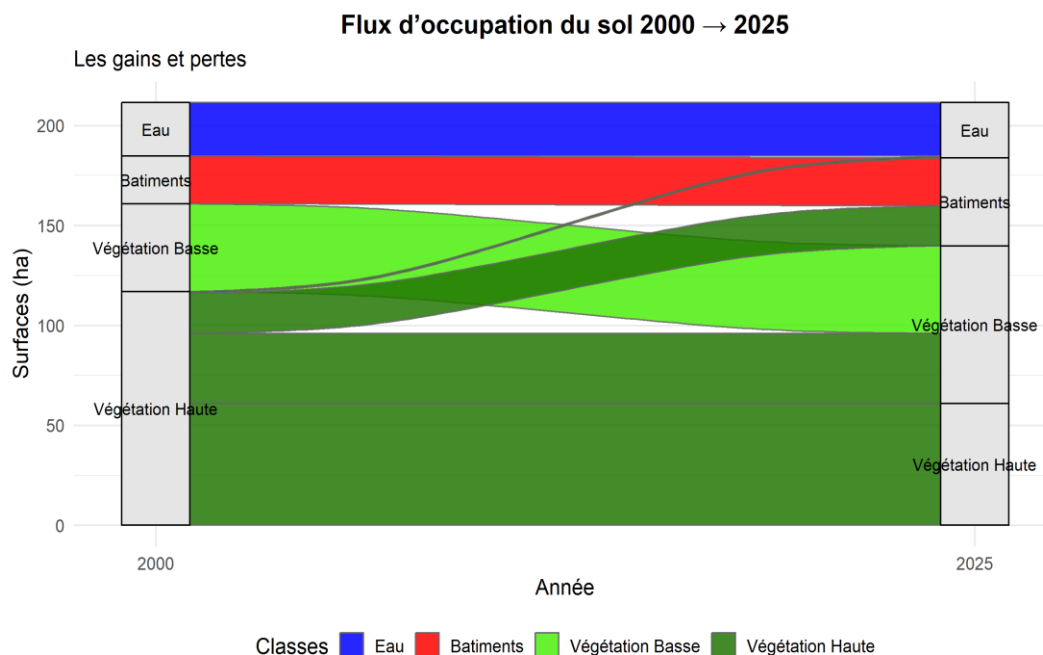


Figure 7 : Flux des pertes et des gains de la couverture terrestre de 2000 à 2025

4. Discussion

4-1. Une dégradation structurée par les dynamiques d'exploitation

Les résultats mettent en évidence une différenciation nette entre mangroves dégradées et non dégradées, révélant une structuration socio-écologique des pressions anthropiques. La proportion d'exploitants de bois, exclusivement observée dans les zones dégradées (18 % contre 0 %), confirme le rôle central de cette activité dans les processus de dégradation. Les travaux menés à Madagascar ont notamment montré que l'exploitation du bois constitue l'une des principales causes de perturbation des peuplements de mangroves et entraîne une diminution significative de la densité et de la structure forestière [23, 24]. À l'inverse, l'agriculture, bien que dominante globalement, est davantage associée aux zones non dégradées (64 % contre 38 % ; $p = 0,012$), suggérant une pression plus diffuse et moins directement destructrice. Cette observation rejoint les études indiquant que les impacts les plus sévères sur les mangroves résultent généralement des activités provoquant l'enlèvement direct du couvert forestier, notamment l'exploitation ligneuse et certaines conversions d'usage des terres [9]. Ces résultats confirment que la dégradation des mangroves ne résulte pas uniquement d'une intensité d'usage, mais surtout de la nature des activités exercées. L'exploitation ligneuse, en particulier lorsqu'elle est non régulée, agit comme un facteur déterminant en fragmentant le couvert végétal et en réduisant la biomasse. Les études réalisées à Madagascar, en Sierra Leone et en Afrique Australe montrent que les zones soumises à la coupe du bois présentent une diminution importante de la biomasse aérienne, de la densité des peuplements et des stocks de carbone par rapport aux mangroves [9, 11, 23]. Cette cartographie compromet plusieurs fonctions écologiques majeures des mangroves, notamment la séquestration du carbone, la protection côtière et le maintien de la biodiversité. Les mangroves dégradées présentent des stocks de carbone significativement plus faibles que les peuplements intacts, tandis que la perte de couverture végétale réduit leur capacité à atténuer les effets des changements climatiques et à assurer les services écosystémiques essentiels aux communautés côtières [25].

