

Evaluation de l'Impact des Activités Anthropiques Sur la Séquestration de Carbone dans le Parc National Du Mont Sangbé, en Côte d'Ivoire

Tra Bi Tra Jeannot

Doctorant, Université Jean Lorougnon Guédé,
UFR Agroforesterie, Ivorien, Man, Côte d'Ivoire

Kouassi Kouadio Henri

Maître de Conférences, Enseignant-Chercheur à l'Université Jean Lorougnon
Guédé, UFR Agroforesterie, Ivoirien, Daloa, Côte d'Ivoire

Keulai Minty Celestin

Officier forestier à l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR) Ivoirien
(à la retraite), Soubré, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n6p367](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n6p367)

Submitted: 04 November 2022

Accepted: 22 February 2023

Published: 28 February 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Jeannot T.B.T., Henri K.K. & Celestin K.M. (2023). *Evaluation de l'Impact des Activités Anthropiques Sur la Séquestration de Carbone dans le Parc National Du Mont Sangbé, en Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (6), 367.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n6p367>

Résumé

La présente étude concerne l'évaluation de l'impact des activités anthropiques sur la capacité de séquestration du carbone du Parc National du Mont Sangbé (PNMS) fortement anthropisé. L'objectif principal était de contribuer à l'estimation de l'effet des activités anthropiques sur la capacité de séquestration du carbone du PNMS. Plus spécifiquement, il s'agissait : (1) de caractériser les activités anthropiques responsables de la dégradation du PNMS et (2) d'estimer l'impact de ces activités sur la capacité de séquestration du carbone du PNMS. Pour mener à bien l'étude, nous avons utilisé un dispositif d'échantillonnage composé de 14 blocs carrés de 1 ha chacun, comprenant chacun 100 parcelles carrées de 100 m² (10 mx 10 m). La collecte des données a été effectuée à l'aide d'un échantillonnage direct. Les activités anthropiques (exploitation agricole et forestière, prélèvement des ligneux pour divers besoins domestiques, feux de brousse, défrichements et pâturage) dont les plus incidentes sont les pratiques agricoles, ont provoqué la destruction

massive des espèces ligneuses arborescentes dans le PNMS. Cela a occasionné une perte de capacité de séquestration du carbone du PNMS estimée à 43 tC/ha. Pour remédier à cette situation, il a été recommandé d'intensifier la surveillance du PNMS, la sensibilisation des populations et de développer des micro-projets pour les riverains.

Mots-clés: Impact, Activités anthropiques, Espèces Arborescente, Biomasse, Taux de carbone

Assessment of the impact of anthropogenic activities on carbon sequestration in the Mont Sangbé National Park, Côte d'Ivoire

Tra Bi Tra Jeannot

Doctorant, Université Jean Lorougnon Guédé,
UFR Agroforesterie, Ivorien, Man, Côte d'Ivoire

Kouassi Kouadio Henri

Maître de Conférences, Enseignant-Chercheur à l'Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Ivoirien, Daloa, Côte d'Ivoire

Keulai Minty Celestin

Officier forestier à l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR) Ivoirien (à la retraite), Soubré, Côte d'Ivoire

Abstract

The present study concerns the evaluation of the impact of anthropogenic activities on the carbon sequestration capacity of the highly anthropized Mont Sangbé National Park. The main objective was to contribute to the estimation of the effect of anthropogenic activities on the carbon sequestration capacity of the MSNP. Specifically, it was to : (1) characterize the anthropogenic activities responsible for the degradation and (2) estimate the impact of these activities on the carbon sequestration capacity of the MSNP. To conduct the study, we used a sampling design consisting of 14 square blocks of 1 ha each, each comprising 100 square plots of 100 m² (10 m x 10 m). Data collection was conducted using direct sampling. Anthropogenic activities, of which the most incidental are agricultural practices, have caused massive destruction of woody tree species in the SMNP. This has resulted in a reduction in the density, land area and diameter structure of woody stands on impacted sites. This has resulted in an estimated loss of carbon sequestration capacity of 43 tC/ha across the park. To remedy

this situation, it was recommended to intensify the monitoring of the park, raise awareness and develop micro-projects for the local populations.

Keywords: Impact, Anthropogenic activities, Tree species, Biomass, Carbon rate

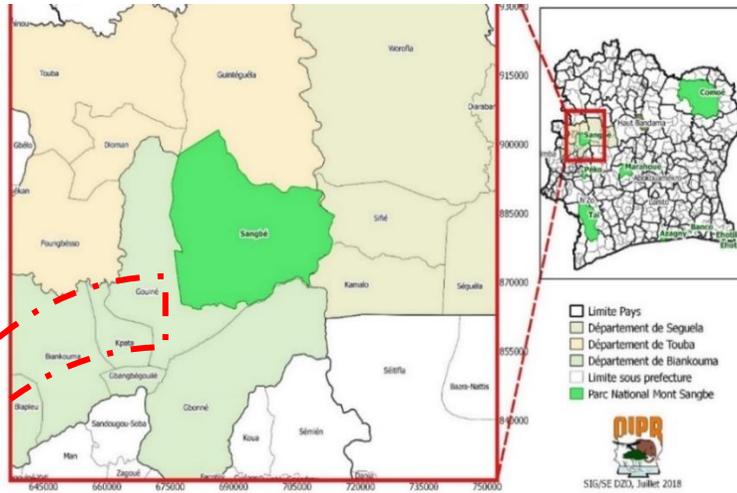
Introduction

La crise environnementale mondiale de ces dernières décennies, caractérisée par la perte drastique d'immenses étendues de forêt à travers le monde (FAO, 2010; WWF, 2016), n'a pas épargné la côte d'Ivoire. De 16 millions d'ha de forêts dans les années 1900, ce pays est passé à 3 millions en 1991, puis de nos jours à environ 2,5 millions d'ha (Kassoum, 2018). Au niveau des parcs nationaux et réserves naturelles qui bénéficient d'un statut de protection (OIPR, 2002), le bilan est alarmant. La plupart de ces sites ont fait objet de divers pillages des ressources naturelles et d'intense déforestation. D'importantes superficies forestières y ont été défrichées au profit de l'exploitation agricole et diverses activités anthropiques y ont été perpétrées (Virginie et al., 2012; PNUE, 2015). Le Parc National du Mont Sangbé objet de la présente étude, est situé à l'ouest de la Côte d'Ivoire et appartient à l'une des 18 zones tropicales d'importance mondiale pour leur biodiversité (Michael et al., 2016). Les dégâts occasionnés par les activités humaines dans ce parc ont été considérables (Anonyme, 2012). Les infiltrations agricoles clandestines massives qui ont eu lieu sur ce site durant la période de crise de 2002 à 2012, ont provoqué de graves dégradations des ressources naturelles et occasionné la disparition d'importantes superficies de forêt et de savane au profit des plantations de cacao et de cultures vivrières (Anonyme, 2014). Des feux de brousse récurrents d'origine anthropique, ont également été enregistrés sur ce site. On note de ce fait une importante destruction des espèces ligneuses arborescentes dans le PNMS. Vu que ces espèces interviennent principalement dans la séquestration de carbone (Anobla & N'Dja, 2016; Saj & al., 2013), l'on cherche à mesurer l'impact de ces dégradations sur la capacité de séquestration de carbone du PNMS. C'est le but de la présente étude. L'objectif général est de mesurer l'impact de la perte massive des essences forestières ligneuses arborescentes due aux activités anthropiques sur la capacité de séquestration de carbone du PNMS. De façon spécifique, il s'est agi, (1) de caractériser les activités anthropiques responsables de la dégradation du PNMS, (2) d'évaluer la quantité de carbone séquestrée dans les différents milieux impactés.

