



ESI Preprints

Not Peer-reviewed

## Evaluation de l'Impact des Activités Anthropiques sur la Séquestration de Carbone dans la Parc National du Mont Sangbé, en Côte d'Ivoire

*Tra Bi Tra Jeannot*

Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Cote d'Ivoire

Doi: [10.19044/esipreprint.1.2023.p1](https://doi.org/10.19044/esipreprint.1.2023.p1)

Approved: 09 January 2023

Posted: 11 January 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Jeannot T.B.T.(2023). *Evaluation de l'Impact des Activités Anthropiques sur la Séquestration de Carbone dans la Parc National du Mont Sangbé, en Côte d'Ivoire*. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.1.2023.p1>

### 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 m<sup>2</sup> (10 mx 10 m). La collecte des données a été effectuée à l'aide d'un échantillonnage direct. Les activités anthropiques dont les plus incidentes sont les pratiques agricoles, ont provoqué la destruction massive d'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 parc, la sensibilisation des populations et le 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*

Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Cote 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 m<sup>2</sup> (10 mx 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 forêt 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). Cette chute spectaculaire des superficies forestières en Côte d'Ivoire, s'est même étendue jusque dans les aires protégées à la faveur des différentes crises militaro-politiques subies par le pays. Au niveau des parcs nationaux et réserves naturelles qui bénéficient d'un statut de stricte protection (OIPR, 2002), le bilan est alarmant.

La plupart d'entre eux ont fait objet de divers pillages des ressources naturelles et de deforestation. 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). Concernant le cas précis du Parc National du Mont Sangbé objet de la présente étude, situé à l'ouest de la Côte d'Ivoire et appartenant au « *Guinean Forests of West Africa Hotspot* » l'une des 18 zones tropicales d'importance mondiale pour leur biodiversité, les dégâts ont été considérables. 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, 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 des dégradations du PNMS, (2) d'évaluer les quantités 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 (Figure 1). Il est à cheval entre les départements de Biankouma (S/P de Biankouma et Gbonné), de Touba (S/P de Founbesso, 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 (Lauginie, 2007). Selon Guillaumet et Adjanohoun (1971) le PNMS est situé dans le secteur mésophile du domaine guinéen, zone de transition entre la forêt dense humide sempervirente du domaine ombrophile, les forêts claires et les savanes du secteur subsoudanais. Le climax prédominant pour la partie sud est la forêt dense humide semi-décidue et pour la partie nord, la forêt claire. Les sols sont ferrallitiques de type fortement désaturés dans la partie sud-ouest et montagneuse du parc et moyennement désaturés dans les autres parties du parc. Le climat est de type transition entre les climats



contributions spécifiques des espèces pionnières et la proportion des sols nus (Daget et Poissonnet, 1971). La contribution spécifique (CS) d'une espèce « i » est définie, selon Daget et Poissonnet (1965) comme le quotient de la fréquence spécifique (FS) de l'espèce « i » par la somme des fréquences spécifiques de toutes les espèces recensées, sur 100 points observés.

Ainsi:

$$C_{Si} = \frac{FS_i}{\sum FS} \times 100$$

- Si  $t$  (taux de dégradation) = 0; le site est dit non dégradé;
- Si  $0 < t \leq 25$  p.c., la formation végétale est dite peu dégradée ;
- Si  $25 \text{ p.c.} < t \leq 50 \text{ p.c.}$ , la formation végétale est dite dégradée
- Si  $50 \text{ p.c.} < t \leq 75 \text{ p.c.}$ , la formation végétale est dite très dégradée
- $75 \text{ p.c.} < t$ , la formation végétale est dite très fortement dégradée.