4-2. Intensification des prélèvements et basculement des systèmes écologiques

La fréquence des prélèvements de bois constitue un indicateur clé de la pression exercée sur les écosystèmes. Les prélèvements rares dominent dans les zones non dégradées (61 %), tandis que les prélèvements intensifs caractérisent les zones dégradées (56 % très courants). Cette tendance est cohérente avec les observations de Scales et Friess, qui ont montré que l'augmentation de la fréquence des coupes est associée à une dégradation accrue de la structure forestière des mangroves. De même, Zanvo *et al.* ont rapporté que les sites soumis à une forte intensité d'exploitation présentent une diminution de la densité des peuplements, des stocks de carbone et de la capacité de régénération, traduisant une pression anthropique plus importante sur l'écosystème [11, 23]. Cette opposition traduit un basculement d'un système à faible pression vers un système extractif intensif, typique des trajectoires de dégradation des mangroves tropicales. Ce basculement s'inscrit dans un processus de dégradation progressive, où la surexploitation entraîne une simplification de la structure végétale, favorisant la transition de mangroves matures vers des formations dégradées ou secondaires.

4-3. Perception locale et rétroaction socio-écologique

Les perceptions des populations locales renforcent l'interprétation écologique des résultats. Dans les zones dégradées, la diminution du couvert végétal (34 %) et la raréfaction des ressources halieutiques (38 %) témoignent d'une dégradation fonctionnelle des écosystèmes. Ces observations sont cohérentes avec les travaux dans le delta du Rufiji, où les communautés locales associent la dégradation des mangroves à une baisse de la disponibilité des poissons et à une perturbation des habitats côtiers dépendant de la structure végétale des mangroves [17]. À l'inverse, dans les zones non dégradées, la pollution de l'eau est davantage évoquée (44 %), suggérant une pression environnementale différente mais moins directement liée à la structure de la mangrove. Cette distinction rejoint les résultats observés au Cameroun, où les populations locales identifient simultanément la dégradation des mangroves et la pollution comme des facteurs affectant la qualité de l'eau et les ressources halieutiques. Ces études montrent que les communautés ne décrivent pas seulement une perte de couverture végétale, mais une dégradation fonctionnelle globale des services écosystémiques, notamment la pêche, la régulation hydrologique et la qualité des habitats aquatiques [26]. Ces observations mettent en évidence un système de rétroaction socio-écologique, dans lequel la dégradation des mangroves affecte directement les ressources halieutiques, compromettant les moyens de subsistance et pouvant conduire à une intensification des pratiques extractives.

4-4. Transformation de l'occupation du sol : une anthropisation progressive

L'analyse diachronique de l'occupation du sol met en évidence une transformation significative du paysage au cours des 25 dernières années. L'augmentation des surfaces bâties, passées de 3 à 15 km², ainsi que l'extension des plans d'eau (+5 km²), s'accompagnent d'une régression notable des formations végétales, en particulier de la végétation haute, qui enregistre une perte de 11 km². Ces évolutions traduisent une anthropisation progressive du territoire, caractérisée par une expansion des infrastructures, une réduction du couvert végétal et une transformation graduelle des milieux naturels. Contrairement aux dynamiques de déforestation brutale observées dans d'autres contextes tropicaux, les changements mis en évidence ici relèvent davantage d'un processus diffus et progressif de dégradation, ce qui en complique à la fois la détection et la mise en œuvre de stratégies de gestion adaptées.

4-5. Gouvernance, limites et implications

Malgré une connaissance quasi généralisée des mangroves au sein des populations enquêtées, les résultats mettent en évidence une dissociation marquée entre les savoirs et les pratiques, en particulier dans les zones dégradées où les mesures de gestion apparaissent limitées, peu structurées et insuffisamment opérationnelles. Cette situation traduit un déficit de gouvernance environnementale, renforcé par des comportements de dissimulation liés à la pression institutionnelle, susceptibles d'affecter la fiabilité des déclarations. Par ailleurs, plusieurs limites doivent être prises en compte dans l'interprétation des résultats, notamment l'existence de biais déclaratifs inhérents aux enquêtes de terrain, l'absence de quantification directe de la biomasse végétale, ainsi que les difficultés de comparaison stricte entre les classifications d'occupation du sol utilisées dans cette étude et celles des travaux antérieurs.