Matériel et méthodes

Milieu d'étude

Le Parc National du Mont Sangbé (PNMS), d'une superficie totale de 97 554 ha, est situé à l'Ouest de la Côte d'Ivoire entre 7°51' et 8°10' de latitude nord et 7°03' et 7°23' de longitude ouest. Il est à cheval entre les départements de Biankouma (S/P de Biankouma et Gbonné), de Touba (S/P de Founghesso, Guintéguéla et de Touba) et de Sifié (Figure 1). Il comporte 33,5 km de limites conventionnelles, 102 km de limite constituées par les cours d'eau et 5 km de limite en pistes (Laugnie, 2007). Selon Guillaumet et Adjanohoun (1971) le PNMS est situé dans la zone de transition entre la forêt dense humide sempervirente du domaine ombrophile, et les forêts claires et savanes du secteur subsoudanais. Le climax dominant de la partie sud du parc est la forêt dense humide semi-décidue et pour la partie nord, la forêt claire. Les sols sont ferrallitiques fortement désaturés dans la partie sud-ouest et moyennement désaturés dans les autres parties du parc. Le climat est de transition entre les climats subéquatoriaux à deux saisons de pluie et les climats tropicaux à une seule saison de pluie. La saison sèche dure cinq à six mois et la saison pluvieuse sept mois avec une pluviométrie annuelle de 1100 et 1600 mm d'eau. Le réseau hydrographique est dominé par le fleuve Sassandra à l'est et ses affluents (Bafing au sud et Baba au nord). Les populations de la zone d'étude ont pour principale activité l'agriculture dominée par les cultures vivrières (le manioc, le taro, le riz et le maïs). Les cultures pérennes, quant à elles, sont constituées en grande partie de plantations de caféiers, de cacaoyers, d'anacardiés et d'hévéas. On note dans les villages riverains l'élevage traditionnel des bovins, ovins, caprin et volaille (Laugnie, 2007).



Source: Service suivi écologique de la Direction de Zone Ouest de l'OIPR

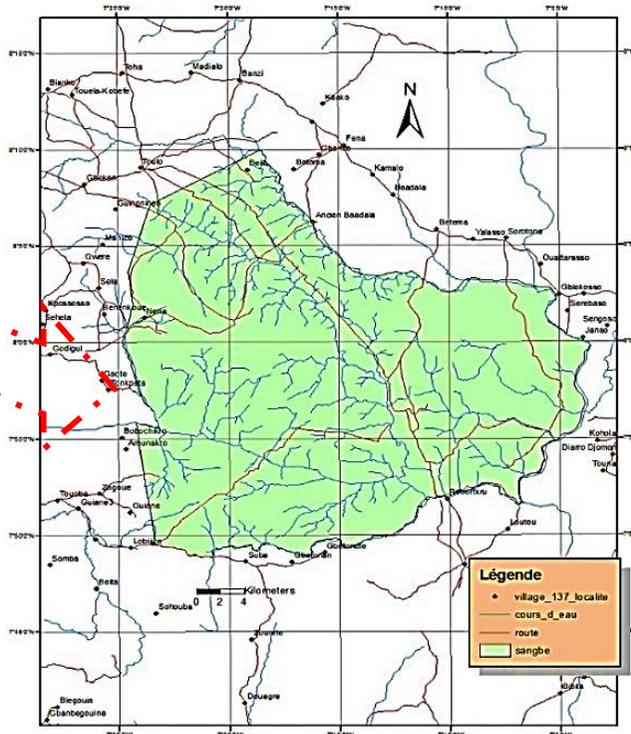


Figure 1. Situation géographique du Parc National du Mont Sangbé

Méthodes

Inventaire de la flore ligneuse arborescente

Choix des sites d'inventaire

Le choix des sites d'inventaire floristique a été réalisé à partir d'une carte d'occupation de sol (Figure 3) et des informations recueillies lors de l'enquête en milieu riverain et les missions de terrain. Il a été tenu compte de la présence ou non d'indices d'activités humaines et du type de formation végétale (savane, forêt claire, forêt dense, forêt galerie ou ripicole). Des sites témoins non impactés ont été choisis dans chaque type de formation végétale pour mieux estimer l'effet des impacts (Figure 2).

Dispositif d'échantillonnage

Pour collecter les données floristiques, des blocs d'un hectare chacun (100m x100m) subdivisé en 100 placettes carrés de 100 m² (10m x 10m) chacun (Figure 2) ont été installés sur les sites à inventorier. Au total 14 blocs d'inventaire ont été disposés dans la zone d'étude. 07 en zone de forêt dense (3 dans les jachères, 3 dans les forêts secondaires et 01 sur le site témoin); 03 en forêt claire (01 site de feu de brousse, 01 dans jachère et 01 sur le site témoin); 02 en forêt ripicole (01 dans jachère, 01 site témoin) et 02 en zone de savane (01 site de pâturage et 01 site témoin). (Figure 3).

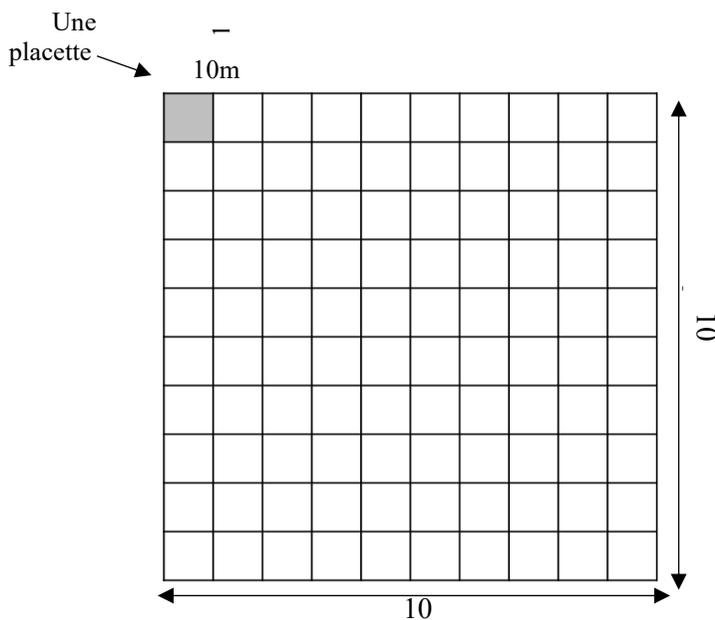
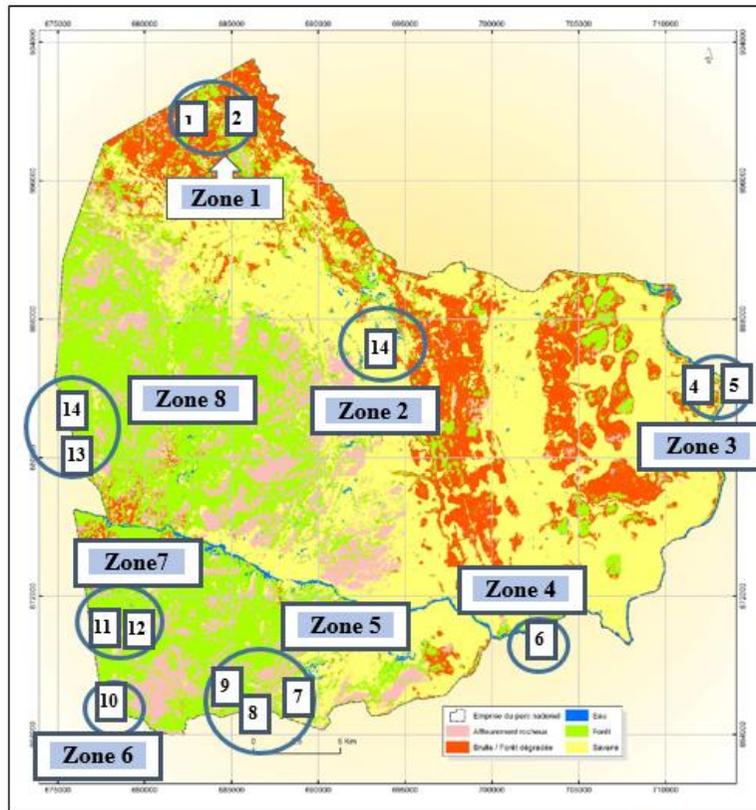
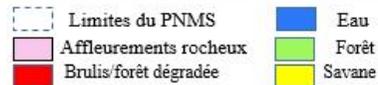


Figure 2. Schema d'une placette et d'un bloc d'inventaire



(Source : Kassi, 2017).