## Méthode d'inventaire de la flore ligneuse arborescente

### Choix des sites d'inventaire

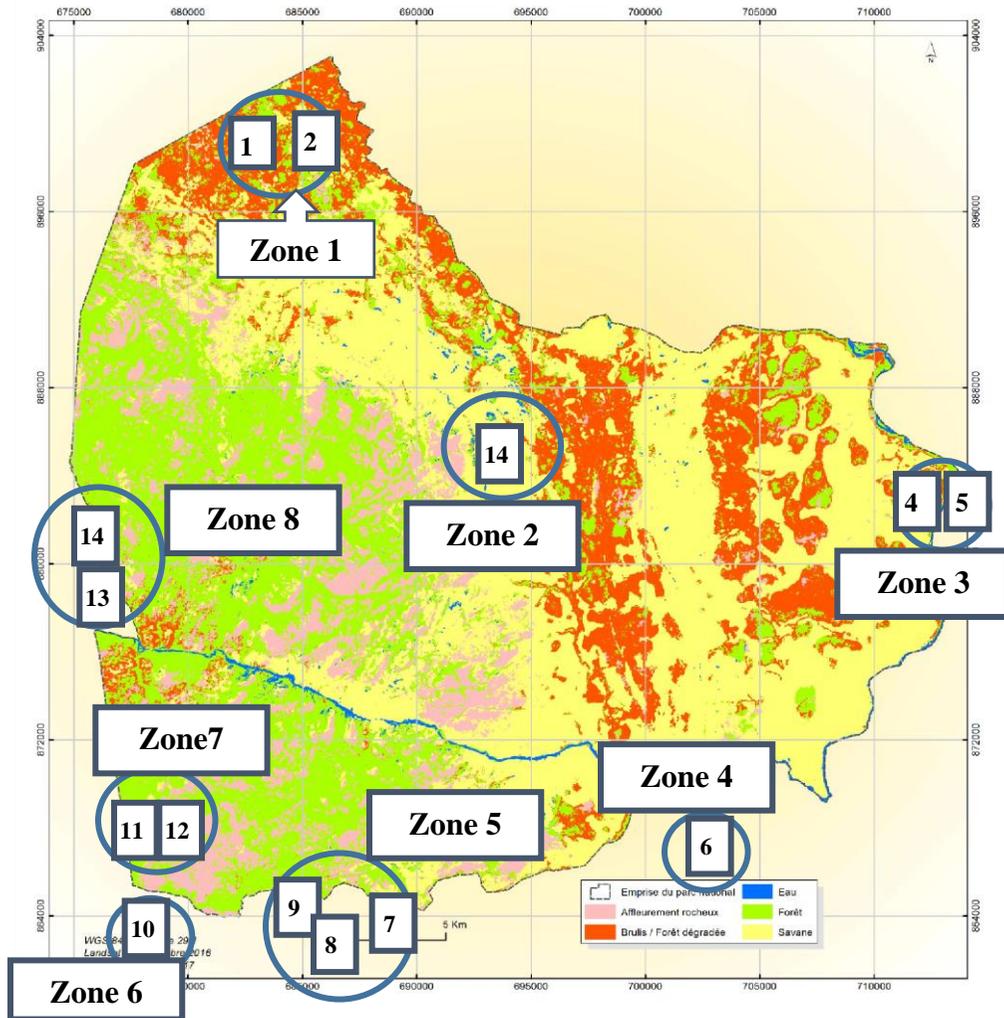
Le choix des sites d'inventaire floristique a été fait en se basant sur une carte d'occupation de sol produite en 2017 dans une étude post-crise, relative à l'élaboration d'une base de données sur les occupations humaines du PNMS (Anonyme, 2017). A cela s'ajoutent les informations recueillies lors de l'enquête en milieu riverains et les missions de prospection 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 carrés d'un hectare chacun (100m x100m) subdivisé en 100 placettes carrés de 100 m<sup>2</sup> (10m x 10m) chacun (Figure 8) qui ont été disposés sur les sites à inventorier. En zone ripicole, plus étroite, il s'est agi de blocs rectangulaires d'un hectare (50 m x 200 m), subdivisé en 100 placettes carré de 100m<sup>2</sup> chacun.

Au total 14 blocs d'inventaire ont été disposés dans la zone d'étude à raison de 12 blocs carrés pour les sites de terre ferme (forêt dense, forêt claire et savane arbustives ) et 2 blocs rectangulaires pour les sites de zone ripicole. Sept (7) blocs carrés ont été disposés dans la zone de forêt denses à raison de 3 pour les sites de jachères (BAFD, BEAF et BPL), 3 pour les sites de forêt secondaire (BDA, BDR et BEF) et 01 pour le site témoin de forêt dense (BTFD). En zone de forêt claire 3 blocs ont été delimités dont un pour le bloc feu BF, un pour le site de jachère BAS et un pour le site témoin BTFC. En zone de savane 02 blocs ont été utilisés. 01 pour le site de

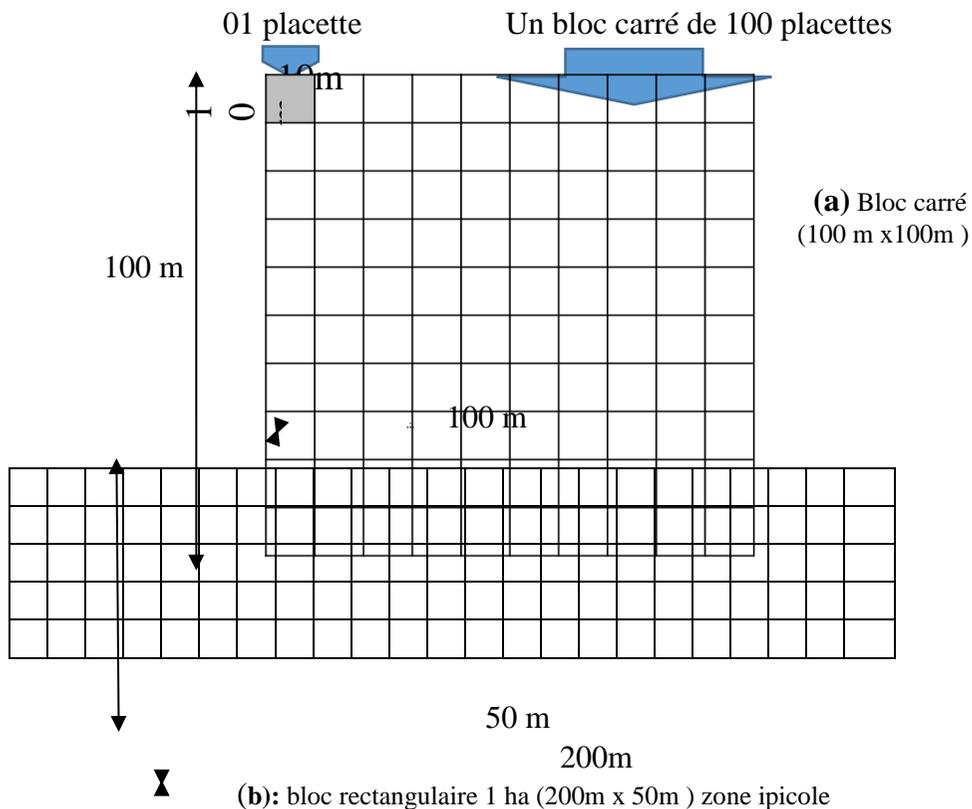
paturage et 01 pour le site témoin. Enfin en zone ripicole 02 blocs rectangulaires dont un pour le site agricole et un pour le site témoin.