5. Conclusion

L'ensemble des résultats met en évidence une dégradation progressive et multifactorielle du Parc Marin des Mangroves de Muanda (PMM), où les pressions anthropiques, notamment l'exploitation du bois et l'urbanisation, constituent les principaux moteurs de transformation. La forte présence d'exploitants forestiers dans les zones dégradées (18 %) et la fréquence élevée des coupes (56 %) traduisent une pression directe sur les écosystèmes, confirmée par la diminution significative du couvert végétal et la rareté des ressources halieutiques perçues localement. Sur le plan spatial, la hausse de 12 km² des surfaces bâties et la réduction combinée de 17 km² des zones végétalisées témoignent d'une artificialisation accélérée du paysage, en cohérence avec les observations antérieures (Mbiya Kangudia et al., 2024 ; Tungi Tungi et al., 2024). Toutefois, cette étude va plus loin en offrant une analyse différenciée de la végétation haute et basse, et en intégrant des données sociales permettant de relier directement les dynamiques humaines aux changements biophysiques. Ainsi, notre recherche enrichit la compréhension du fonctionnement socio-écologique du PMM en apportant une lecture fine et intégrée des transformations du territoire. Ces résultats soulignent l'urgence de renforcer les mesures de gestion participative et de restauration écologique, tout en encadrant les activités extractives afin d'assurer la durabilité des mangroves et des ressources qu'elles abritent.

Références

- [1] - The world's mangroves 2000–2020. FAO, 2023. doi: 10.4060/cc7044en
- [2] - S. Y. LEE *et al.*, « Ecological role and services of tropical mangrove ecosystems: a reassessment », doi: 10.1111/geb.12155
- [3] - D. C. DONATO, J. B. KAUFFMAN, D. MURDIYARSO, S. KURNIANTO, M. STIDHAM et M. KANNINEN, « Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics », *Nature Geosci.*, Vol. 4, N° 5 (mai 2011) 293 - 297 p., doi: 10.1038/ngeo1123
- [4] - C. E. LOVELOCK *et al.*, « Mangrove biodiversity and ecosystem services », *Nat. Rev. Biodivers.*, Vol. 1, N° 12 (déc. 2025) 772 - 787 p., doi: 10.1038/s44358-025-00103-3
- [5] - A. P. D. AGUIAR *et al.*, « Land use change emission scenarios: anticipating a forest transition process in the Brazilian Amazon », *Global Change Biology*, Vol. 22, N° 5 (2016) 1821 - 1840 p., doi: 10.1111/gcb.13134