LEGENDE

Zone 1 : Site de feu de brousse avec le bloc feu BF (1) et bloc témoin des forêts claires BTFC (2) ;

Zone 2 : Site d’exploitation agricole en savane boisée ou forêt claire BAS (3) ;

Zone 3 : Site de pâturage des pâturage BP (4) et le bloc de pâturage témoin BPT (5) ;

Zone 4 : zone de forêt ripicole témoin BFRT (6) ;

Zone 5 : forêt dense: blocs défrichement BDA (7), prélèvement BPL (8) et agricoles BAFD (9) ;

Zone 6 : forêt ripicole : impacté par les pratiques agricoles avec le bloc BFRA (10)

Zone 7 : forêt dense :défrichement recent BDR (11) et exploitat. agricole et forestière BEAF (12)

Zone 8 : de forêt dense : exploitation forestière BEF (13) et le bloc témoin de forêt dense (BTFD).

Figure 3. Carte de situation de l’ensemble des sites inventoriés par l’étude

Inventaire floristique

La collecte des données floristiques a été réalisée en combinant deux méthodes de relevée à savoir, la méthode de relevé de surface et celle des relevés itinérants. La méthode de relevé de surface a consisté à délimiter des placettes carrées de 100 m² (10 m x 10 m) sur chaque site. A l'intérieur de chaque placette, toutes les espèces ligneuses arborescentes de dbh \geq 10cm à 1,30m au-dessus du sol ont été identifiées, leurs noms ont été notés et le nombre d'individus compté. Les hauteurs des ligneux ont été estimées à l'aide de jalons emboitables de 2m chacun. Entre deux placettes, des inventaires itinérants ont été réalisés le long des pistes et des cours d'eaux, etc., dans le but de compléter la liste floristique générale. Les espèces non identifiées sur place ont été photographiées, puis des échantillons ont été récoltés et mis en herbier durant la campagne d'échantillonnage. Ces taxons ont été identifiés plus tard à partir de l'herbier de référence de l'Université Jean Lorougnon Guédé et Centre National Floristique de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody.

Collecte des données des activités anthropiques

Pour déterminer la typologie des activités anthropiques, une enquête a été menée dans les villages riverains et auprès des gestionnaires du parc. A cela s'ajoutent des missions d'observation de terrain organisées dans le PNMS. Au cours de l'enquête il été demandé aux populations et aux agents de l'OIPR d'énumérer les types d'agressions enregistrées dans le parc, l'étendu ou la portée de ces gressuions ainsi que leur durée, leur intensité et leur localisation. Les données recueillies ont été complétées par la revue de littérature.

Analyse des données

Détermination des types biologiques des espèces inventoriées

Les types biologiques des espèces arborescentes ont été déterminés en se basant sur la méthode de classification proposée par Raunkiaer (1934). Pour ce faire, les arbres dont les tailles sont supérieures ou égales à 25 m ont été classés comme des mégaphanérophytes ; ceux dont les tailles sont comprises entre 10 et 25m, des mésophanérophytes ; entre 2 à 10 m, des microphanérophytes et entre 0,5 et 2m, des nanophanérophytes.

Structure des peuplements

La caractérisation de la structure de la végétation des différents sites investigués, a été basée sur l'analyse des structure horizontale et verticale, de la densité et de l'aire basale.

La structure horizontale du peuplement ligneux de chaque site est déterminée par la répartition des spécimens inventoriés en classe de diamètre. Pour ce

faire 8 classes ([10-20m[, [20-30m[, [30-40m[, [40-50m[, [50-60m[, [60-70m[, [70-80m[, [80,+[). L'allure de l'histogramme qui en découle a permis d'apprécier le degré de perturbation du site (Koulibaly, 2008). Ainsi, la forme de « J » inversé indique un milieu perturbé avec un bon potentiel de régénération et la forme de « J » normal un milieu bien conservé avec un mauvais état de régénération (Konan, 2015).

Quant à la structure verticale, elle est déterminée par la distribution des arbres par classe de hauteur ([0-2m], [2-4m], [4-8m], [8-16m], [16-32m], [32,+]) qui fait ressortir le pourcentage des arbres de grandes tailles par rapport à ceux de petites tailles. Selon Parde (1961), cette distribution est généralement utilisée pour rendre compte de la dynamique des populations ou des peuplements forestiers.

La densité des peuplements correspond au nombre d'individus par unité de surface. Elle a été estimée en comptant le nombre de pieds de ligneux par ha. Sa formule est :

$$D = N / S$$

avec : N = Nombre de pieds de chaque individu et S : surface totale en ha.

L'aire basale correspond à la somme des sections horizontales des troncs, pris par convention à 1,30 m au-dessus du niveau du sol. Ce paramètre est caractéristique de la stabilité d'un biotope (Rollet, 1974). Le calcul se fait suivant la formule ci-après :

$$A = \sum_{i=1}^N \pi D^2/4$$

A est en m²/ha, D le diamètre des arbres à 1.3 m du sol (DHP)

Calcul de la biomasse totale et de la quantité de carbone séquestrée dans les sites

La biomasse totale de chaque site a été évaluées à partir de la formule :

$$\text{Biomasse totale} = \text{Biomasse aér} + \text{Biomasse soutér.}$$

Pour estimer la biomasse aérienne vivante, nous nous sommes basés sur une équation allométrique pantropicale développée par Chave et al. (2014) et récemment utilisée par REDD+ pour l'évaluation de la biomasse forestière en Côte d'Ivoire (FAO/REDD+, 2017). L'expression mathématique de cette équation est : **AG Best = 0.0673 x (ρ DHP² H) ^{0.976}**

Où AGB est la biomasse aérienne estimée en Kg; D est le diamètre à hauteur de poitrine en cm; H la hauteur totale de l'arbre (m); ρ : la densité spécifique du bois (g.cm^3). Elle prend en compte le DBH, la hauteur de l'arbre et la densité basique du bois. La densité spécifique du bois (ρ) des espèces ligneuses arborescentes est fournie dans Wood Density Database³ à travers les sites <http://db.worldagroforestry.org/wd/genus> (ICRAF Database-woOd Density). La valeur par défaut $\rho = 0,58 \text{ g/cm}^3$ a été retenue pour les densités inconnues (Brown, 1997).

La biomasse souterraine a été estimée par **Biomasse souterraine = (Tx) x Biomasse aérienne** (Chave et al. (2014), avec Tx = 0,2 pour forêt décidue humide tropicale et AGB < 125 t.ha-1 et Tx=0, 24 pour forêt décidue humide tropicale et AGB > 125 t.ha-1 (Mokany et al.2006). Ce qui donne :

$$\text{Biomasse totale} = \text{Biomasse aér} + \text{Biomasse soutér.}$$

Pour la détermination du stock de carbone exprimé en tonne, on a procédé à une conversion de la biomasse selon les recommandations de l'IPCC (2003). La détermination du stock de carbone est égale à 50 p.c. de la biomasse totale :

$$\text{Stock de carbone} = \text{Biomasse totale} \times 0,5.$$

Détermination du taux de dégradation des sites impactés

Dans le but de classer les sites par niveau de dégradation, les taux de dégradation (Td) de chaque site a été estimé avec la formule:

$$\text{Td} = \text{C}_{Si} + \% \text{ Snu}$$

Avec C_{Si} : la contribution spécifique de l'espèce pionnière « i » espèce et % Snu le pourcentage de sols nus de chaque site (Daget et Poissonnet, 1971). C_{Si} a été obtenu par la formule $\text{C}_{Si} = \frac{\text{FS}_i}{\sum \text{FS}} \times 100$, où FS_i est fréquence spécifique (FS) de l'espèce « i » et $\sum \text{FS}$ la somme des fréquences spécifiques de toutes les espèces recensées (Daget & Poissonnet, 1965).