**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 paturage des paturage BP (4) et le bloc de paturage 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 récent 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 2.** Carte de situation de l'ensemble des sites inventoriés par l'étude a



**Figure 3.** Schema de bloc d'inventaire



**Figure 4 .** Implantation d'un bloc d'inventaire en zone de forêt dense dégradée

### Méthode d'échantillonnage

Les données floristiques ont été collectées par la méthode de relevé de surface qui a consisté à inventorier à l'intérieur de chaque placette, toutes les espèces floristiques ligneuses arborescentes rencontrées avec  $DBH \geq 10$

cm en relevant sur des fiches de collecte, les noms, diamètres (DBH) et hauteur de chaque individu.

## Analyse des données

### Détermination de la biomasse végétale et du stock de carbone

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 ( $\rho$  DHP<sup>2</sup> H)<sup>0.976</sup>**

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);  $\rho$  : la densité spécifique du bois (g.cm<sup>-3</sup>). Elle prend en compte le DBH, la hauteur de l'arbre et la densité basique du bois. La densité spécifique du bois ( $\rho$ ) des espèces ligneuses arborescentes est fournie dans Wood Density Database<sup>3</sup> à travers les sites <http://db.worldagroforestry.org/wd/genus> (ICRAF Database-wod Density). La valeur par défaut  $\rho = 0,58$  g/cm<sup>3</sup> 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<sup>-1</sup> et Tx=0, 24 pour forêt décidue humide tropicale et AGB > 125 t.ha<sup>-1</sup> (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 :

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

### 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

### Etat des lieux des pressions anthropiques du PNMS et leur impact

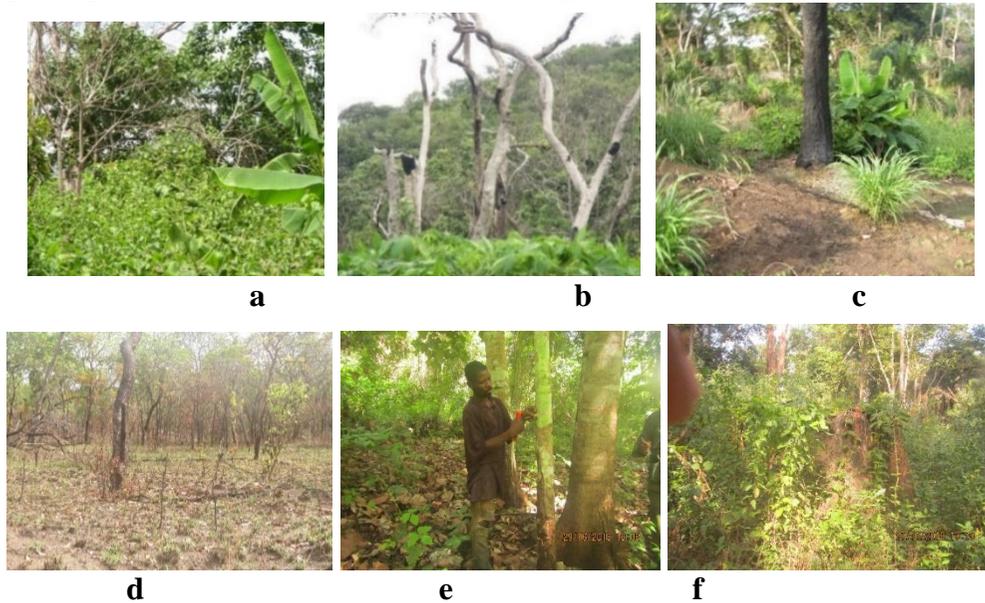
Les différentes investigations ont permis de recenser au total six principales pressions anthropiques à l'origine des dégradations dans le Parc national du Mont Sangbé. Il s'agit des pratiques agricoles, des feux de brousse, des défrichements, des prélèvements des ligneux, de l'exploitation forestière et du le pâturage des boeufs (Figure 5). Les pratiques agricoles étaient basées sur la création des plantations de cacao et de cultures vivrières dans le PNMS durant la crise. Plusieurs sites de jachères comportant d'ancienne pieds de cultures ont été identifiés dans le PNMS (Figures 12 a, b et c). Ces anciens sites d'exploitation agricole constituent environ 44% de la superficie de la zone d'étude (Figure 6). Concernant les feux de brousse, il s'agit des incendies de forêts et de savanes qui sont enregistrés chaque année et de façon récurrentes dans le PNMS. Ils sont provoqués le plus souvent par des chasseurs, des agriculteurs, des éleveurs ou des visiteurs. Ces feux ravagent chaque année le PNMS, détruisant sur son passage la végétation, la faune, la microfaune (Figure 5 d).. Environ 40% de la zone d'étude ont été impacté par ces feux (Figure 6). Au niveau des défrichements il s'agit de la coupe de la végétation en forêt ou en savane pour la création des plateformes en en vu la construction des abris aux abords des champs ou pour le sechages des produits agricoles. Ces sites simplement déblayés et non utilisés pour les pratiques agricoles, occupent environ 29% de la zone d'étude.

Pour ce qui est des prélèvements des ligneux, il s'agit des sites où les populations viennent régulièrement prélever des ligneux pour divers usages (perches, des matériaux de construction, outils, pharmacopée, etc.). Environ 17,5%, de la superficie de la zone d'étude comporte ces sites.