- [6] - L. GOLDBERG, D. LAGOMASINO, N. THOMAS et T. FATOYINBO, « Global declines in human-driven mangrove loss », *Global Change Biology*, Vol. 26, N° 10 (2020) 5844 - 5855 p., doi: 10.1111/gcb.15275
- [7] - J. J. KELLEWAY *et al.*, « Review of the ecosystem service implications of mangrove encroachment into salt marshes », *Global Change Biology*, Vol. 23, N° 10 (2017) 3967 - 3983 p., doi: 10.1111/gcb.13727
- [8] - Global Forest Resources Assessment 2020. FAO, (2020). doi: 10.4060/ca9825en
- [9] - D. R. RICHARDS, B. S. THOMPSON et L. WIJEDASA, « Quantifying net loss of global mangrove carbon stocks from 20 years of land cover change », *Nat Commun*, Vol. 11, N° 1 (août 2020) 4260 p., doi: 10.1038/s41467-020-18118-z
- [10] - J. LUZOLO, C. MASIVI, P. MADIBI, M. KIBWILA et J. KIMVULA, « Mapping the land cover dynamics of the Moanda Mangrove Marine Park in Central Kongo Province, DRC from 2002 to 2020 », *Pirineos*, Vol. 179, (déc. 2024) e081 p., doi: 10.3989/pirineos.2024.179.346
- [11] - S. M. G. ZANVO, K. V. SALAKO, S. MENSAH et R. GLÈLÈ KAKAÏ, « Impacts of harvesting intensity on carbon allocation to species, size classes and pools in mangrove forests, and the relationships with stand structural attributes », *Ecological Indicators*, Vol. 155, (nov. 2023) 111037 p., doi: 10.1016/j.ecolind.2023.111037
- [12] - I. VALIELA, J. L. BOWEN et J. K. YORK, « Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments: At least 35% of the area of mangrove forests has been lost in the past two decades, losses that exceed those for tropical rain forests and coral reefs, two other well-known threatened environments », *BioScience*, Vol. 51, N° 10 (oct. 2001) 807 - 815 p., doi: 10.1641/0006-3568(2001)051[0807:MFOOTW]2.0.CO;2
- [13] - H.-O. PÖRTNER *et al.*, Éd., *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, (2022)
- [14] - J. M. KANGUDIA et J. O. AMBUR, « Étude de la dynamique spatio-temporelle du Parc Marin des Mangroves (PMM) à la côte Atlantique de Muanda, RD Congo »
- [15] - S. M. NDAMBA, « Programme de Petites Initiatives PPI »
- [16] - H. SHIBATA *et al.*, « Consequence of altered nitrogen cycles in the coupled human and ecological system under changing climate: The need for long-term and site-based research », *AMBIO*, Vol. 44, N° 3 (avr. 2015) 178 - 193 p., doi: 10.1007/s13280-014-0545-4
- [17] - B. P. NYANGOKO, H. BERG, M. M. MANGORA, M. GULLSTRÖM et M. S. SHALLI, « Community Perceptions of Mangrove Ecosystem Services and Their Determinants in the Rufiji Delta, Tanzania », *Sustainability*, Vol. 13, N° 1 (janv. 2021) 63 p., doi: 10.3390/su13010063
- [18] - F. M. SOPER, R. A. MACKENZIE, S. SHARMA, T. G. COLE, C. M. LITTON et J. P. SPARKS, « Non-native mangroves support carbon storage, sediment carbon burial, and accretion of coastal ecosystems », *Global Change Biology*, Vol. 25, N° 12 (2019) 4315 - 4326 p., doi: 10.1111/gcb.14813
- [19] - F. BENGÀ NTEDIKA, « Analyse des Pratiques anthropiques et de la réglementation de l'accès aux mangroves de Moanda en République Démocratique du Congo : Perceptions et enjeux de conservation », *Rev. Cong. Sci. Technol*, Vol. 5, N° 1 (avr. 2026) 20 - 28 p., doi: 10.59228/rcst.026.v5.i1.217
- [20] - G.-S. KIALA LUTONADIO, « Hydroclimatic and Anthropogenic Threats to the Mangroves of Moanda in the Democratic Republic of the Congo », *Rev. Cong. Sci. Technol*, Vol. 5, N° 2 (juill. 2026) 641 - 650 p., doi: 10.59228/rcst.026.v5.i2.274
- [21] - G. LOUPPE, « Understanding Random Forests: From Theory to Practice », 3 juin 2015, *arXiv*: arXiv:1407.7502. doi: 10.48550/arXiv.1407.7502

- [22] - J.-M. NGUYEN *et al.*, « Random forest of perfect trees: concept, performance, applications and perspectives », *Bioinformatics*, Vol. 37, N° 15 (août 2021) 2165 - 2174 p., doi: 10.1093/bioinformatics/btab074
- [23] - I. R. SCALES et D. A. FRIESS, « Patterns of mangrove forest disturbance and biomass removal due to small-scale harvesting in southwestern Madagascar », *Wetlands Ecol Manage*, Vol. 27, N° 5 (déc. 2019) 609 - 625 p., doi: 10.1007/s11273-019-09680-5
- [24] - A. MACHITE et J. ADAMS, « Carbon stocks in vegetated and disturbed mangrove stands », *Regional Studies in Marine Science*, Vol. 89, (déc. 2025) 104359 p., doi: 10.1016/j.rsma.2025.104359
- [25] - L. C. HUBER *et al.*, « Human-driven degradation impacts on mangroves in southern Sierra Leone », *Trees, Forests and People*, Vol. 14, (déc. 2023) 100445 p., doi: 10.1016/j.tfp.2023.100445
- [26] - A. NFOTABONG-ATHEULL, N. DIN, L. G. ESSOMÈ KOUM, B. SATYANARAYANA, N. KOEDAM et F. DAHDOUH-GUEBAS, « Assessing forest products usage and local residents' perception of environmental changes in peri-urban and rural mangroves of Cameroon, Central Africa », *J Ethnobiology Ethnomedicine*, Vol. 7, N° 1 (déc. 2011) 41 p., doi: 10.1186/1746-4269-7-41