Ainsi lorsque :

- Td = 0 p.c, la formation végétale est dite non dégradée.
- 0 p.c. < Td ≤ 25 p.c., la formation végétale est dite peu dégradée
- 25 p.c. < Td ≤ 50 p.c., la formation végétale est dite dégradée
- 50 p.c. < Td ≤ 75 p.c., la formation végétale est dite très dégradée
- 75 p.c. < Td la formation végétale est dite très fortement dégradée.

Caractérisation de l'impact des activités anthropiques

Pour caractériser l'impact de chacune des activités anthropiques en vue de classer ces activités par ordre d'importance, trois paramètres ont été pris en compte, à savoir, la portée de l'impact, sa durée et son intensité. La portée ou l'étendue de l'impact représente la mesure de la superficie ou de la proportion de population ou rayonnement spatial de l'impact. La durée désigne la période pendant laquelle l'effet de l'impact se fait sentir et l'intensité de l'impact, le niveau du changement généré par une source d'impact.

Un code allant de 1 à 3 a été attribué à chaque niveau de paramètre (portée, durée, intensité). Ainsi:

- *Portée*, locale (seulement une petite partie du parc impactée) =1; zonale (plus de la moitié de la superficie du parc impactée) =2, régionale (toute la superficie du parc impacté) = 3.
- *Durée* de l'impact: courte durée (moins de 5 ans) = 1, durée moyenne (entre 5 et 10 ans) = 2 et longue durée (plus de 10 ans) = 3.
- *Intensité* : faible (taux de dégradation du site impacté) < 25%) = 1 Moyenne (taux de dégradation du site impacté) entre 50 et 75%) = 2 forte (taux de dégradation du site impacté >75%)= 3.

Evaluation de l'influence des activités anthropiques sur les quantités de carbone séquestrées

L'influence des activités anthropiques sur la diversité et la structure de la flore ligneuse a été évaluée en mettant en corrélation les sites organisés en fonction des taux de dégradation et les quantités de carbone séquestrées par ces sites.

Analyse statistique des données

Dans la présente étude, les paramètres de distribution des différents échantillons ont été comparés entre eux grâce au test de Kruskal-Wallis. Le test de Kruskal-Wallis a été utilisé pour l'analyse des données relatives aux biomasses et stocks de carbone des différents biotopes. Le but de l'analyse est d'établir si les moyennes des valeurs mesurées dans différents groupes, sont significativement différentes.

Résultats

Types biologiques des différents sites

En forêt dense, les jachères sont dominées par les microphanérophytes, les forêts secondaires par les mésophanérophites et le site témoin par les mégaphanérophites (Figure 16). En forêt claire, les microphanérophytes sont majoritaires sur le site exposé aux feux de brousse et les mésophanérophites sur le site témoin et le site de jachère (Figure 17). En zone ripicole, les microphanérophytes sont les plus représentés sur le site témoin et les

mégaphanérophytes sur le site de jachère (Figure 18). En savane arbustive les microphanérophytes dominent sur tous les sites (Figure 19).

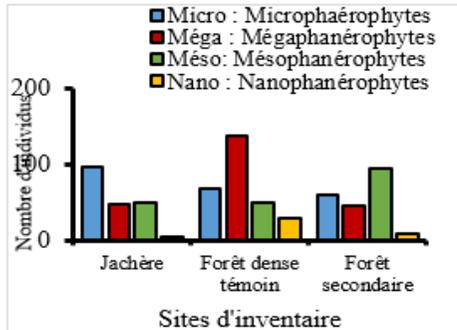


Figure 16: Types biologiques sites de forêt dense

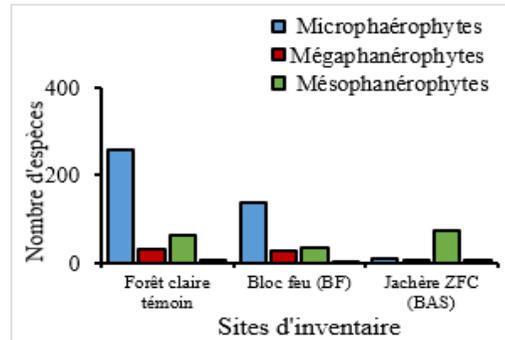


Figure 17: type biologiques sites de forêt claire

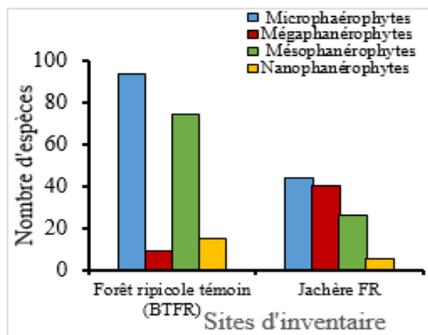


Figure 6: Types biologiques sites forêt ripicole

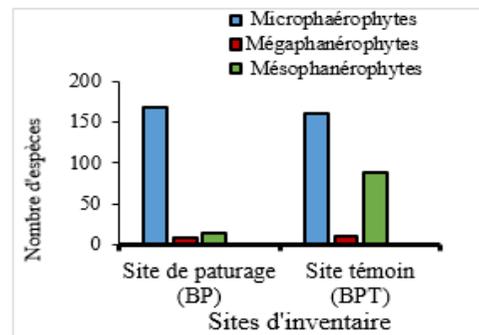


Figure 7: Types biologiques sites savane arbustive

Structure de la végétation dans les différents sites

Structure horizontale

➤ Densités et aires basales des peuplements ligneux des sites

Les densités des peuplements ligneux des sites d'inventaire varient de 360 tiges/ha (site témoin de forêt claire) à 54 tiges/ha (site de jachère forêt dense). Dans tous les milieux, les sites témoins présentent les plus fortes densités et les jachères les plus faibles. Les différences entre les valeurs moyennes des densités sont significative (tableau I).

Dans tous les milieux inventoriés, les sites témoins enregistrent les plus fortes aires basales et les sites de jachère les plus faibles. Les différences entre les aires basales moyennes sont significatives (Tableau IX).

Tableau 1. Densités des peuplements ligneux des sites type de biotope

Biotopes	Sites	Densités (tiges/ha)	Rang moyen	Kruskal-Wallis		
				H(chi ²)	dl	p-value
Forêt dense	Bloc témoin (BTFD)	294	3,16 ± 1,89	82,62	2	1,06.10 ⁻¹⁹ (Différences significatives)
	Forêts secondaires	169	2,13 ± 1,01			
	Jachères	54	1,45 ± 0,78			
Forêt claire	Bloc témoin (BTFC)	360	6,10 ± 3,61 ^b	44,53	2	1,44.10 ⁻¹⁰ (Différences significatives)
	Bloc feu (BF)	292	3,13 ± 2,26 ^a			
	Jachère (BAS)	88	2,85 ± 2,03 ^a			
Forêt ripicole	BFRT (Bloc témoin)	207	4,97 ± 3,33	18,4	1	1,37.10 ⁻⁵
	BFRA (jachère)	108	2,43 ± 1,45			
Zone savane	Bloc témoin (BPT)	242	2,78 ± 0,91	2,989	1	0,074 > 0,05
	BP	127	2,98 ± 2,82			

Tableau 2. Aires basales des peuplements ligneux par site et par biotope

Biotopes	Sites	Aires basales (m ² /ha)	Rang moyen	Kruskal-Wallis		
				H(chi ²)	dl	p-value
Forêt dense	Bloc témoin (BTFD)	34,30	0,31 ± 0,78 ^a	98,61	2	3,79.10 ⁻ Différences significatives
	Forêts secondaires	27,26	0,22 ± 0,03 ^b			
	Jachères	5	0,10 ± 0,25 ^b			
Forêt claire	Bloc témoin (BTFC)	16,93	0,41 ± 1,13	1,204	2	0,547
	Bloc feu (BF)	21,99	0,59 ± 1,27			
	Jachère (BAS)	11,95	0,76 ± 1,58			
Forêt ripicole	BFRT (Bloc témoin)	21,16	0,62 ± 1,08	13,41	1	0,00025 Différences significatives
	BFRA (jachère)	28,03	5,06 ± 17,48			
Zone savane	Bloc témoin (BPT)	13,03	0,89 ± 2,42			
	BP	2,61	0,27 ± 0,66			

➤ Structure diamétrique et des peuplements

En forêt dense les individus de petit diamètre sont dominants sur tous les sites. Mais sur le site témoins les individus de grand diamètre sont plus nombreux que sur les autres sites (Figure 23). Les individus de très grandes tailles sont majoritaires sur le site témoins et minoritaires sur les autres sites (Figure 24).