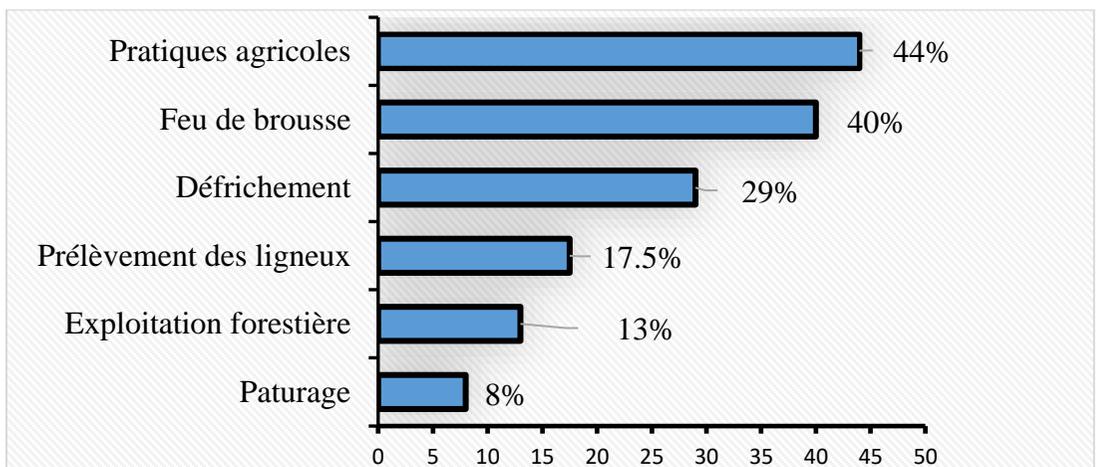
L'exploitation forestière quant à elle, n'a pas été faite à grande échelle et n'a touché que de faible superficie dans les zones limitrophes du parc (ampleur estimée à 13%). Dans le bloc BEF impacté par cette activité dans la zone nord-ouest il a été noté la présence d'anciens parcs à bois, de pistes de débardage et des souches d'arbres coupés (Figure 12 f.). Enfin pour le pâturage, il s'agi d'un ancien site du parc où les bœufs ont été conduits régulièrement par les bergers pour le broutage et le repos.

Concernant l'impact des pressions anthropiques sur les sites exprimé en taux de dégradation, il ressort que les pratiques agricoles enregistrent les taux les plus élevés. Ainsi 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 élevée compris entre 62 et 75%, (Tableau II). 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. Quant à la zone ripicole, le site de jachère BFRA fortement dégradé, enregistre un taux de dégradation estimé à 60,67% et zone de savane arbustive le site de pâturage BP avec un taux de 37% est dit dégradé (Tableaux II)



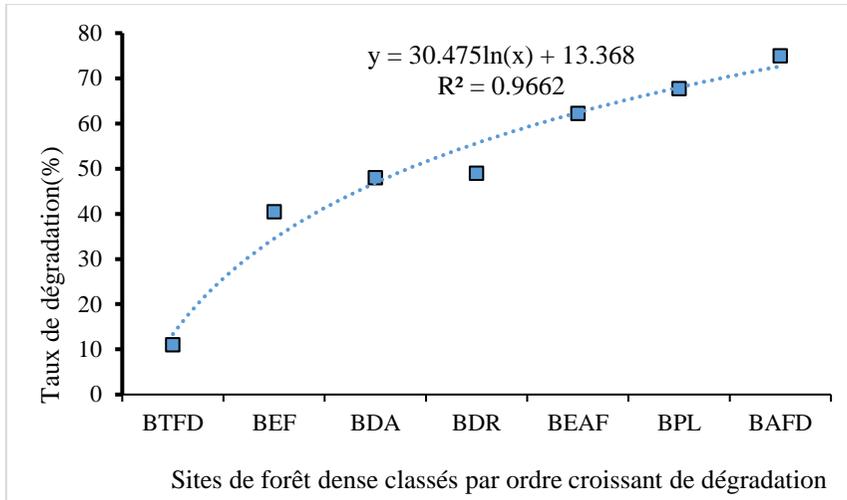
**Figure 5.** Quelques images des pressions anthropiques du PNMS  
a, b et c : Exploitation agricole; d : feux de brousse e : site de défrichage f :  
Exploitation forestière



**Figure 6.** Proportions de superficies affectés par type de pressions

**Tableau II.** Taux de dégradation des sites inventoriés

<b>Biotopes</b>	<b>Type de milieux</b>	<b>Sites</b>	<b>Contribution spécifique des espèces pionnières</b>	<b>% Sol nu</b>	<b>Taux de dégradation des sites (%)</b>	<b>Intensité de dégradation</b>
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 dégradés
		BDA	40	8	48	
		BEF	30,43	10	40,43	
	Forêt dense témoin	BTFD	10	1	11	Sites très peu dégradés
Forêt claire	Jachères	BAS	46,15	30	76	Site très fortement dégradé
	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 pâturage	BP	2,49	30	32,49	Site dégradé
	Bloc témoin	BPT	2,52	5	7,52	Sites très peu dégradés



**Figure 7.** Courbe de l'évolution du taux de dégradation en fonction des sites de forêt dense

## Impact des pressions anthropiques sur la séquestration de carbone dans les sites

### Quantité de carbone séquestrée par les différents sites inventoriés

Les quantités de carbone séquestrées dans le PNMS varient d'un site à un autre dans un milieu donné. Ainsi en zone de forêt dense, les forêts secondaires enregistrent la plus grande valeur moyenne de carbone séquestrée par placette ( $2,84 \pm 12,05$ ), suivi du bloc témoin des forêt dense BTFD avec  $2,80 \pm 7,19$ . Les jachères présentent la plus faible valeur moyenne ( $0,79 \pm 2,98$ ). Selon le test de Kruskal-Wallis, les différences entre les moyennes sont significatives ( $\text{Chi}^2=41,86$  et  $p\text{-value} = 8,14 \cdot 10^{-10} < 0,05$ ).

En zone de forêt claire, c'est le bloc feu BF qui enregistre la plus forte valeur moyenne de quantité de carbone séquestrées par placette ( $0,68 \pm 2,25$ ), suivi du bloc témoin BTFC ( $0,62 \pm 1,15$ ). Le bloc de jachère BAS présente la plus faible valeur moyenne estimée à  $0,23 \pm 0,88$  (Tableau XXII). Les différences entre les moyennes sont significatives ( $\text{Chi}^2 = 50,96$  ;  $p\text{-value} = 2,744 \cdot 10^{-12} < 0,05$ ). Une comparaison post-hoc par paire utilisant le test de Dunn indique des différences très significatives entre le bloc témoin BTFC et le bloc de jachère BAS ( $p\text{-value} = 1,562 \cdot 10^{-12} < 0,05$ ) et entre le bloc de jachère BAS et le bloc BF ( $p\text{-value} = 3,367 \cdot 10^{-7} < 0,05$ ). Par contre la différence entre le bloc témoin BTFC et le bloc feu BF n'est pas très significative ( $p\text{-value} = 0,049$ ).

Pour la zone de forêt ripicole, le bloc de jachère BFRA possède la valeur moyenne de carbone séquestrée la plus élevée estimée à  $1,88 \pm 7,27$ , contre  $1,48 \pm 4,20$  pour le bloc témoin BFRT. La différence entre les moyenne n'est pas significative ( $\text{Chi}^2 = 0,306$  ,  $p\text{-value} = 0,542 > 0,05$ ).

Enfin pour la zone de savane arbustive le bloc témoin BPT, a la valeur moyenne de carbone séquestrée la plus élevée qui est de  $0,716 \pm 1,64$  contre  $0,29 \pm 0,28$  pour le site impacté. La différence entre les moyennes n'est pas significative ( $\text{Chi}^2 = 0,397$ ,  $p\text{-value} = 0,5277 > 0,05$ ). Le tableau III présente les différentes quantités moyennes de carbone séquestrée par placette et par biotopes, ainsi que les résultats des analyses statistiques.

**Tableau III.** Variances de quantités moyennes de carbone séquestrées dans les différents blocs en fonction des biotopes

Biotopes	Sites	Quantité de carbone séquestré (tonne/ha)	Rang moyen	Kruskal-Wallis		
				H(chi <sup>2</sup> )	dl	p-value
Forêt dense	Bloc témoin (BTFD)	213,03	$2,80 \pm 7,19$	41,86	2	$8,14 \cdot 10^{-10}$
	Forêts secondaires	188,96	$2,84 \pm 12,05$			
	Jachères	21,21	$0,79 \pm 2,98$			
Forêt claire	Bloc témoin (BTFC)	86,09	$0,62 \pm 1,15^a$	44,07	2	$1,06 \cdot 10^{-10}$
	Bloc feu (BF)	68,42	$0,68 \pm 2,25^a$			
	Jachère (BAS)	9,56	$0,23 \pm 0,88^b$			
Forêt ripicole	BFRT (Bloc témoin)	150,02	$1,48 \pm 4,20$	0,306	1	$0,542 > 0,05$
	BFRA (jachère)	188,61	$1,88 \pm 7,27$			
Zone savane	Bloc témoin (BPT)	71,65	$0,716 \pm 1,64$	0,397	1	$0,527 > 0,05$
	BP	81,35	$0,29 \pm 0,28$			
PNMS		107,07				

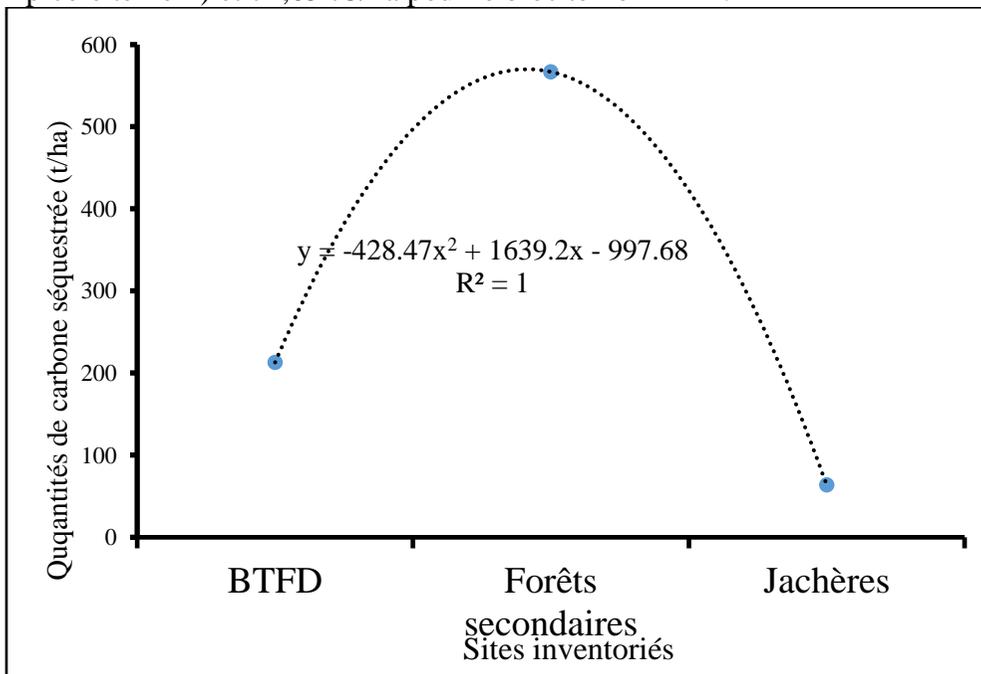
### Impact des dégradations sur la séquestration de carbone dans les sites inventoriés