En forêt claire, les individus de petits diamètres sont dominants sur tous les sites (Figure 24) et les individus de tailles moyennes (18-16m) dominant sur tous les sites sont plus nombreux sur le site témoin (figure xxx).

En forêt ripicole, les individus de très grands diamètres (> 80 cm) dominent sur le site de jachère que dans le bloc témoin BFRT (Figure 25). En savane arbustive, les arbres de grands diamètres sont plus nombreux sur le site témoin (Figure 26).

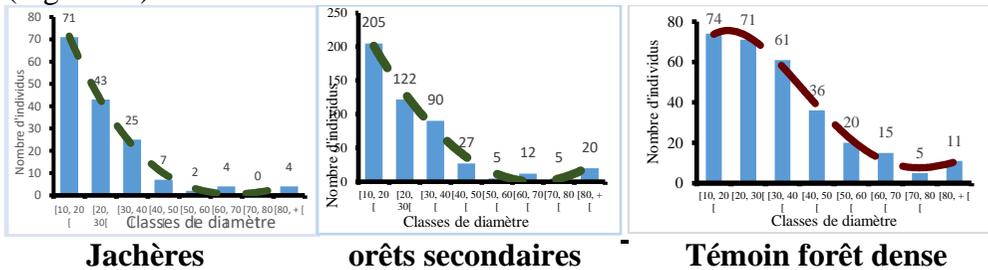


Figure 8. Structures diamétriques des sites de forêt dense

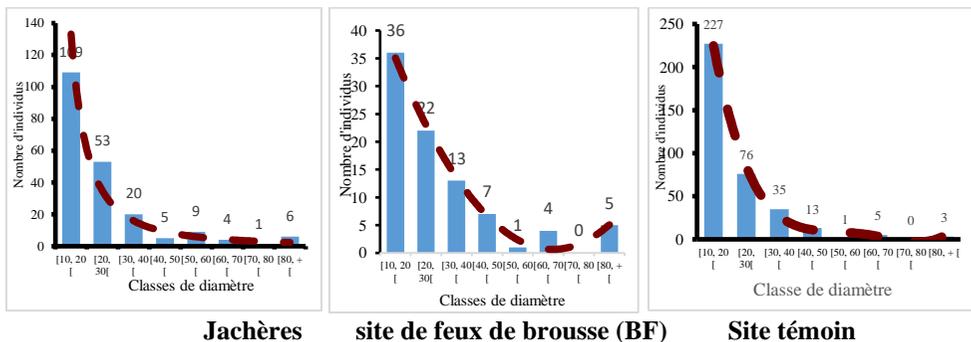


Figure 9. Structure diamétrique des sites de forêt claire

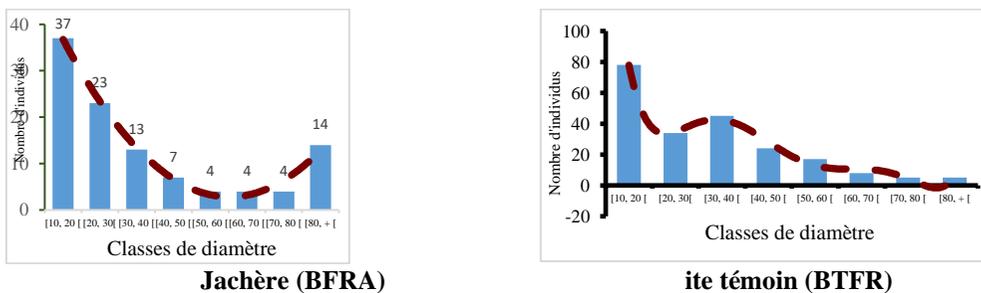


Figure 10. Structures diamétriques des sites de forêt ripicole

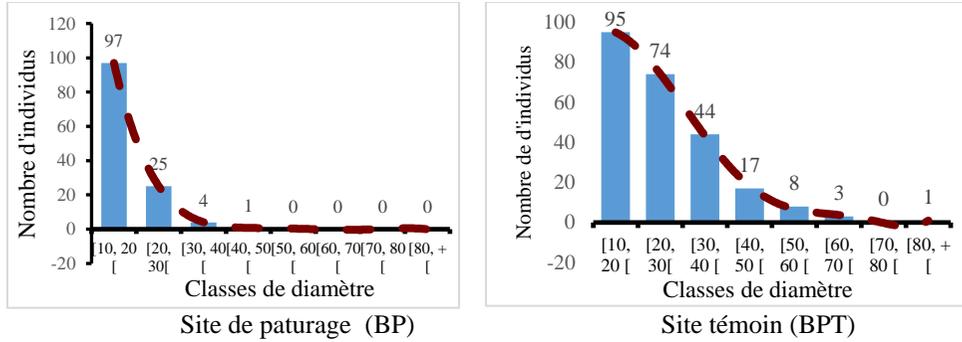


Figure 11. Structures diamétriques des sites de savane arbustive

Structure verticale des peuplements des sites

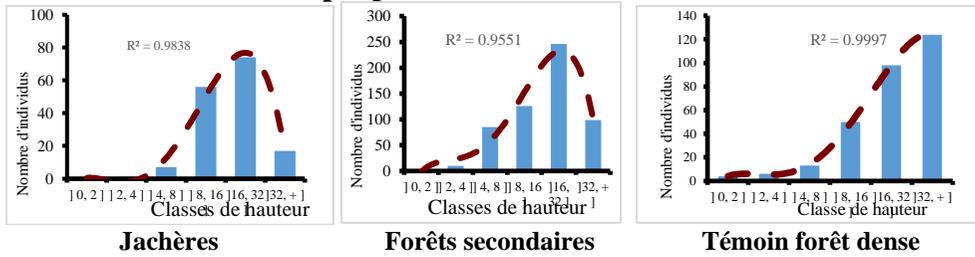


Figure 12. Structures verticales des sites de forêt dense

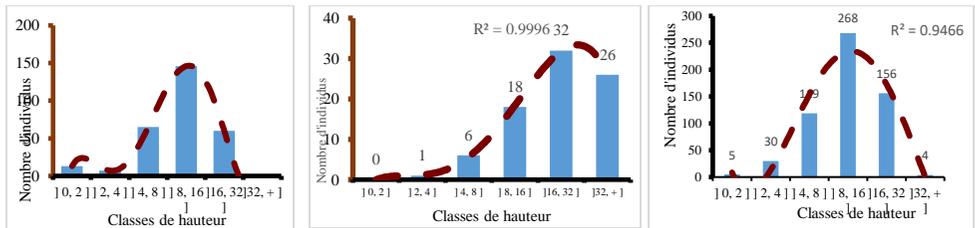


Figure 13. Structures verticales des sites de forêt claire

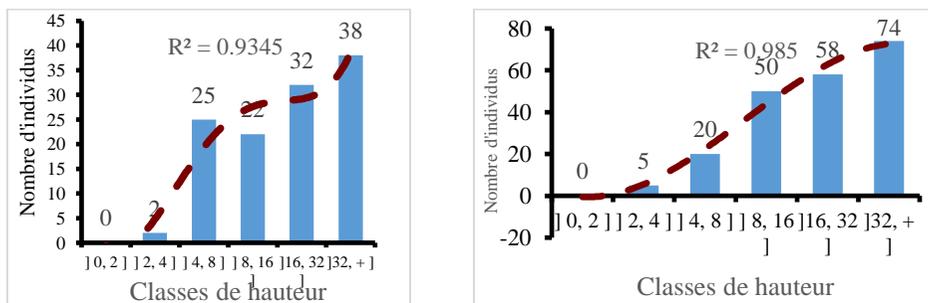


Figure 14. Structures verticales des sites de forêt ripicoles

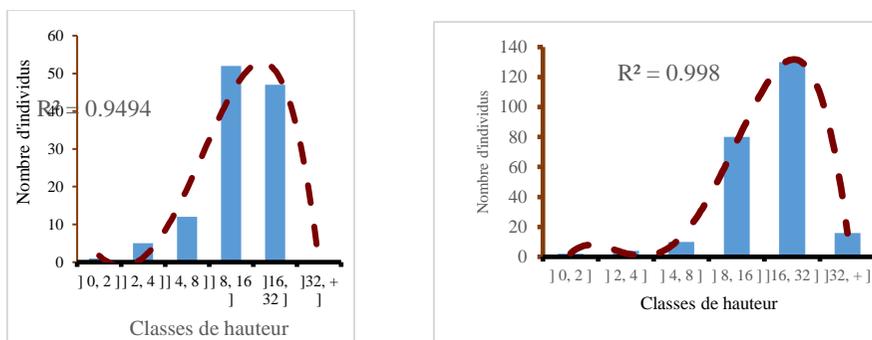


Figure 15. Structures verticales des sites de savane arbustive

Quantités de carbone séquestrée par les différents sites inventoriés

La quantité totale de carbone séquestrée par les blocs inventoriés dans la zone d'étude a été estimée à 1499 tonnes, soit 107,07 t/ha. Cette quantité varie d'un site à un autre. La quantité de carbone séquestrée par le site témoin de forêt ripicole BFRT (300 tC/ha) est plus élevée que celles des sites témoins de tous les autres milieux. La plus faible quantité de carbone séquestrée provient du site de jachère de forêt claire BAS (9,56 tC/ha). Dans les différents biotopes, les sites témoins enregistrent les plus fortes quantités de carbone séquestrées et les jachères les plus faibles (Tableau 3).

Milieux ou biotopes	Sites inventoriés	Quantité de carbone séquestrée (tonne/ha)
Forêt dense	Bloc témoin (BTFD)	213,03
	Forêts secondaires	188,96
	Jachères	21,21
Forêt claire	Bloc témoin (BTFC)	86,09
	Bloc feu (BF)	68,42
	Jachère (BAS)	9,56
Forêt ripicole	BFRT (Bloc témoin)	300
	BFRA (jachère)	188,61
Zone savane	Bloc témoin (BPT)	81,35
	BP	71,65
PNMS		107,07

Tableau 3. Quantités de carbone séquestrées par site en fonction des biotopes

Typologie des activités anthropiques du PNMS