Dans la zone de forêt dense la mise en corrélation des sites d'inventaire classés par ordre croissant du taux de dégradation et les quantités de carbone séquestrées dans les sites donne une courbe en parabole d'équation :  $y = -428,47x^2 + 1639,2x - 997,68$  avec  $R^2=1$ , indiquant une parfaite corrélation. Selon cette courbe, la quantité de carbone croit du site

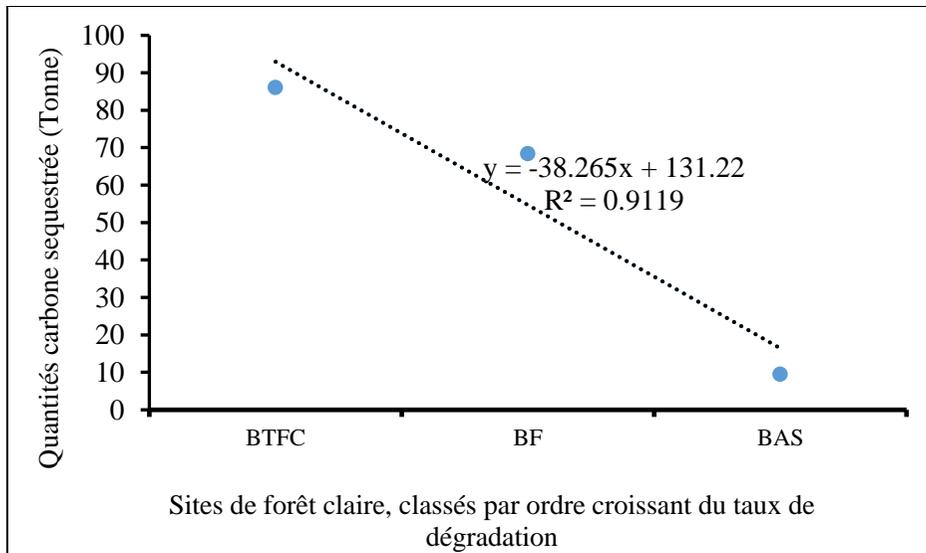
témoin BTFD très peu dégradé vers les forêts secondaires moyennement dégradées où cette diversité floristique atteint son maximum. Elle décroît ensuite des forêts secondaires vers les jachères très fortement dégradées où elle tend à s'annuler. On note donc qu'au fur et à mesure que la dégradation augmente, la quantité de carbone séquestrée s'accroît jusqu'à atteindre un maximum à partir duquel elle décroît jusqu'à s'annuler si la dégradation persiste (Figure 63).

Concernant la zone de forêt claire comprenant le bloc feu BF, le bloc jachère BAS et le site témoin BTFC, classés par ordre croissant de taux de dégradation, la quantité de carbone séquestrée par site évolue suivant une courbe de tendance en régression linéaire d'équation  $y = -38,265x + 131,22$  avec  $R^2 = 0,9119$ . Cela montre que lorsque le taux de dégradation des sites augmente, la quantité de carbone séquestrées par ces sites diminue (Figure 64).

Pour les zones de forêt ripicole et de savane arbustive, les sites dégradés BFRA (Bloc forêt ripicole agricole) avec 188,61 tC/ha et BP (Bloc de pâturage) avec 81,35 tC/ha, ont séquestré plus de carbone que les sites témoin non dégradés avec 150,02 tC/ha pour le bloc BFRT (Bloc forêt ripicole témoin) et 71,65 tC/ha pour le bloc témoin BPT.



**Figure 8.** Evolution de la quantité de carbone séquestrée par les sites en forêt dense en fonction du taux de dégradation



**Figure 9.** Evolution de la quantité de carbone séquestrée par les sites en forêt claire en fonction du taux de dégradation

## Discussion

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. 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 certaines 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 le PNMS, nos résultats ne s'éloignent pas de ceux de ces auteurs. Néanmoins nos chiffres sont inférieurs à ceux obtenus par ces derniers pour l'ensemble des sites inventoriés. Ce qui traduit une plus faible capacité de séquestration de carbone de notre zone d'étude par rapport à ces sites. Cependant, la forte variation du taux de carbones séquestré d'un site à un autre, indique que la capacité de séquestration de carbone n'est pas la même sur l'ensemble du PNMS. 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 le fait que

cette zone forestière humide comporte de nombreux arbres de grandes tailles et à croissance rapide tels que *Ricnodendron heudelotii*, *Distemonanthus benthamianus*, *Bombax buonopozense*, *Ceiba pentandra* et *Piptadeniastrum africanum* qui séquestrent plus de carbone (Laitat *et 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 mégaphanérophyles 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, selon les résultats, en zone de forêt dense, ce sont les forêts secondaires qui détiennent la plus grande quantité moyenne de carbone séquestrée. Elles sont suivies par le bloc témoin de forêt dense. La plus faible quantité a été enregistrée dans les jachères. La plus forte quantité de carbone séquestrée dans les forêts secondaires pourrait s'expliquer d'une part, par la présence sur ces sites de nombreux ligneux arborescents de grands diamètres qui avaient été épargnés lors des défrichements et d'autre part par une forte reprise de la végétation sur ces sites. En effet, ces blocs qui ont subi à un moment donné des défrichements et des coupes de ligneux ont été laissés en friche sur une longue période. Ils ont par la suite, été envahis par une forêt secondaire composée de nombreux ligneux de grands diamètres appartenant aux espèces de lumière à croissance rapide qui séquestrent plus de carbone selon Laitat *et al.*, (2004) et Dubé *et al.*, (2006). Nous avons notamment *Hollarhena floribunda*, *Ceiba pentandra*, *Vitex doniana*, *Milicia excelsa* et certains Bignoniaceae telles que *Spathodea campanulata*, *Markhamia tomentosa*, *Malacantha alnifolia*, *Newbaldia laevis* et *Stereospermum acuminatissimum*. En effet, Laitat *et al.* (2004) cités par Kouamé *et al.* (2013), ont montré que l'augmentation des stocks de carbone dans la biomasse des forêts belges est en partie due, à la dominance dans ces forêts des essences à croissances rapides. Quant à Dubé *et al.*, (2006) cité également par Kouamé *et al.* (2013), il a établi que les espèces à fort potentiel de stockage, sont les espèces à croissance rapide et de grande longévité. Par ailleurs, la très faible quantité de carbone séquestrée par les jachères pourrait se justifier par l'impact des pratiques agricoles qui ont occasionné la destruction massive des ligneux de ces sites lors des opérations de défrichements et de mise en place des plantations de cacao et de cultures vivrières.

Les résultats indiquent aussi qu'en zone de forêt claire, c'est le bloc feu BF qui enregistre la plus forte valeur moyenne de carbone séquestrée, suivi du bloc témoin BTFC. Le bloc de jachère BAS présente la plus faible valeur moyenne. La plus forte quantité de carbone séquestrée par le bloc feu BF pourrait provenir de la nature des espèces floristiques qui le compose. En effet, ce site a subi plusieurs passages de feux de brousse qui ont fini par

modifier sa composition floristique. La plupart des espèces qui le compose sont des pirophytes telles que *Crossopterix fébrifuga*, *Pericopsis laxiflora*, *Pterocarpus erinaceus*, *Danielia olivera*, *Lophira lanceolata*, *Bridelia ferruginea*, *Piliostigma tonningii*, *Terminalia glauscense*, etc, qui ont des densités spécifiques du bois relativement plus élevée (0,7 à 0,9 g.cm<sup>-3</sup>) que dans le site témoin. Par ailleurs, il a été montré que la différence de quantité de carbone séquestrée par le bloc BF et le bloc témoin n'est pas très significative. Cela montre que le feu n'a pas eu une grande influence sur la séquestration de carbone en zone de forêt claire. Par contre entre le bloc de jachère BAS et le bloc témoin, la différence est très significative. Cela indique que les pratiques agricoles ont eu un fort impact sur la capacité de séquestration du bloc de jachère. Cela pourrait se justifier par le fait que le bloc BAS qui est une jachère, a subi une destruction massive des ligneux arborescents qui le composaient lors de la création des plantations de cacao sur ce site très fortement dégradé.

Pour les sites ripicoles, les résultats montrent que le site de jachère BFRA a séquestré la quantité moyenne de carbone la plus élevée. Mais la différence des moyennes n'étant pas significative, on pourra en déduire que les pratiques agricoles n'ont pas modifié de façon significative la capacité de séquestration de carbone du site impacté. Cela pourrait se justifier par le fait que dans ce milieu assez humide la régénération des espèces est accélérée et permet une reconstitution rapide des sites dégradés avec des espèces à croissance rapide.

Il ressort aussi des résultats que ce sont les forêts secondaires qui enregistrent la plus forte quantité de carbone séquestrée, suivi du bloc témoin de forêt dense BTFD. Enfin pour la zone de savane arbustive, le site témoin du pâturage BPT présente la valeur moyenne de carbone séquestrée la plus élevée mais avec une différence entre les moyennes non significative. Cela indique bien que le pâturage des bœufs n'a pas influencé de façon significative la capacité de séquestration de carbone sur le site impacté. En zone de forêt claire, le bloc témoin détient la plus forte quantité de carbone séquestrée suivi du bloc de feu BF. La plus faible quantité a été trouvée sur le site de jachère. Cela montre une fois de plus que les pratiques agricoles ont impacté négativement la capacité de séquestration de carbone des anciens sites de pratiques agricoles.

Concernant l'impact des dégradations sur la séquestration de carbone, les résultats indiquent que cet impact varie en fonction du type de milieu, de site et du taux de dégradation. En zone de forêt dense, il ressort que pour des niveaux de dégradation assez faibles (inférieur à 50%), la quantité de carbone séquestrée augmente avec la croissance de la dégradation jusqu'à atteindre un maximum, pour ensuite décroître lorsque le taux de dégradation persiste. Cela rejoint l'hypothèse des perturbations intermédiaires de Connell

(1978), qui stipule que lors des perturbations, la diversité croit d'abord, atteint un maximum si la pression reste modérée, puis régresse si la pression est maintenue ou accentuée.