Les différentes investigations ont permis de recenser au total six principales activités anthropiques à l'origine des dégradations dans le Parc national du Mont Sangbé. Il s'agit des pratiques agricoles basée sur la création des plantations de cacao et de cultures vivrières (défrichements, labours, mise en place des cultures, entretien des cultures, etc.), des feux de brousse, des défrichements (sites du parc déblayés sans cultures), des prélèvements des ligneux pour divers usages domestiques, de l'exploitation forestière et du pâturage des boeufs (Figure 5). Les figures 16 et 17 présentent quelques images des sites d'exploitation agricole et de prélèvement des ligneux.



Figure 16. Indices des pratiques agricoles sur les sites impactés



Figure 17. Indices de prélèvement des ligneux sur le site impacté

Classification des activités anthropiques par niveau d'importance

Suivant les totaux des scores des niveaux de la portée, de la durée et de l'intensité des impacts des activités anthropiques (Annexe 4), les pratiques agricoles avec 27%, constituent l'activité anthropique la plus importante dans le Parc national du Mont Sangbé (figure 49).

Types d'activité anthropique

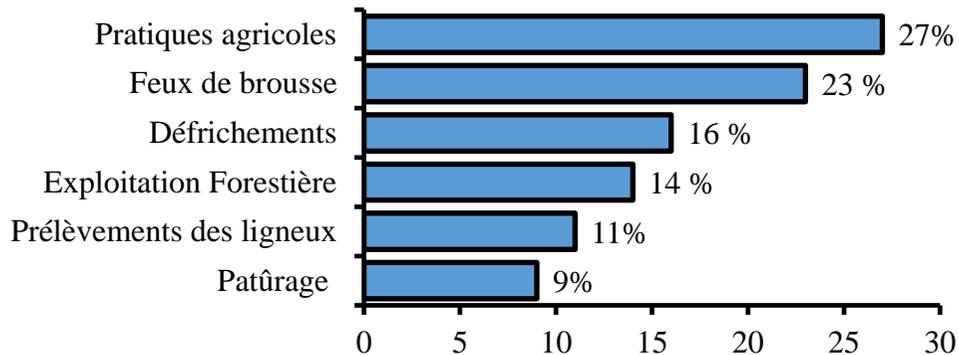


Figure 18. Classification des activités anthropiques du PNMS par degré d'importance

Niveau de dégradation des sites inventoriés

Selon les résultats, en zone de forêt dense les sites de jachères impactés par les pratiques agricoles (BAFD, BEAF et BPL) présentent des taux de dégradation les plus élevés compris entre 62 et 75%. Après les pratiques agricoles viennent les défrichements et la coupe des ligneux avec des taux de dégradation compris en 40,43 à 49%. Les sites concernés sont dits dégradés et sont constitués par les forêts secondaires à savoir les blocs BDA, BDR et BEF (Tableau II). En zone de forêt claire le bloc de jachère (BAS) impacté par les pratiques agricole est le site le plus dégradé avec un taux de dégradation estimé à 76%. Il est suivi par le bloc de feu BF avec un taux de dégradation de 35%. Ce site est dit dégradé. En zone ripicole, le site de jachère BFRA (60,67%) est fortement dégradé et en savane le site de pâturage BP(37%) moyennement dégradé (Tableaux 4).

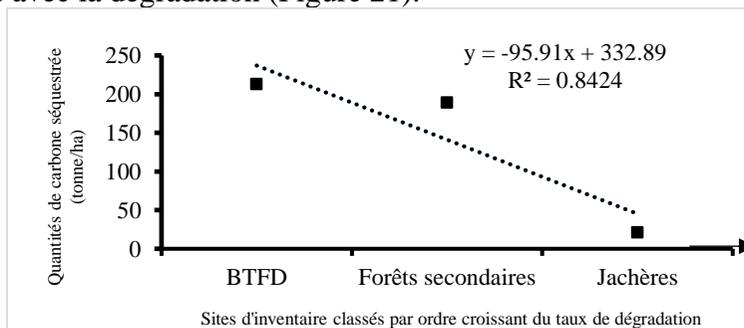
Tableau 4. Taux de dégradation des sites inventoriés

Biotopes	Type de milieux	Sites	Contribution spécifique des espèces pionnières	% Sol nu	Taux de dégradation des sites (%)	Intensités de dégradation des sites
Forêt dense	Jachères	BAFD	25	50	75	Sites fortement dégradés
		BPL	17,74	50	67,74	
		BEAF	22,21	40	62,21	
	Forêt secondaire	BDR	42	7	49	Sites moyennement dégradés
		BDA	40	8	48	
		BEF	30,43	10	40,43	
Forêt dense témoin	BTFD	10	1	11	Sites très peu dégradés	
	Jachères	BAS	46,15	30	76	Site très fortement dégradé

Forêt claire	Bloc feu	BF	5	30	35	Site dégradé
	Bloc témoin	BTFC	6	2	8	Sites très peu dégradés
Forêt ripicole	Jachères	BFRA	40,67	20	60,67	Sites fortement dégradés
	Bloc témoin	BFRT	6,65	2	8,65	Sites très peu dégradés
Savane arbustive	Bloc paturage	BP	2,49	30	32,49	Site dégradé
	Bloc témoin	BPT	2 ,52	5	7,52	Sites très peu dégradés

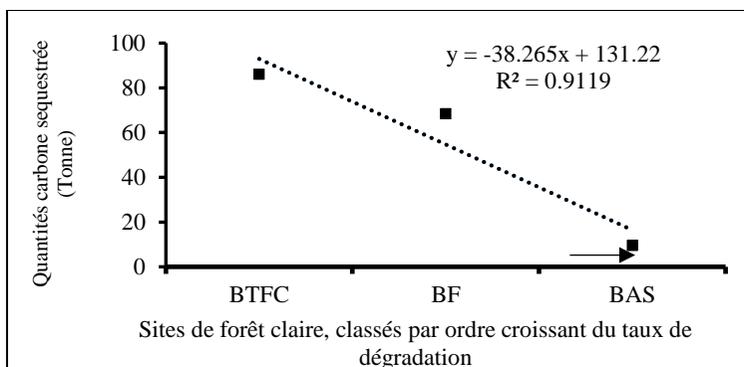
Impact des dégradations sur la séquestration de carbone dans les sites

En forêt dense les quantités de carbone séquestrées varient entre 213,03 tc/ha (site témoin non dégradé BTFD) et 21,21 tC/ha (site de jachère fortement dégradés). La pente ($Y = -95,91X$) de la droite de régression et le coefficient de corrélation ($R^2 = 0,84$), montrent que la quantité de carbone séquestrée par les arbres des sites est inversement corrélée avec la dégradation (Figure 19). De même, en forêt claire (Figure 20), la quantité de carbone séquestrée par les ligneux des sites est inversement corrélée avec la dégradation ($Y = -38,265 X$ et $R^2 = 0,9119$). En zone de forêt ripicole et savane arbustive les quantités de carbone séquestrées sont également inversement corrélées avec la dégradation (Figure 21).



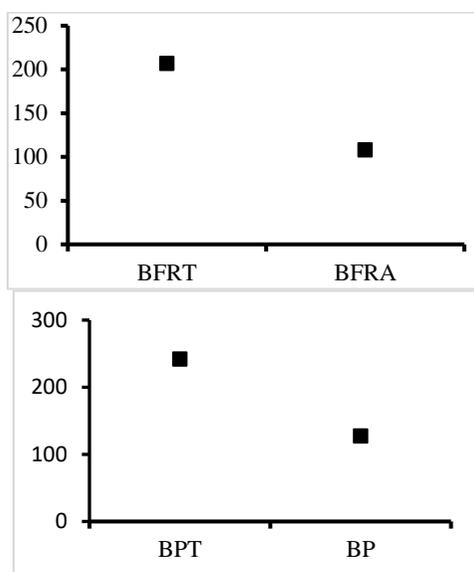
Légende : BTFD : Bloc témoin forêt dense

Figure 19. Evolution de la quantité de carbone séquestrée par les sites en forêt dense en fonction du taux de dégradation



Légende : BTFC : Bloc témoin forêt claire BF: Bloc impacté par les feux de brousse
 BAS: bloc impacté par les pratique agricole

Figure 20. Tendence de l'évolution de la quantité de carbone séquestrée par les sites de forêt claire en fonction du taux de dégradation



BFRt : Bloc forêt ripicole témoin BPT: Bloc pâturage témoin
 BFRA: Bloc forêt ripicole agricole BP: Bloc impacté par le pâturage

(a) (b)

Figure 21: Tendence de l'évolution des quantités de carbone séquestrées par les sites en forêt ripicole (a) et en savane (b) en fonction du taux de dégradation

Discussion

Les résultats ont montré

L'absence d'anciennes données sur la biomasse et le taux de carbone du PNMS, limite les possibilités de comparaison de nos résultats. Néanmoins nous pouvons confronter nos données à celles issues de quelques travaux. Lescuyer et Locatelli (1999) cités par Kouamé (2013), ont estimé la capacité

de stockage de carbone des forêts tropicales à environ 150 t/ha mais avec des variations de stock pouvant atteindre 500 t/ha dans la végétation de certains type de forêts. De même Nasi et al. (2008) cité aussi par Kouamé (2013), ont obtenu des valeurs de 150 à 175 t C/ha, en utilisant différentes méthodologies pour estimer le stock de carbone des forêts denses humides de basse altitude d'Afrique Centrale. Enfin, Kouamé (2013) a estimé à 186,67 tC/ha la quantité de carbone séquestrée dans l'aboretum du Centre National Floristique d'Abidjan. Avec 107,10 tC/ha comme quantité de carbone séquestré dans la zone d'étude, il ressort une plus faible capacité de carbone séquestrées par rapport aux sites précités. Cette réduction de quantité de carbone séquestrée serait liée aux activités anthropiques qui ont provoqué la destruction de nombreux ligneux dans la zone d'étude. On note par ailleurs une variation du taux de carbone séquestré d'un site à un autre. Elle est plus élevée dans la zone de forêt ripicole et plus faible dans la zone de forêt claire. La forte quantité de carbone séquestrée par les sites ripicoles pourrait se justifier par la présence sur ces sites de nombreux arbres de grandes tailles et à croissance rapide qui séquestrent plus de carbone (Laitat *al.*, 2004 ; Dubé *et al.*, 2006). Après la zone de forêt ripicole vient la zone de forêt dense qui enregistre également une forte quantité de carbone séquestrée à cause de nombreux mégaphanéophytes que comporte ce milieu. Les faibles quantités de carbone enregistrées dans les zones de forêt claire et savane arbustive proviendrait de la prédominance des microphanérophytes dans ces milieux. Par ailleurs, une comparaison des quantités de carbone séquestrées par site et par biotope révèle des différences significatives. Les sites témoins ont séquestré les plus grandes quantités de carbone et les jachères les plus faibles. Les forts déficits de quantités de carbone séquestrées relevés entre les sites témoins et les sites de jachères enregistrées sont dus aux activités anthropiques qui ont occasionné la destruction massive des ligneux sur les sites de jachère. En effet, les résultats ont montré une importante modification de la structure de la végétation dans les jachères sous l'influence des activités anthropiques. On y enregistre la prédominance des microphanérophytes et des individus jeunes (structures horizontale et verticale en forme de "J inversé") et de faibles densités et aires basales des peuplements ligneux. Pour les sites ripicoles, la quantité élevée de carbone séquestrée pourrait se justifier par l'accélération de la régénération des espèces dans ce milieu qui dispose des conditions favorables au développement des plantes (Humidité en permanence, sol assez riche, etc). Par ailleurs, les principales activités anthropiques identifiées dans le PNMS à savoir les feux de brousse, les pratiques agricoles, l'exploitation forestière, le prélèvement des ligneux, les défrichements et le pâturage des bœufs font partie des principales agressions généralement relevées par les gestionnaires des aires protégées en Afrique de l'Ouest (Konaté *et al.*, 2010). Parmi elles, l'exploitation agricole constitue l'activité anthropique la plus incidente. Les

travaux réalisés par Ousmane et *al.* (2020) sur les crises politico-militaires et la dynamique de la végétation du Parc national du Mont Péko en Côte d'Ivoire ont abouti aux mêmes résultats. Les fortes pressions de l'exploitation agricole enregistrées dans le PNMS pourraient s'expliquer, par l'infiltration massive des populations riveraines dans cette aire protégée durant la période de crise politico-militaire de la Côte d'Ivoire (2002-2012). Cette infiltration a été accompagnée de la création de plusieurs plantations de cacaoyers et de vivriers. Aussi la mise en place de ces plantations a-t-elle occasionné la destruction d'importantes superficies de forêt (Anonyme, 2014 ; Virginie et al., 2012 ; Anonyme, 2017). Les sites exposés à ces activités anthropiques comportent encore de nombreux ligneux morts sur pied, des zones dénudées, des zones de jachères et plusieurs espèces pionnières de la reconstitution des zones dégradées.

La mise en corrélation des sites d'inventaire classés par ordre croissant de dégradation avec les quantités de carbone séquestrées par les sites, a montré que les dégradations des sites réduisent les quantités de carbone séquestrée. En effet, cette analyse a montré que plus la dégradation du site augmente moins il séquestre le carbone. Cela s'explique par la destruction de plusieurs ligneux par les activités anthropiques. Par ailleurs, le fait que les jachères enregistrent les plus faibles quantités de carbone séquestrées montrent que ce sont les pratiques agricoles qui ont le plus provoqué la réduction de la quantité de carbone séquestré dans le PNMS. Assalé et al., (2021) ont abouti au même résultats. En effet, ces auteurs ont relevé le fait que les taux de carbone séquestré étaient plus élevés dans les poches de forêt et plus faible dans les cacaoyères.