## **Conclusion**

Au terme de la présente étude qui avait pour but d'évaluer l'impact des activités anthropiques sur la diversité des espèces ligneuses arborescentes et les capacités de séquestration de carbone du PNMS suite à son envahissement par les populations riveraines, l'on peut retenir que six principales activités anthropiques responsables des dégradations ont été identifiées et caractérisées. Il s'agit des pratiques agricoles, des feux de brousse, de l'exploitation forestière, des défrichements, des prélèvements des ligneux pour divers usages et du pâturage des bœufs. Parmi ces pressions anthropiques les pratiques agricoles ont été les plus incidentes. Accompagnées souvent d'intenses défrichements ces activités anthropiques ont occasionné dans le PNMS la disparition d'un nombre élevé de ligneux arborescents. Cela a engendré à son tour une réduction de la capacité de séquestration de carbone du 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 capacité de séquestration de carbone est très variable en fonction des sites inventoriés. Elle est plus élevée dans les forêts denses non dégradées et les forêts secondaires dominées par des espèces héliophiles et pionnières à croissance rapide avec des valeurs allant de 150 tC/ha à 363 tC/ha. Ce qui indique bien que la capacité de séquestration du PNMS pourra évoluer avec le temps si les sites dégradés sont recolonisés par la végétation.

## **Perspectives**

Vu qu'une prise de décision adéquate et plus efficace relative à la gestion durable d'un écosystème repose sur une meilleure connaissance de tous les entités qui composent le milieu, il convient de compléter la présente étude qui constitue une base, par d'autres études floristiques prenant en compte les lianes et les herbacées. Il faut aussi mettre en place dans les différents biotopes du parc, des placettes permanentes pour l'évolution de la végétation dans le temps. Ce dispositif pourra être visité en permanence par l'équipe de suivi écologique lors de la collecte des données. Cela permettra d'inclure le suivi des données floristiques dans, pour dresser en temps réel, il faut en plus des études ponctuelles, mettre en place dans le parc dans chaque type de biotope des placettes permanentes.

## Recommandations

Les résultats ont montré que les activités anthropiques perpétrées dans le PNMS, ont engendré des impacts négatifs sur l'écosystème du parc en occasionnant la réduction de la capacité de séquestration de carbone. Cette situation qui a inévitablement un impact sur le fonctionnement de l'écosystème du parc doit être corrigée et des mesures doivent être prises pour freiner ces activités anthropiques. C'est pourquoi nous faisons les recommandations suivantes pour sauvegarder la biodiversité et les fonctions écologiques du parc en péril:

- A l'endroit des gestionnaires du PNMS :
  - lutter contre les agressions du parc en intensifiant la surveillance et la sensibilisation des populations riveraines,
  - initier des microprojets pour les riverains en vue d'améliorer leurs conditions de vie.
    - Organiser des conférences publiques sur les conséquences de l'agression des aires protégées pour une prise de conscience collective.
    - Entreprendre une stratégie de lutte contre l'espèce envahissante, *Chromolaena odorata* afin de stopper sa propagation,
    - Inclure le suivi de la flore dans le programme de suivi-écologique du PNMS ;
- Aux chercheurs en botanique :
  - Initier des études sur la phénologie des espèces floristiques du parc en vue de mettre à la disposition des gestionnaires du parc des données permettant le suivi des animaux ;
  - Constituer une base de données des espèces floristiques du PNMS (lianes, arbres et herbacées) en récoltant des échantillons de ces espèces à conserver à la direction du parc pour faciliter leur identification.

## References:

1. 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. Ogawa, H. Puig, B. Riera, T. Yamakura, 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.
2. Chave J., Maxime R-M., Alberto B., Emmanuel C., Matthew S. Colgan. Wellington 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.
3. Brown S., 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. (FAO Forestry Paper - 134).
  4. 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.
  5. FAO, 2001. State of world's forest 2001. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2001, 136 p.
  6. 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.
  7. 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.
  8. 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.
  9. Guillaumet et Adjanohoun (1971) : Avenard et al, 1971.Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. ORSTOM (Mémoires n°50). Paris. 391 p.
  10. 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.
  11. 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.
  12. 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.
  13. Lauginie F., 2007. - Dans Conservation de la nature et aires protégées en Côte d'Ivoire. NEI/ Hachette et Afrique Nature, Abidjan, xx + 668 pp.
  14. 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.

15. 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.
16. Pagès P., 2002.-Analyse Factorielle Multiple appliquée aux variables qualitatives et aux données mixtes. *Revue de statistique appliquée*, 50 (4) : 5-37.
17. Pearce D., Moran D. (1994). *The Economic value of Biodiversité*. UICN 147 p.
18. 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).
19. PNUE, 2015.- Côte d'Ivoire, évaluation environnementale post-conflit, rapport publié en juillet 2015 par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement.
20. Raunkiaer C., 1934. *The life forms of plants and statistical plant geographic*, Oxford University Press, London (England), 632 p.
21. Rollet B., 1974. *L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaines*. C.T.F.T., Paris, France. 298 p.
22. 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.
23. 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.
24. *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.
25. Virginie V., Maho N. R. 2012.-*Evaluation rapide de la diversité faunique terrestre : l'état des lieux de quatre parcs nationaux : Azagny, Marahouet, Mont Péko et Mont Sangbé*.(Afrique Nature International). *Rapport d'étude*. 33p.
26. WWF, 2016. *Living planet report 2016. Risk and resilience in a new era*. 128 p.