Conclusion

Au terme de la présente étude nous retenons que les activités anthropiques dont la plus incidente est l'exploitation agricole, ont engendré une réduction de la quantité de carbone séquestrée par le PNMS. En effet, tandis que l'on estime à 150 tC/ha, la capacité de séquestration de carbone des forêts tropicales et entre 150 à 175 tC/ha celle des forêts humides de l'Afrique centrale, celle du PNMS a été estimée à 107 tC/ha. Cependant cette quantité de carbone séquestré est très variable en fonction des milieux et des sites du parc. Elle est plus élevée dans les sites de forêt non dégradées et plus faibles dans les jachères qui sont des sites fortement dégradés par les pratiques agricoles. Ce qui traduit l'influence négative jouée par les infiltrations agricoles massives qui ont eu lieu dans le PNMS de 2002 à 2012 sur la capacité de séquestration de carbone de ce site. Aujourd'hui on assiste à une forte reprise de la végétation dans les différents compartiments du PNMS. Ce qui permet l'augmentation progressive de la capacité de séquestration du carbone du PNMS. Ce processus de reconstitution de la flore ligneuse arborescente doit

suivre son cours en vue de permettre au PNMS de jouer son rôle d'autant en tant que l'un des plus importants puits de carbone de la région et même du pays. Cela passe nécessairement par l'intensification de la surveillance de ce parc et la sensibilisation des populations riveraines au respect de l'intégrité de cette aire protégée.

References:

1. Anobla A. O. M. M. et J. K. N'Dja. 2016. Dynamique de la végétation de Bamo et stocks de carbone dans la mosaïque de végétation. *European Scientific Journal* 12 (18)
2. Anonyme, 2012. Evaluation rapide de la diversité faunique terrestre : l'état
3. des lieux de quatre parcs nationaux : Azagny, Marahouet, Mont Péko et
4. Mont Sangbé.(Afrique Nature International). Rapport d'étude. 33p.
5. Assalé A.A.Y., Kouakou K.A., Kouakou A.T.M., Kpangui K.B. Barima
6. Y.S.S., 2021. Diversité végétale et potentiel de séquestration de carbone
7. des espaces domaniaux anthropisés : cas de la forêt classée du Haut-
8. Sassandra (centre-ouest de la cote d'ivoire). *Agronomie Africaine Sp.* 33 (1): 15 - 28 (2021).
9. Aubreville A, Pity B., N'Klo O., Alassane C., N'guessan A., Louppe D., Robert O., Didier L., Ducouso M., Abbadie L., Lepage M. 1998.- Analyse de l'impact des feux de brousse sur l'évolution des ligneux, des herbacées et des sols en zone de savane (Rapport final d'activités du projet)-5 mars 1998. Communautés Européennes DGXI 209 rue de la loi B-1049 Bruxelles/Institut des projets- Département forestière- Abidjan. 13 p.
10. Chave J.C., Andalo S., Brown M. A., Cairns J. Q., Chambers D., Eamus H., Folster F., Fromard N., Higuchi T., Kira J.-P., Lescure B. W. Nelson H., Puig H., Riera B., Yamakura T., 2005. *Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests*. *Ecosystem Ecology, Oecologia* (2005) 145: 87–99 DOI 10.1007/s00442-005-0100-x.
11. Chave J., Maxime R-M., Alberto B., Emmanuel C., Matthew S. Colgan., Welington B.C., Alvaro D. Tron Eld, Philip. M. 2014. *Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees*. *Global Change Biologie*. Mai 2014.
12. Brown S., 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer*. (FAO Forestry Paper - 134).

13. Dubé A., Saint-Laurent D. & Senécal G., 2006. Penser le renouvellement et la politique de conservation de la forêt urbaine à l'ère du réchauffement climatique 50p.
14. FAO, 2001. *State of world's forest 2001*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2001, 136 p. FAO, 2010. *Evaluation des ressources forestières mondiales 2010*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Département des forêts. Rapport national- Côte d'Ivoire. 60 p.
15. FAO/REDD+, 2017. Données forestières de base pour la REDD+ en Côte d'Ivoire. Inventaire de la biomasse forestière pour l'estimation des facteurs d'émission. FAO, 2017. 45 p.
16. IPCC, 2003.-Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Intergovernmental panel on climate change. National Greenhouse Gas Inventories Programme and Institute for Global Environmental Strategies, Kanagawa, Japan 295 p.
17. Guillaumet et Adjanohoun (1971) : Avenard et al, 1971. Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. ORSTOM (Mémoires n°50). Paris. 391 p.
18. Guillaumet Jean-Louis, Adjanohoun Edmond, (1971)- La végétation de la Côte d'Ivoire. In : Avenard Jean-Michel, Eldin Michel, Girard Georges, Sircoulon Jacques, Touchebeuf de Lussigny, Guillaumet Jean-Louis, Adjanohoun Edmond, Perraud Alain. Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire Paris : ORSTOM, (50), 161-263. (Mémoires ORSTOM ;50). 391 p.
19. Kouamé A., P-S., N'Guessan K., E., 2013. Diversité végétale et estimation de la biomasse dans l'arboretum du Centre National Floristique (Abidjan, Côte d'Ivoire). DEA, UFR Biosciences d'Abidjan. 2012-2013.
20. Lescuyer G. & Locatelli B. 1999. Rôle et valeur des forêts tropicales dans le changement climatique ; Bois et Forêts des tropiques, 1999, n 260 (2) ; CIRAD- Terra ; 13.
21. Lauginie F., 2007. - Dans *Conservation de la nature et aires protégées en Côte d'Ivoire*. NEI/ Hachette et Afrique Nature, Abidjan, xx + 668 pp.
22. Nasi R., Mayaux P., Devers D., Bayol N., Eba'a Atyi R., Mugnier A., Cassagne B., Billand A. & Sonwa D. 2008. Un Aperçu des stocks de carbone et leurs variations dans les forêts du Bassin du Congo. 206 p.
23. OIPR, 2002.- Loi n°2002-102 du 11 février 2002 relative à la création, à la gestion et au financement des parcs nationaux et des réserves naturelles de Côte d'Ivoire, 18 p.
24. Pagès P., 2002.-Analyse Factorielle Multiple appliquée aux variables qualitatives et aux données mixtes. Revue de statistique appliquée, 50 (4) : 5-37

25. Pearce D., Moran D. (1994). The Economic value of Biodiversité. UICN 147 p.
26. PERRAUD A. (1971). Les sols. In : Avenard J-M., Eldin M., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf D.L.P., Guillaumet J-L, Adjanohoun E. Perraud A. *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Paris : ORSTOM, (50), 269-391.(Mémoires ORSTOM ; 50).
27. PNUE, 2015.- *Côte d'Ivoire, évaluation environnementale post-conflit*, rapport publié en juillet 2015 par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement.
28. Raunkiaer C., 1934. The life forms of plants and statistical plant geographic, Oxford University Press, London (England), 632 p.
29. Rollet B., 1974. L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaines. C.T.F.T., Paris, France. 298 p.
30. Saj A., Y. Cojan, R. Vocat, J. Luauté and P. Vuilleumier. 2013. Prism
31. adaptation enhances activity of intact fronto-parietal areas in both
32. hemispheres in neglect patients. *Cortex*, 49 (1) : 107 - 119
33. Sangne, Y.C, Adou Yao C.Y et N'Guessan K.E. 2008. Transformations de la flore d'une forêt dense semi décidue : impact des activités humaines (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine XX* : 111.
34. Sangne YC. 2009. Dynamique du couvert forestier d'une aire protégée soumise aux pressions anthropiques : cas de la Forêt Classée de Téné dans le Département d'Oumé (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan.
35. Stratégie de surveillance, 2015 : Rapport d'étude élaboré en Aout 2015 dans le cadre du Projet CORENA pour la gestion durable du Parc National du Mont Sangbé. 42p.
36. WWF, 2016. Living planet report 2016. Risk and resilience in a new era. 128 p.